

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A7504

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR MOVIMIENTOS EN MASA EN LA COMUNIDAD DE SAN CRISTÓBAL

Departamento: Cusco
Provincia: La Convención
Distrito: Pichari



MAYO
2024

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR MOVIMIENTOS EN MASA EN LA COMUNIDAD DE SAN CRISTÓBAL

(Distrito Pichari, provincia La Convención y departamento Cusco)

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

Equipo de investigación:

David Prudencio Mendoza

Referencia bibliográfica

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2024). Evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa en la comunidad de San Cristóbal. Distrito Pichari, provincia La Convención y departamento Cusco. Lima: INGEMMET, Informe Técnico A7504, 28p.

INDICE

RESUMEN	1
1. INTRODUCCIÓN	2
1.1. Objetivos del estudio	2
1.2. Antecedentes y trabajos anteriores	2
1.3. Aspectos generales	3
1.3.1. Ubicación.....	3
1.3.2. Accesibilidad.....	4
1.3.3. Clima.....	5
2. DEFINICIONES	5
3. ASPECTOS GEOLÓGICOS	7
3.1. Unidades litoestratigráficas	7
3.1.1. Grupo San Jose (Oim-sj).....	7
3.1.2. Formación Sandía (Os-s)	7
3.1.3. Depósitos recientes.....	8
4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS	9
4.1. Pendientes del terreno	9
4.2. Unidades geomorfológicas	9
4.2.1. Unidad de montañas.....	9
4.2.2. Unidad de piedemonte	10
5. PELIGROS GEOLÓGICOS Y/O GEOHIDROLÓGICOS	11
5.1. Movimientos en masa	11
5.2. Factores condicionantes	15
5.3. Factores detonantes o desencadenantes	16
6. CONCLUSIONES	17
7. RECOMENDACIONES	18
8. BIBLIOGRAFÍA	19
ANEXO 1: MAPAS	20
ANEXO 2: DESCRIPCIÓN DE FORMACIONES SUPERFICIALES	25

RESUMEN

El presente informe técnico es el resultado de la evaluación de peligros geológicos por deslizamientos, en la comunidad de San Cristóbal, distrito de Pichari, provincia La Convención y departamento Cusco. Con este trabajo, el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico – Ingemmet, cumple con una de sus funciones que consiste en brindar asistencia técnica en peligros geológicos para los tres niveles de gobierno.

Las unidades litológicas que afloran en el sector, corresponden a una alternancia de pizarras y pelitas color gris oscuro, del Grupo San José. Estas se encuentran muy fracturadas y altamente meteorizadas; cubiertas por depósitos coluvio deluviales poco consolidados, conformados por bloques (15%) sub angulosos y gravas (35 %), en matriz limo arcillosa (50%).

Las unidades geomorfológicas en el sector pertenecen a montañas modeladas en rocas metamórficas y sedimentarias, presentan laderas con pendientes moderadas, fuertes y muy fuertes (5°-45°). Sobre ellas se encuentran las vertientes coluvio deluviales con laderas de pendientes moderadas (5° - 15°).

La comunidad de San Cristóbal está siendo afectado por un deslizamiento activo con escarpa principal de 124 m de longitud y 1.7 m de salto, ocupando un área de 17 ha. En el cuerpo del deslizamiento se aprecia puquiales y agrietamientos del terreno.

Este evento afectó a toda la comunidad de San Cristóbal, se tienen 50 viviendas dañadas, por el constante movimiento del terreno. En las viviendas y cancha de fútbol se observó agrietamientos y hundimientos.

Se concluye, de acuerdo a las condiciones geológicas, geomorfológicas y geodinámicas, que la comunidad de San Cristóbal se considere de **peligro Muy Alto** a la ocurrencia de deslizamientos. Estos eventos nuevamente se podrían desencadenar por lluvias intensas y/o prolongadas; como también por sismos.

Finalmente, se brinda recomendaciones que deben ser tomadas en cuenta por las autoridades competentes. Lo más importante es que se debe reasentar (reubicar) a la comunidad de San Cristóbal, también realizar zanjas de coronación impermeabilizadas y en forma de espina de pescado en el deslizamiento, además de, forestar y realizar mejoramiento de sus canales de drenajes en las vías, con la finalidad que no continúen con su avance y afecte a la carretera que comunica con caseríos del sector, entre otros.

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 (movimientos en masa) en zonas que tengan elementos vulnerables.

Atendiendo la solicitud de la Municipalidad Distrital de Pichari según Oficios N°369-2023-MDP/AL, es en el marco de nuestras competencias que se realiza la evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa en la comunidad de San Cristóbal, por encontrarse en peligro ante “deslizamientos”. Estos eventos, afectaron a toda la comunidad dejando 50 viviendas con grietas y pérdidas de suelo, el salón comunal quedó inhabitable con rajaduras en muros y pisos y se perdió 190 m de la carretera de acceso al centro poblado.

La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del Ingemmet designó al Ing. David Prudencio Mendoza, realizar la evaluación de peligros geológicos. El trabajo de campo se realizó el día 22 de octubre del 2023, se contó con la colaboración del personal de la Oficina de gestión de riesgos de la Municipalidad Distrital de Pichari y dirigentes comunales, quienes comentaron lo ocurrido en el sector.

La evaluación técnica se realizó en 03 etapas: etapa de pre-campo con la recopilación de antecedentes e información geológica y geomorfológica del INGEMMET; etapa de campo a través de la observación, toma de datos (puntos GPS, tomas fotográficas), cartografiado, recopilación de información y testimonios de población local afectada; y para la etapa final de gabinete, se realizó el procesamiento de toda 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 a consideración de la Municipalidad distrital de Pichari 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 los peligros geológicos por movimientos en masa que se presentan en la comunidad de San Cristóbal.
- b) Determinar los factores condicionantes y detonantes que influyen en la ocurrencia de peligros geológicos por movimientos en masa.
- c) Proponer medidas de prevención, reducción y mitigación, a fin de evitar daños que puedan afectar a causa de los peligros geológicos identificados.

1.2. Antecedentes y trabajos anteriores

Entre los principales estudios y publicaciones del Ingemmet realizados a nivel local y regional en el distrito de Pichari, se tienen:

- A) En el boletín N°74, serie C: Peligros geológicos en la región Cusco (Vílchez, et al., 2020) se realizó un análisis de susceptibilidad a movimientos en masa (escala 1:100000), donde la comunidad de San Cristóbal presenta susceptibilidad alta y muy alta a movimientos en masa. Entendiéndose, la susceptibilidad como la propensión que tiene una determinada zona a ser afectada por un determinado proceso geológico y geohidrológicos, expresado en grados cualitativos y relativos.

Cuadro 1. Niveles de susceptibilidad a movimientos en masa de la Región Cusco. Fuente: Vílchez, et al., 2020

CARACTERÍSTICAS DE LOS TERRENO	RECOMENDACIONES
Muy alta susceptibilidad: son sectores donde se hallan las condiciones más favorables del terreno para que se formen movimientos en masa. Suelen reactivarse donde ocurrieron grandes eventos antiguos, como también se crean nuevas ocurrencias.	Restringir el desarrollo de todo tipo de infraestructura o habilitación urbana, de lo contrario se debe realizar estudios previos geológicos - geotécnicos a detalle.
Alta susceptibilidad: son sectores con la mayoría de condiciones favorable a generar movimientos en masa, en zonas con laderas desestabilizadas o por taludes modificados.	Restringir el desarrollo de infraestructura urbana y de otras instalaciones, de lo contrario debe tener una previa planificación, con estudios de zonificación por peligros geológicos a escala local. Donde se debe de realizar estudios geotécnicos de detalle.

