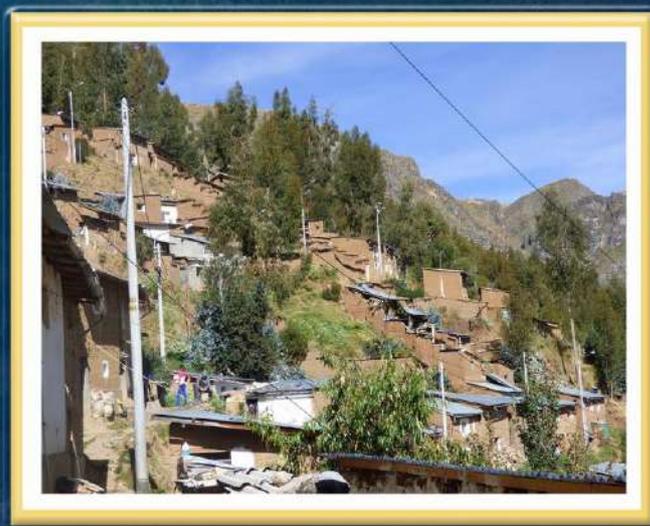
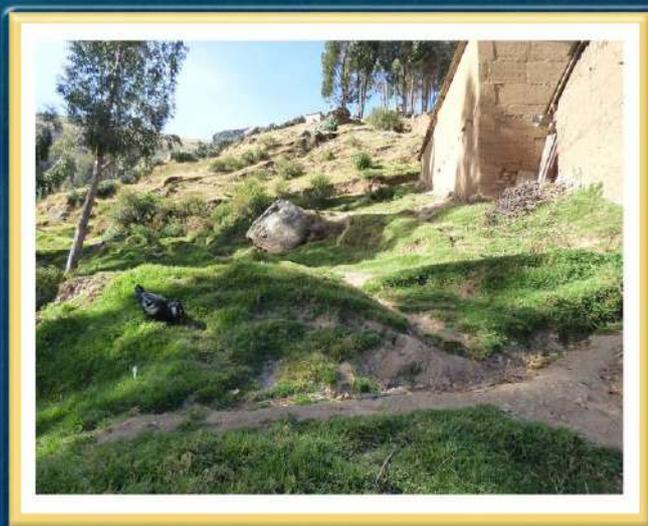


DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

**Informe Técnico N° A7277**

# EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR FLUJO DE DETRITOS EN EL SECTOR DE UCHCURUMI (PARTE URBANA I.E. 1116) DE LA COMUNIDAD CAMPESINA DE SANTA BÁRBARA

Departamento Huancavelica  
Provincia Huancavelica  
Distrito Huancavelica



JULIO  
2022

**EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR FLUJO DE DETRITOS EN EL  
SECTOR DE UCHCURUMI [PARTE URBANA I.E. 1116] DE LA COMUNIDAD  
CAMPESINA DE SANTA BÁRBARA.**

*(Distrito, provincia y departamento Huancavelica)*

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

*Equipo de investigación:*

*Ángel Gonzalo Luna Guillén*

*Guisela Choquenaira Garate*

**Referencia bibliográfica**

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2022). Evaluación de peligros geológicos por flujo de detritos en el sector de Uchcurumi [parte urbana I.E. 1116] de la comunidad campesina de Santa Bárbara. (Distrito, provincia y departamento Huancavelica). Lima: Ingemmet, Informe Técnico A7277, 50 p.

## INDICE

<b>RESUMEN.....</b>	<b>4</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>6</b>
1.1. Objetivos del estudio .....	6
1.2. Antecedentes y trabajos anteriores .....	6
1.3. Aspectos generales .....	8
1.3.1. Ubicación .....	8
1.3.2. Accesibilidad.....	10
1.3.3. Clima .....	10
<b>2. DEFINICIONES .....</b>	<b>11</b>
<b>3. ASPECTOS GEOLÓGICOS.....</b>	<b>14</b>
3.1. Unidades litoestratigráficas.....	14
3.1.1. Formación Farrat (Ki-fa) .....	14
3.1.2. Formación Chunumayo (Js-ch).....	15
3.1.3. Depósito Coluvio-deluvial (Qh-cd).....	16
3.1.4. Depósito Aluvial (Qh-al) .....	16
<b>4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS.....</b>	<b>18</b>
4.1. Pendientes del terreno.....	18
4.2. Unidades geomorfológicas .....	21
4.2.1. Geoformas de carácter tectónico degradacional y erosional .....	21
4.2.2. Geoformas de carácter depositacional y agradacional .....	21
<b>5. PELIGROS GEOLÓGICOS .....</b>	<b>23</b>
5.1. Peligros geológicos por movimientos en masa.....	23
5.1.1. Flujo de detritos .....	23
5.1.2. Simulación numérica de flujo de detritos. ....	24
5.1.3. Reptación de suelos .....	34
5.1.4. Caída de rocas .....	38
5.2. Factores condicionantes.....	41
5.3. Factores desencadenantes .....	41
<b>6. CONCLUSIONES .....</b>	<b>43</b>
<b>7. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>44</b>
<b>8. BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>45</b>
46	
<b>ANEXO 1: MAPAS.....</b>	<b>46</b>

## RESUMEN

El presente informe técnico, es el resultado de la evaluación de peligros geológicos por flujo de detritos, realizado en el sector de Uchcurumi (parte Urbana de la I.E. Inicial N° 1116), de la comunidad campesina de Santa Bárbara, ubicado geográficamente en la margen derecha del río Ichu, ladera norte del cerro Santa Bárbara, en la jurisdicción del distrito, provincia y departamento de Huancavelica. 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 actualizada, confiable, oportuna y accesible en geología, en los tres niveles de gobierno (local, regional y nacional).

En el año 2010, se registró un flujo de detritos, que descendió por la ladera norte del cerro Santa Barbara, y que se canalizó por la quebrada del mismo nombre, ocasionando daños en parte del sector de Uchcurumi (principalmente viviendas y una losa deportiva). Dentro de los objetivos principales del presente informe se tiene la identificación de peligros geológicos por movimientos en masa en el sector de Uchcurumi y la determinación de la probabilidad de afectación e impacto de un flujo de detritos (huaico) en el terreno de la I.E. Inicial. N°1116, situado en la margen derecha de la quebrada Santa Bárbara (parcialmente canalizada y enterrada).

El sector de Uchcurumi se asienta sobre una vertiente coluvio deluvial, de pendiente promedio de 30°, caracterizada como muy fuerte, la cual está conformada por la intercalación de bloques de calizas y areniscas de las formaciones Farrat y Chunumayo, con diámetros promedio de 1 m; así como, gravas y gravillas envueltos en una matriz limo-arcillosa plástica y saturada por la presencia de aguas subterráneas que emergen a través de puquiales, ubicados sobre la zona urbana.

El substrato rocoso está conformado por la alternancia de calizas micríticas y areniscas cuarzosas muy fracturadas y ligeramente meteorizadas que conforman una montaña en roca sedimentaria con laderas de pendiente muy fuerte a escarpada (25° a >45°), estos afloramientos se observan en la parte superior del cerro Santa Bárbara.

Para determinar y modelar escenarios de ocurrencia de flujo de detritos (huaicos), se realizó una simulación numérica para un periodo de retorno (TR:50 años), utilizando datos de la estación meteorológica de Huancavelica.