- B) En el Boletín N°11, serie L, Actualización Carta Geológica Nacional: “Geología del cuadrángulo de Llochegua” hojas: 25o1, 25o2, 25o3 y 25o4 (Gómez, E., 2021); describe los aportes y cambios estratigráficos de la geología y geología estructural. Además, señala de manera regional las unidades geomorfológicas donde se ubica la comunidad de San Cristóbal.

1.3. Aspectos generales

1.3.1. Ubicación

La comunidad de San Cristóbal se encuentra hacia el sureste del centro poblado de Pichari (capital de distrito del mismo nombre). Se puede acceder por la carretera Pichari-Mantaro desviando en la comunidad de Quisto Central a 23.4 km aproximadamente.

Políticamente se encuentran dentro del distrito de Pichari, provincia La Convención y departamento Cusco. (figura 1), cuyas coordenadas centrales UTM (WGS84 – Zona 18S) son (Tabla 1):

Tabla 1. Coordenadas del área de estudio

N°	UTM - WGS84 - Zona 18S		Geográficas	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
1	621277	8630914	-12.382342°	-73.884394°
2	622558	8630914	-12.382293°	-73.872612°
3	622558	8630367	-12.387239°	-73.872591°
4	621277	8630367	-12.387287°	-73.884373°
COORDENADA CENTRAL				

A	621920	8630631	-12.384876°	-73.878469°
---	--------	---------	-------------	-------------

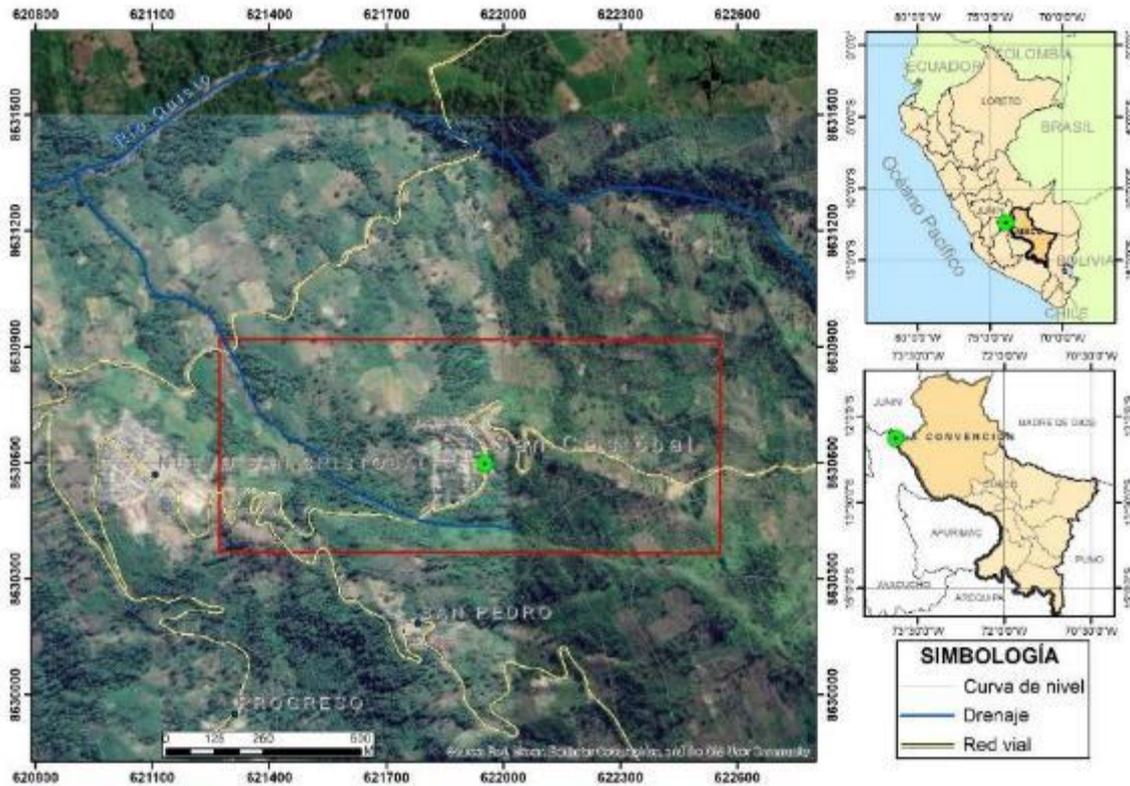


Figura 1. Ubicación de la comunidad San Cristóbal.

Hidrográficamente la comunidad de San Cristóbal se ubica en la margen izquierda del río Quisto y desemboca sus aguas al río Apurímac por la margen derecha; formando parte de la cuenca del río Apurímac.

1.3.2. Accesibilidad

Se accede a la zona de estudio por vía terrestre, desplazándose desde Ingemmet – OD Cusco hasta el sector evaluado, mediante la siguiente ruta (Tabla 2):

Tabla 2. Rutas y accesos a la zona evaluada.

<i>Ruta</i>	<i>Tipo de vía</i>	<i>Distancia (km)</i>	<i>Tiempo estimado</i>
OD Cusco – Quillabamba	Asfaltada	203	4 hora 27 minutos
Quillabamba - Pichari	Carretera bicapa y Afirmado	304	7 horas 44 minutos
Pichari -Quisto Central	Asfaltada	17.4	34 minutos
Quisto central- San Cristóbal	Afirmado	5.9	15 minutos

1.3.3. Clima

De acuerdo al mapa climático del SENAMHI (2020), y detallando la información local, la comunidad de San Cristóbal presenta un clima lluvioso con invierno seco templado.

Presenta una frecuencia de precipitación entre los meses de diciembre a marzo, cuyas lluvias acumuladas anuales son de 1200 mm a 1800 mm, además, en los meses de junio a setiembre presenta temperaturas máximas que oscilan entre 17°C a 23°C y mínimas entre 7°C a 11°C, el invierno, los friajes afectan indirectamente a esta región principalmente con precipitaciones, las cuales pueden llegar a ser intensas.

Esta clasificación climática es sustentada con información meteorológica recolectada de aproximadamente 20 años a partir de la cual se formulan “Índices climáticos” de acuerdo a la clasificación climática por el método de Thornthwaite.

2. DEFINICIONES

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

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

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

Derrumbe Movimiento en masa en el cual uno o varios bloques de suelo o roca se desprenden de una ladera. El material se desplaza por el aire, golpeando, rebotando o rodando. Se le conoce también como desprendimiento de rocas, suelos y/o derrumbes.

Deslizamientos: Movimiento ladera debajo de una masa de suelo o roca cuyo desplazamiento ocurre predominantemente a lo largo de una superficie de falla. 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).

Escarpa: Superficie vertical o semi vertical que se forma en macizos rocosos o de depósitos de suelo debido a procesos denudativos (erosión, movimientos en masa, socavación), o a la actividad tectónica. En el caso de deslizamientos se refiere a un rasgo morfológico de ellos.

Flujos: Es un tipo de 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 deslizamiento o una caída. Los flujos pueden ser canalizados (huaicos) y no canalizados (avalanchas).

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

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

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.

Movimientos en masa: Son procesos que incluyen todos aquellos movimientos ladera abajo, de una masa de rocas o suelos por efectos de la gravedad. En el territorio peruano, los tipos más frecuentes corresponden a caídas, deslizamientos, flujos, reptación de suelos, entre otros.

Peligro o amenaza geológica: Es un 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.

Reptación de suelos: Movimiento lento del terreno en donde no 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: Está definida como la propensión o tendencia de una zona a ser afectada o hallarse bajo la influencia de un proceso de movimientos en masa determinado.

3. ASPECTOS GEOLÓGICOS

El análisis geológico del área de estudio se elaboró teniendo como base Boletín N°11, serie L, Actualización Carta Geológica Nacional: “Geología del cuadrángulo de Llochegua” hojas: 25o1, 25o2, 25o3 y 25o4 (Gómez, E., 2021) a escala 1: 50 000; cuyo entorno geológico se compone de rocas sedimentarias y metamórficas del Paleozoico, cubiertos por depósitos Cuaternarios. La geología se complementó con trabajos de interpretación de imágenes satelitales, fotografías aéreas y observaciones de campo.

3.1. Unidades litoestratigráficas

Las unidades litoestratigráficas que afloran son de origen sedimentario, correspondientes al Grupo San José del Ordovícico medio a inferior y de la Formación Sandía del Ordovícico superior cubiertos por depósitos recientes de tipo coluvio deluvial que fueron acumulados desde el Pleistoceno hasta la actualidad (Anexo 1: Mapa 1).

3.1.1. Grupo San Jose (Oim-sj)

Esta unidad aflora al norte de la comunidad de San Cristobal, y hacia el noreste de la zona de estudio. Litológicamente está compuesta por pizarras y pelitas grises oscuras. Estos afloramientos se aprecian en la cantera principal de la comunidad y se presentan muy fracturadas y altamente meteorizadas (figura 2).



Figura 2. Se aprecian pelitas grises muy fracturadas y altamente meteorizadas ubicadas hacia el noreste de la comunidad.

3.1.2. Formación Sandia (Os-s)

Esta unidad suprayace al Grupo San José y se dispone de forma alargada de dirección andina (Gómez, E., 2021), aflora al sur de la zona de estudio. Litológicamente está Compuesta por areniscas cuarzosa blanca de grano medio. Se puede apreciar en la carreta a la entrada de la comunidad, donde se presentan medianamente fracturado y ligeramente meteorizadas (figura 3).



Figura 3. Se aprecia areniscas cuarzosas blancas, medianamente fracturadas y ligeramente meteorizadas.

3.1.3. Depósitos recientes

Depósitos coluvio deluviales: Son depósitos de bloques heterométricos y naturaleza litológica homogénea, originados por materiales deslizados y trasladados por acción de la gravedad y la escorrentía, por lo cual los bloques más angulosos y gruesos se depositan en la base y los bloques menores se depositan hacia el vértice.

Circundan la comunidad San Cristóbal, conformado por bloques (15%) sub angulosos con diámetro de hasta 30 cm, gravas (35 %) con diámetro promedio de 3 cm, en matriz limo arcillosa (50%). Estos depósitos se presentan poco compactos y son susceptibles a la erosión y nuevos procesos de movimientos en masa (figura 4).



Figura 4. Vista tomada en la parte alta de la comunidad, se aprecia el depósito compuesto de bloques y gravas sub angulosas en matriz limo arcillosa.

4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

4.1. Pendientes del terreno

La pendiente es un parámetro importante en la evaluación de peligros por movimientos en masa, actúa como factor condicionante y dinámico en la generación de movimientos en masa por la diferencia de alturas que presenta la zona de estudio.

Se presenta el mapa de pendientes (Anexo 1 - Mapa 2) y un mapa de elevaciones (Anexo 1 - Mapa 3), el cual se realizó con ayuda de un modelo de elevación digital de 12.5 m de resolución; tomada del satélite Alos Palsar (USGS).

En la zona evaluada, los terrenos presentan pendientes de moderadas (5°- 15°) a muy fuertes (25°- 45°), este parámetro hace al sector susceptible a caídas de rocas, derrumbes y deslizamientos. Además, la comunidad de San Cristóbal esta emplazada sobre pendientes moderadas a fuertes (15°-25°), por ende, esta zona es más susceptible a la ocurrencia de reptaciones y deslizamientos.

4.2. Unidades geomorfológicas

Para la caracterización de las unidades geomorfológicas en el área de estudio, se realizó la complementación y actualización del mapa geomorfológico regional a escala 1:100 000 (Ingemmet, 2020). Además, se consideraron criterios de control como: la homogeneidad litológica y caracterización conceptual, en base a aspectos del relieve en relación a la erosión, denudación y sedimentación, diferenciándose montañas de piedemonte (Anexo 1 - Mapa 4).

4.2.1. Unidad de montañas

Son geoformas de carácter degradacional y erosional. Se consideran dentro de esta unidad a elevaciones del terreno con alturas mayores a 300 m con respecto al nivel de base local, diferenciándose la siguiente subunidad según el tipo de roca que la conforma y los procesos que han originado su forma actual.

Subunidad de montaña en roca metamórfica (RM-rm): Relieve modelado en afloramientos rocosos de la Formación San José, conformados por pizarras y pelitas, estas últimas se aprecian muy fracturadas al norte de la zona de estudio.

Sus laderas normalmente presentan pendientes del terreno moderadas (5°-15°) a fuertes (15° a 25°), por lo que son susceptibles a deslizamientos y reptaciones, generando depósitos poco compactos (figura 5).

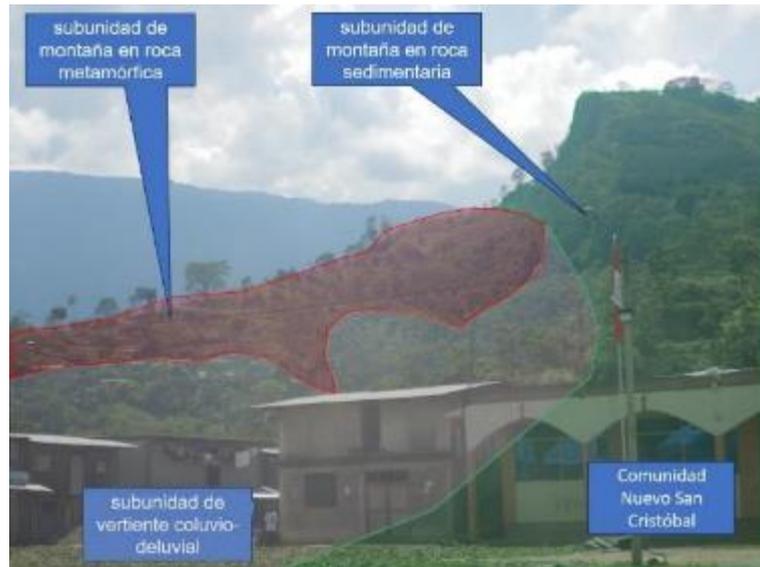


Figura 5. Vista tomada desde el poblado Nuevo San Cristóbal, se aprecia la subunidad de montaña en roca metamórfica.

Subunidad de montaña en roca sedimentaria (RM-rs): Relieve modelado en afloramientos rocosos de la Formación Sandía, conformados por areniscas cuarzosas de grano medio a fino, se aprecia al sur de la zona de estudio.

Sus laderas normalmente presentan pendientes fuertes (15° a 25°) a muy fuertes (25° - 45°), lo que condiciona al material inestable se desplace cuesta abajo, generando depósitos poco compactos (figura 6).



Figura 6. Vista tomada desde la comunidad San Cristóbal, donde se aprecia la subunidad de montaña en roca sedimentaria.