La simulación muestra que un huaico que descienda de la ladera norte del cerro Santa Barbara puede canalizarse por la quebrada del mismo nombre, con velocidades máximas de 9 m/s y alturas de 2 m en el cauce, rebalsando la bocatoma de su canalización y descendiendo por los escalones de acceso entre la Av. Chancas y Uchcurumi, afectando a su paso, aproximadamente 16 viviendas ubicadas en las márgenes de la quebrada, generando inundaciones en un área de 3172 m<sup>2</sup>, con alturas superiores a los 15 cm. De igual manera, la infraestructura de la I.E.I. N°1116 sería comprometida, por ende, dicho terreno no se considera apto para el funcionamiento de la Institución educativa inicial.

Además del flujo de detritos, se observó que el sector de Uchcurumi puede ser afectado por la ocurrencia de caída de rocas de la ladera norte del cerro Santa Bárbara, condicionadas por el grado de fracturamiento de las rocas y la pendiente de la ladera, estos procesos podrían afectar las viviendas ubicadas en la parte baja de la ladera.

En parte de la vertiente coluvio-deluvial (sobre la zona urbana de Uchcurumi) se evidencian procesos de reptación de suelos en un área de 7800 m<sup>2</sup>, cuya actividad produjo la ruptura de

vegetación y saltos en el terreno de aproximadamente 30 cm; además muestra manifestaciones de inclinación de árboles (los cuales también funcionan como pantallas naturales ante caída de rocas). Los procesos de reptación de suelos, está condicionado por la presencia de aguas subterráneas, tipo puquiales y la pendiente del terreno. Se debe tener en cuenta que la reptación de suelos, son predecesores de movimientos en masa como deslizamientos si no se realizan medidas correctivas inmediatas.

Por lo antes expuesto, el sector de Uchcurumi se considera de **Peligro Alto** a la ocurrencia de caída de rocas, reptación de suelos y flujo de detritos, pudiendo desencadenarse por precipitaciones pluviales intensas y/o prolongadas.

Siendo necesario la búsqueda de nuevas opciones de terrenos para la I.E. Inicial N° 1116, preferentemente fuera del área circundante a la ladera del sector de Uchcurumi; además de prohibir el crecimiento desordenado de la ciudad hacia las laderas de los cerros (cerro Santa Bárbara), mantener como zona verde e intangible el pequeño bosque ubicado entre la zona urbana de Uchcurumi y la parte alta de la ladera norte del cerro Santa Barbara, ya que estos funcionan como barreras naturales ante posibles caídas de rocas, entre otros.

## 1. INTRODUCCIÓN

El Ingemmet, ente técnico-científico desarrolla a través de los proyectos de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (DGAR), la “Evaluación de peligros geológicos a nivel nacional (ACT. 11)”, 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 el Oficio N° 051 – 2022 – SGRD -ALC/MPH de la Municipalidad provincial de Huancavelica, donde solicita la inspección de peligros geológicos en el sector de Uchcurumi, comunidad campesina de Santa Barbara, específicamente ante la probabilidad de afectación del terreno de la I.E. Inicial N° 1116 por flujo de detritos (huaicos). La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del Ingemmet, designa a los Ingenieros. Angel Gonzalo Luna Guillen y Guisela Choquenaira Garate, realizar la evaluación de peligros geológicos, los cuales se llevaron a cabo el 19 de mayo de 2022, en coordinación con la Municipalidad provincial de Huancavelica.

La evaluación técnica, se realizó con 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 con dron, así como la cartografía geológica y geodinámica, con lo que finalmente se realizó la redacción del informe técnico.

Este informe, se pone a consideración de la Municipalidad provincial de Huancavelica, y entidades encargadas de la gestión del riesgo de desastres, donde se proporcionan resultados de la evaluación y recomendaciones para la mitigación y reducción del riesgo, a fin de que sea un instrumento técnico para la toma de decisiones.