4.2.2. Unidad de piedemonte

Son geoformas de carácter depositacional y agradacional. Se consideran como formas de terrenos que constituyen la transición entre los relieves montañosos accidentados y las zonas planas, predominando los terrenos generados por fuerzas de desplazamiento como depósitos coluviales antiguos y recientes.

Subunidad vertiente coluvio-deluvial (V-cd): Son depósitos poco consolidados, resultado de la acumulación de materiales caídos desde las partes altas, por acción de la gravedad y removidos nuevamente por las aguas de escorrentía superficial. Estos depósitos cubren las laderas y se localiza en la zona de evaluación circundando la comunidad de San Cristóbal, conformados por bloques sub angulosos con diámetro de hasta 30 cm y gravas con diámetro de 3 cm en promedio, presenta matriz limo arcillosa.

Presenta pendientes suaves a moderadas, esto se debe al transporte cuesta abajo de los materiales dispuestos en las partes altas de las laderas, producidos por movimientos en masa (figura 7).



Figura 7. Vista aérea hacia el norte de la comunidad, se aprecia la subunidad de vertiente coluvio deluvial.

5. PELIGROS GEOLÓGICOS Y/O GEOHIDROLÓGICOS

Los peligros geológicos reconocidos en la zona evaluada, corresponden a movimientos en masa tipo deslizamientos. Este proceso es resultado del modelamiento del terreno, así como la incisión sufrida en los cursos de agua en la Cordillera de los Andes, que conllevó a la generación de diversos movimientos en masa, que modificaron la topografía de los terrenos y movilizaron cantidades variables de materiales desde las laderas hacia el curso de los ríos (PMA: GCA, 2007).

Los movimientos en masa, tienen como causas o condicionantes factores intrínsecos, como son geometría del terreno, pendiente del terreno, tipo de roca, tipo de suelos, drenaje superficial-subterráneo y tipo de cobertura vegetal. Como “detonantes” las precipitaciones pluviales intensas y prolongadas, así como sismos que desestabilizan el talud a causa del movimiento.

5.1. Movimientos en masa

En la evaluación de campo, hacia el sureste de la comunidad San Cristóbal, se identificó el arranque de caída de rocas, se observó bloques caídos con diámetro de hasta 1m, provenientes de la Formación Sandia.

Se puede apreciar que el arranque presenta una longitud de 850 m y altura de 30 m aproximadamente, la pared del arranque presenta pendientes muy escarpadas (figura 8).



Figura 8. Vista de la escarpa de derrumbe antigua, presenta pendientes muy escarpadas.

Además, en coordenadas UTM 622430 E; 8630506 N, se identificó un evento de derrumbes, los pobladores mencionan que este punto es cantera de rocas, pero se puede apreciar que estos eventos son constantes y pueden afectar a la carretera que comunica a la comunidad con caseríos del sector.

Este derrumbe presenta un arranque con longitud de 160 m y altura de 22 m aproximadamente; en el depósito se precia bloques de roca con diámetro de hasta 40 cm y gravas compuestas por fragmentos de roca pelíticas del Grupo San José (rocas que se encuentran muy fracturadas y altamente meteorizadas).

El afloramiento presenta fracturas dispuestas con direcciones en contra de la pendiente. En la cabecera se puede apreciar erosión en surco, que generará avance retrogresivo (figura 9)



Figura 9. Vista de la escarpa de derrumbe, presenta pendientes muy escarpadas

El evento más importante es un deslizamiento rotacional ubicado en coordenadas UTM 622098 E; 8630557 N, Según comentan los pobladores de la comunidad, este evento ocurrió el año 2011, generando el movimiento de toda la comunidad (al menos 50

viviendas), desde entonces el cuerpo del deslizamiento sigue presentando movimientos lentos.

En el cuerpo del deslizamiento se identificó escarpas secundarias, grietas y puquiales. Las reactivaciones son en forma de deslizamientos y flujos de detritos en la parte baja de la comunidad.

Se aprecia la escarpa circular principal con longitud de 224 m y salto de hasta 1.7 m, la longitud de la corona al pie del deslizamiento no es apreciable por la cobertura vegetal, presenta un área de 17 ha aproximadamente (figura 10).



Figura 10. Parte de la escarpa de deslizamiento muestra un desplazamiento de 1.7 m.

Por la actividad del deslizamiento, se aprecian agrietamientos en muros de viviendas y losa de fútbol, con aperturas hasta 4 cm. Además, se parecía hundimientos del suelo (fotografías 11 y 12).

Por otro lado, el sector más afectado es el salón comunal, declarándose como no habitable, presenta agrietamientos en los muros de hasta 5 cm, con inclinación de 3°.



Fotografía 11. Se aprecia el salón comunal, las paredes están inclinadas (3°) y presenta agrietamientos con aperturas de hasta 5 cm.



Fotografía 12. Se aprecia la cancha de fútbol inclinada por hundimiento del suelo y con grietas de hasta 4 cm.

5.2. Factores condicionantes

Factor litológico-estructural

- Substrato rocoso conformado por alternancia de pizarras y pelitas gris oscura, las que se presentan muy fracturadas y altamente meteorizadas.

Lo que permite que el agua de escorrentía se infiltre por las fracturas, permitiendo la retención del agua, llegando a saturar al terreno, por lo que se evidencia puquiales.

- Los depósitos coluvio deluviales se presentan porosos y poco consolidados, compuestos bloques (15%) sub angulosos con diámetro de hasta 30 cm y gravas con diámetro promedio de 3 cm (35 %), envueltos en matriz limo arcillosa (50%). Permitiendo la infiltración de agua al subsuelo y haciendo terrenos con mayor susceptibilidad a la erosión y remoción.

- La comunidad se encuentra a casi 1.5 km de la falla neotectónica Santa Rosa - Pichari con dirección N145° (Benavente, C.; 2013).

Factor geomorfológico

- Configuración de subunidad en vertiente coluvo deluvial, cuyas laderas presentan mayormente pendientes moderadas (5° - 15°).

El aumento de peso de la masa inestable, por el exceso de agua y por la pendiente del terreno, ocasiona que el material inestable en la ladera se desplace cuesta abajo.

Factor antrópico

- Los vertimientos de aguas para regadío para la agricultura en la zona, saturando y sobrecargando las laderas del sector.
- El vertimiento de las aguas residuales en la zona de estudio, por falta de la red de desagüe en la comunidad, sobre terrenos inestables generan saturación del suelo con consiguiente erosiones y deslizamientos.

5.3. Factores detonantes o desencadenantes

- El factor desencadenante de los movimientos en masa, son lluvias intensas y prolongadas, que por acción de infiltración sobre suelos poco consolidados y rocas muy fracturadas generan sobrecargas que desestabilizan los taludes en el sector.

6. CONCLUSIONES

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

- a) En la comunidad de San Cristóbal se identificaron diversos procesos de movimientos en masa, tipo caída de rocas, derrumbes y un deslizamiento activo de movimiento lento. Este último afectó severamente las viviendas de la comunidad.

En el cuerpo del deslizamiento se presentan reactivaciones, donde se aprecian deslizamientos y flujos de detritos. Estos eventos movilizan material suelto ladera abajo, principalmente en temporada de lluvias.

- b) Los factores condicionantes de los movimientos en masa son:
- Substrato rocoso del Grupo San José muy fracturado y altamente meteorizado.
 - Presencia de depósitos coluvio deluviales porosos y poco consolidados, compuestos por bloques (15%) sub angulosos y gravas (35 %) en matriz limo arcillosa (50%),
 - Configuración de subunidad en vertiente coluvo deluvial, cuyas laderas presentan mayormente pendientes moderadas (5° - 15°), aumentando el peso de la masa inestable, por el exceso de agua.
 - Los vertimientos de aguas para riego para la agricultura en la zona, saturando y sobrecargando las laderas del sector.
 - El vertimiento de las aguas residuales en la comunidad por falta de una red de desagüe, generan saturación del suelo con consiguientes erosiones y deslizamientos.
- c) El factor desencadenante del deslizamiento son las lluvias intensas y/o prolongadas, que infiltran agua en los depósitos y desestabilizan el terreno.
- d) Debido a las condiciones geológicas, geomorfológicas y geodinámicas, la zona donde se asienta la comunidad de San Cristóbal se considera **de peligro Muy Alto** a la ocurrencia de deslizamientos.

7. RECOMENDACIONES

Las recomendaciones que a continuación se brindan tienen por finalidad mitigar el impacto de peligros asociados a los eventos descritos. Así mismo, la implementación de dichas recomendaciones permitirá dar mayor seguridad a la población e infraestructura expuesta al peligro antes mencionado:

- a) Implementar el proceso de reasentamiento poblacional de la comunidad de San Cristóbal. Adicionalmente con apoyo de instituciones técnico científicas realizar previamente una evaluación de peligros de la zona de acogida.
- b) Realizar zanjas de coronación impermeabilizadas en la escarpa del deslizamiento y del derrumbe. También construir zanjas de tipo espina de pescado impermeabilizado en el deslizamiento, con la finalidad de drenar el agua y mitigar el deslizamiento y afecte a la carretera que comunica con caseríos del sector.
- c) Implementar el drenaje de las aguas de los puquiales hacia la quebrada principal, para disminuir la saturación del terreno y por consiguiente mitigar el impacto de los deslizamientos a la carreta que comunica con caseríos del sector.
- d) Realizar la forestación en los cuerpos y alrededores de los eventos evaluados con especies nativas, con el fin de evitar la erosión del suelo y estabilizar las laderas.
- e) Sensibilizar a la población en temas de Gestión del Riesgo de Desastres.
- f) Tecnificar el sistema de riego para disminuir la infiltración al suelo, puede ser recomendable el sistema de riego por goteo, y evitar los sistemas de riego por inundación y por aspersión.
- g) Implementar el mantenimiento de las zanjas o canales de aguas pluviales de la carretera, para evitar su deterioro y posterior pérdida.
- h) Implementar un Sistema de Alerta Temprana (SAT), con el fin de identificar la aparición de nuevas grietas y el movimiento del terreno, con la finalidad de brindar información en tiempo real ante la ocurrencia de nuevos movimientos, para la evacuación de personas que se encuentren en el área de influencia del deslizamiento.



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

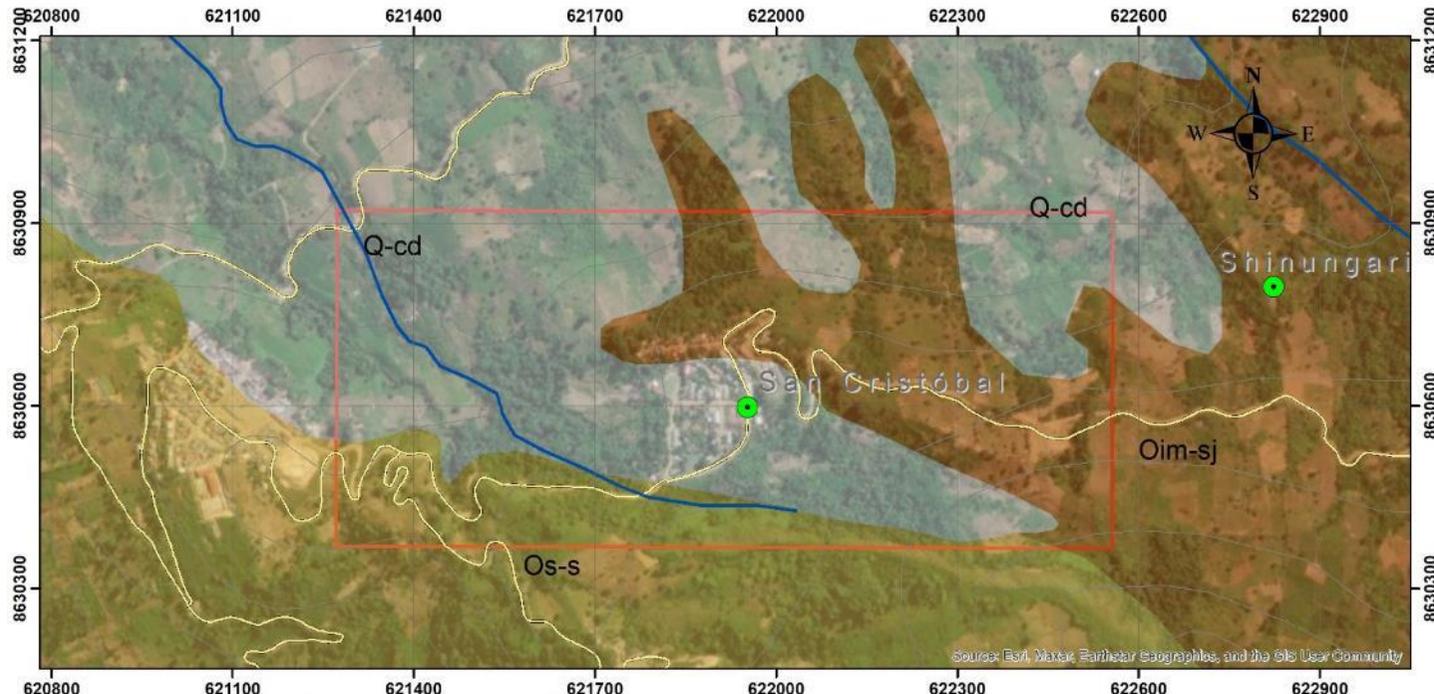


ING. JERSY MARIÑO SALAZAR
Director (e)
Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico
INGEMMET

BIBLIOGRAFÍA

- Benavente, C.; Delgado, F.; Taípe, E.; Audin, L. & Pari, W. (2013) - Neotectónica y peligro sísmico en la región del Cusco, INGEMMET. Boletín, Serie C: Geología Ambiental y Riesgo Geológico, 55, 245 p., 1 mapa.
- Cruden, D.M. & Varnes, D.J. (1996) - Landslides types and processes, en Turner, K., y Schuster, R.L., ed., Landslides investigation and mitigation: Washintong D. C, National Academy Press, Transportation researchs board Special Report 247, p. 36-75.
- Gómez, E.; Lozada, V. & Cahuana, D. (2021) - Geología del cuadrángulo de Llochegua (hojas 25o1, 25o2, 25o3, 25o4), INGEMMET. Boletín, Serie L: Actualización Carta Geológica Nacional (Escala 1: 50 000) , 11, 86 p., 4 mapas.
- Monge, R., Valencia, M. y Sánchez, J. (1998). Geología de los cuadrángulos de Llochegua, Río Picha y San Francisco. Boletín N° 120 Serie A: Carta Geológica Nacional. (Hojas 25o, 25p y 26o). INGEMMET. Lima.
- Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas (2007) - Movimientos en masa en la región andina: una guía para la evaluación de amenazas. Santiago: Servicio Nacional de Geología y Minería, 432 p., Publicación Geológica Multinacional, 4.
- SENAMHI, 2020. Climas del Perú Mapa de Clasificación Climática Nacional. Resumen Ejecutivo. 7 p.
- Vilchez, M.; Sosa, N.; Pari, W. & Peña, F. (2020) - Peligro geológico en la región Cusco. INGEMMET, Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, 74, 202 p, 9 mapas.
- Villota, H. (2005) - Geomorfología aplicada a levantamientos edafológicos y zonificación física de tierras. 2. ed. Bogotá: Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 210 p.

ANEXO 1: MAPAS



ERATEMA	SISTEMA	SERIE	UNIDADES LITOSTRATIGRAFICAS	
CENOZOICA	CUATERNARIO	Q-cd	Dep. Coluvio-deluvial	Bloques y gravas de formas angulosas a sub angulosas, en matriz arenosa arcillosa mal seleccionada e inconsolidadas.
			Formación Sandia	Areniscas gris blanquecinas de grano fino a medio en capas gruesas hacia el tope.
PALEOZOICA	ORDOVICICO	Oim-sj	Grupo San José	Pizarra gris oscura con niveles peliticos color gris beige

SIMBOLOGÍA

- Curva de nivel
- Drenaje
- Red vial

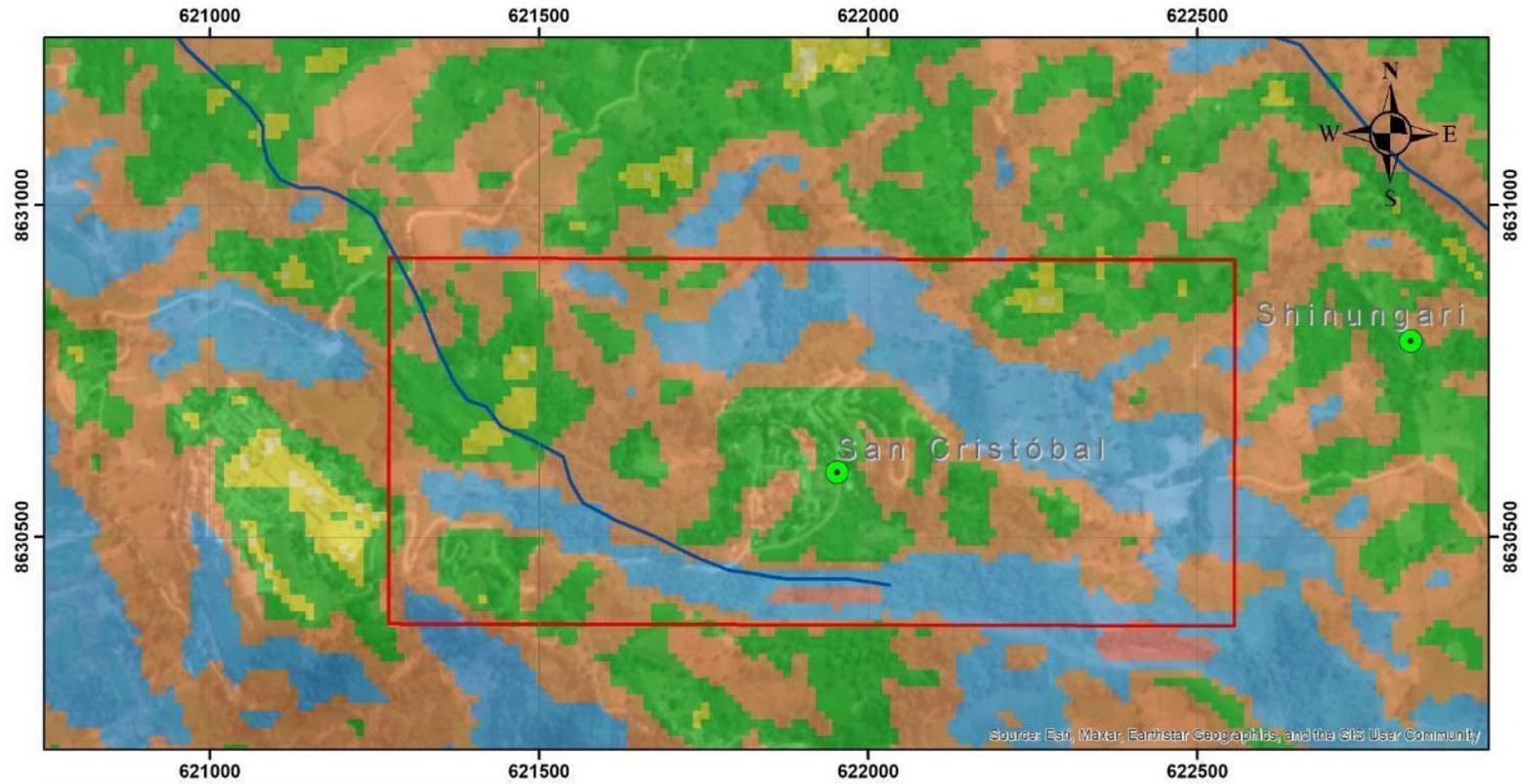
SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
 INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

ACT. 11: EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL

Mapa Geológico

Escala 1:8 000 Datum UTM WGS 84 Zona 18S
 Versión digital: año 2024 Impreso: Febrero 2024

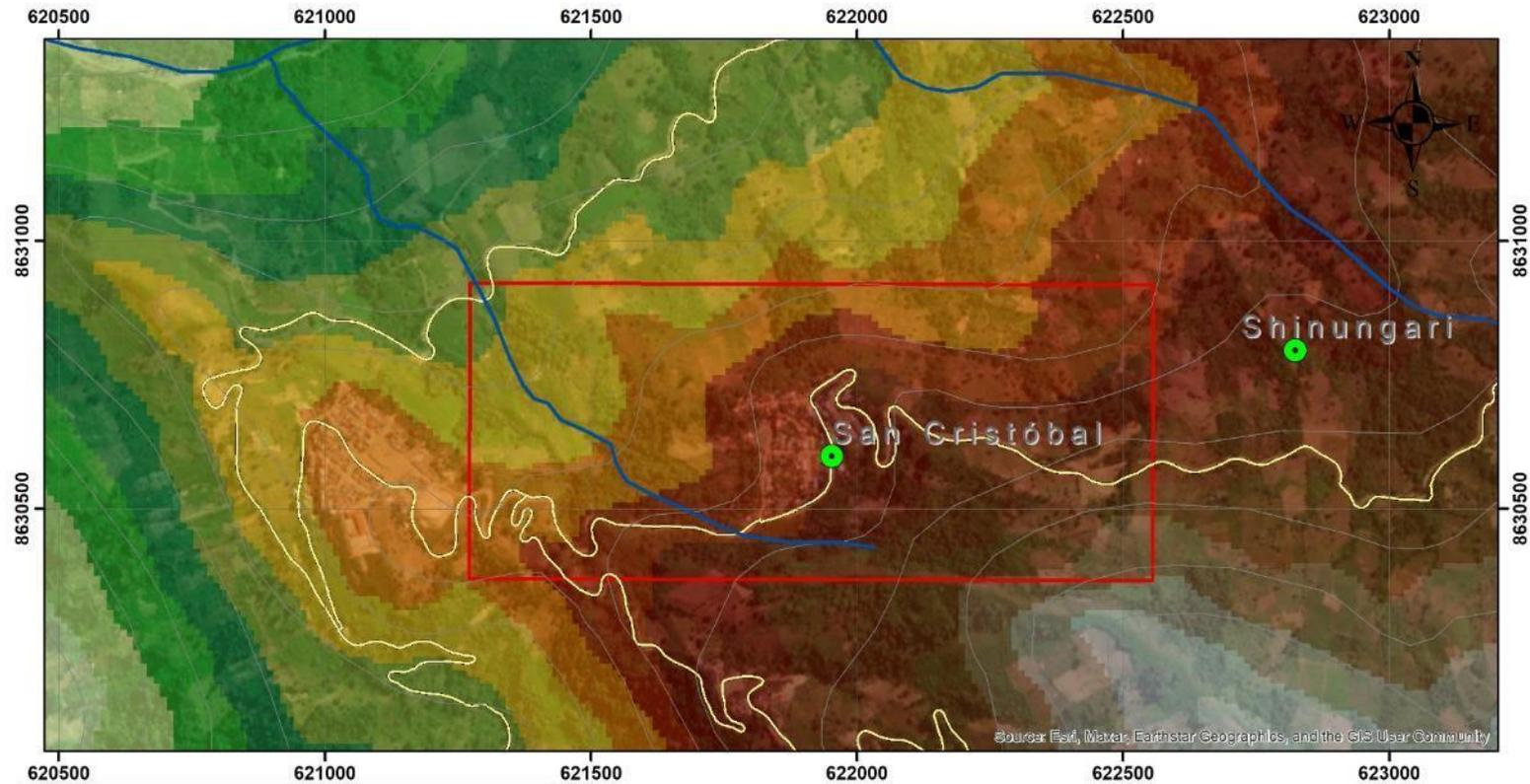
Figura: **1**



LEYENDA	
	(<math>< 1^\circ</math>) Terreno llano
	($1^\circ - 5^\circ$) Terreno inclinado con pendiente suave
	($5^\circ - 15^\circ$) Pendiente moderada
	($15^\circ - 25^\circ$) Pendiente fuerte
	($25^\circ - 45^\circ$) Pendiente muy fuerte o escarpada
	($45^\circ - 90^\circ$) Terreno muy escarpado

SIMBOLOGÍA	
	Drenaje
	Red vial
	Curvas de nivel

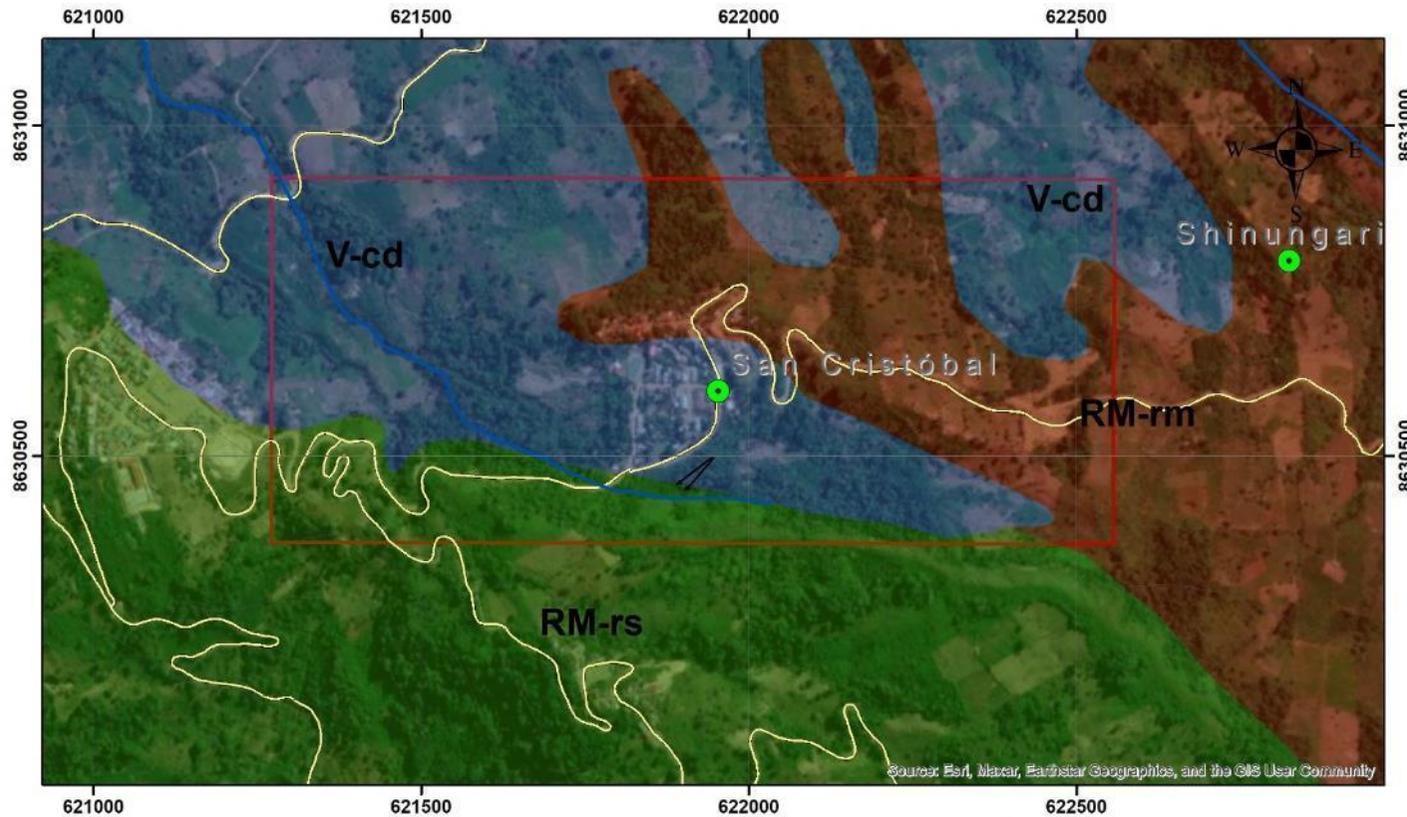
SECTOR ENERGÍA Y MINAS INGEMMET INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO	
ACT. 11: EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL	
Mapa de Pendientes	Figura: 2
Escala 1:8 000 Datum UTM WGS 84 Zona 18S Versión digital: año 2024 Impreso: Febrero 2024	



LEYENDA	
	650.0000001 - 700
	700.0000001 - 750
	750.0000001 - 800
	800.0000001 - 850
	850.0000001 - 900
	900.0000001 - 950
	950.0000001 - 1,000
	1,000.0000001 - 1,050
	1,050.0000001 - 1,100
	1,100.0000001 - 1,150
	1,150.0000001 - 1,200
	1,200.0000001 - 1,250
	1,250.0000001 - 1,300
	1,300.0000001 - 1,350

SIMBOLOGÍA	
	Drenaje
	Red vial
	Curvas de nivel

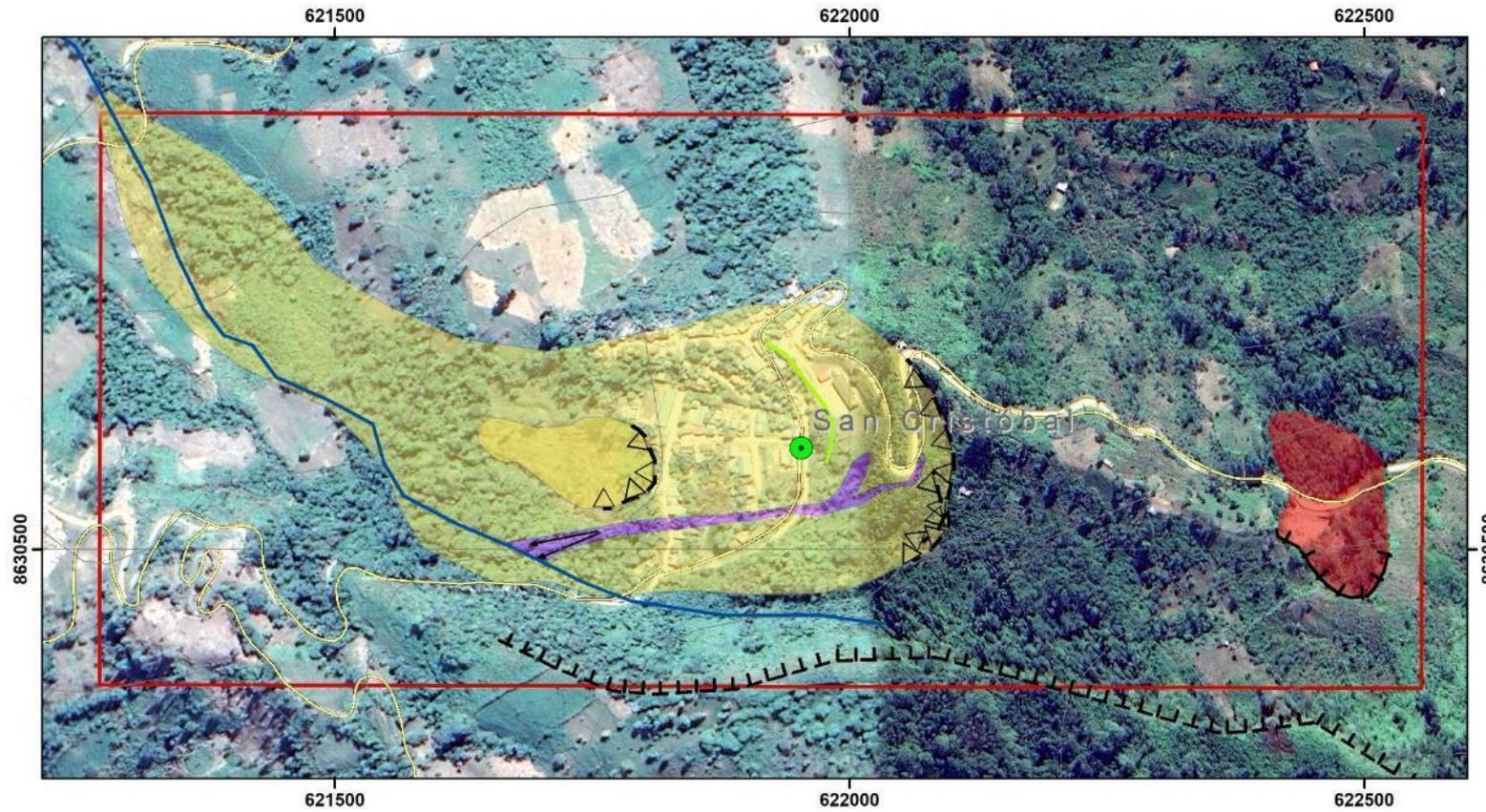
SECTOR ENERGÍA Y MINAS INGEMMET INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO	
ACT. 11: EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL	
Mapa de Elevación del Terreno	Figura: 3
Escala 1:10 000 Datum UTM WGS 84 Zona 18S Versión digital: año 2024 Impreso: Febrero 2024	



LEYENDA	
 RM-rm	Montaña en roca metamórfica
 RM-rs	Montaña en roca sedimentaria
 V-cd	Piedemonte coluvio-deluvial

SIMBOLOGÍA	
	Drenaje
	Red vial
	Curvas de nivel

<p>SECTOR ENERGÍA Y MINAS INGEMMET INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO</p>	
ACT. 11: EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL	
Cartografía de peligros	Figura: 4
Escala 1:8 000 Datum UTM WGS 84 Zona 18S Versión digital: año 2024 Impreso: Febrero 2024	



LEYENDA	
	Derrumbe
	Flujo de detritos
	Deslizamiento
	Escarpa de deslizamiento
	Escarpa Derrumbe
	Escarpa Derrumbe antigua

SIMBOLOGÍA	
	Drenaje
	Red vial
	Curvas de nivel



SECTOR ENERGÍA Y MINAS INGEMMET INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO	
ACT. 11: EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL	
Cartografía de peligros	Figura: 5
Escala 1:5 000 Datum UTM WGS 84 Zona 18S Versión digital. año 2024 Impreso. Febrero 2024	

ANEXO 2: DESCRIPCIÓN DE FORMACIONES SUPERFICIALES

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		FORMA		REDONDES		PLASTICIDAD	
	%						
<input type="checkbox"/>	Bolos	<input type="checkbox"/>	Esférica	<input type="checkbox"/>	Redondeado	<input type="checkbox"/>	Alta plasticidad
<input type="checkbox"/>	15 Cantos	<input type="checkbox"/>	Discoidal	<input type="checkbox"/>	Subredondeado	<input checked="" type="checkbox"/>	Med. Plástico
<input type="checkbox"/>	30 Gravas	<input checked="" type="checkbox"/>	Laminar	<input checked="" type="checkbox"/>	Anguloso	<input type="checkbox"/>	Baja Plasticidad
<input type="checkbox"/>	Gránulos	<input type="checkbox"/>	Cilíndrica	<input checked="" type="checkbox"/>	Subanguloso	<input type="checkbox"/>	No plástico
<input type="checkbox"/>	5 Arenas						
<input type="checkbox"/>	20 Limos						
<input type="checkbox"/>	30 Arcillas						
ESTRUCTURA		TEXTURA		CONTENIDO DE		% LITOLOGÍA	
<input checked="" type="checkbox"/>	Masiva	<input type="checkbox"/>	Harinoso	<input type="checkbox"/>	Materia Orgánica	<input type="checkbox"/>	Intrusivos
<input type="checkbox"/>	Estratificada	<input type="checkbox"/>	Arenoso	<input type="checkbox"/>	Carbonatos	<input type="checkbox"/>	Volcánicos
<input type="checkbox"/>	Lenticular	<input checked="" type="checkbox"/>	Aspero	<input type="checkbox"/>	Sulfatos	<input type="checkbox"/>	20 Matamórficos
						<input type="checkbox"/>	80 Sedimentarios
COMPACIDAD							
SUELOS FINOS				SUELOS GRUESOS			
Limos y Arcillas		Arenas		Gravas			
<input checked="" type="checkbox"/>	Blanda	<input checked="" type="checkbox"/>	Suelta	<input type="checkbox"/>	Suelta		
<input type="checkbox"/>	Compacta	<input type="checkbox"/>	Densa	<input checked="" type="checkbox"/>	Med. Consolidada		
<input type="checkbox"/>	Dura	<input type="checkbox"/>	Muy Densa	<input type="checkbox"/>	Consolidada		
				<input type="checkbox"/>	Muy Consolidada		
CLASIFICACIÓN TENTATIVA S.U.C.S.							
SUELOS GRUESOS				SUELOS FINOS			
<input type="checkbox"/>	GW	<input type="checkbox"/>	GC	<input type="checkbox"/>	ML	<input type="checkbox"/>	CH
<input type="checkbox"/>	GP	<input type="checkbox"/>	SW	<input checked="" type="checkbox"/>	CL	<input type="checkbox"/>	OH
<input type="checkbox"/>	GM	<input type="checkbox"/>	SP	<input type="checkbox"/>	OL	<input type="checkbox"/>	PT
<input type="checkbox"/>	SM	<input type="checkbox"/>	SC	<input type="checkbox"/>	MH		