### 1.1. Objetivos del estudio

El presente trabajo tiene como objetivos:

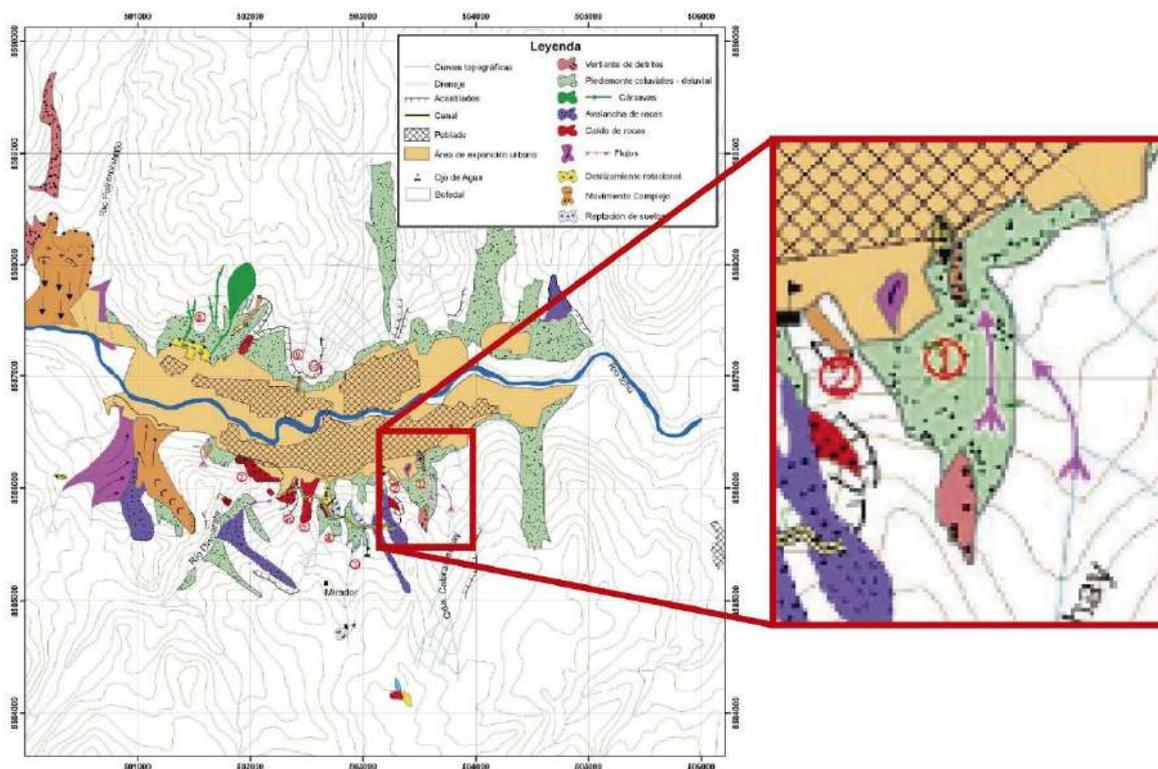
- a) Identificar, tipificar y caracterizar los peligros geológicos que puedan suscitarse en el sector Uchcurumi, comunidad de Santa Bárbara.
- b) Determinar los factores condicionantes y desencadenantes que influyen en la ocurrencia de los peligros geológicos por movimientos en masa.
- c) Determinar si el terreno de la I.E. Inicial N° 1116, ubicada en las coordenadas X:503372 m, Y: 8586209 m, puede ser afectada por flujos de detritos, como el acontecido en el año 2010
- d) Proponer medidas de prevención, reducción y mitigación ante peligros geológicos por movimientos en masa identificados en la etapa de campo.

### 1.2. Antecedentes y trabajos anteriores

Entre los principales estudios realizados a nivel local y regional en los sectores de evaluación se tienen:

- A) Informe técnico A6536 – Ingemmet - Inspección de Peligros Geológicos en los sectores de Santa Bárbara y Potocchi, Distrito, provincia y región de Huancavelica (Vílchez, 2010), Este informe técnico, en su mapa de cartografía geodinámica (figura 1), identifica y caracteriza diferentes peligros geológicos en el sector de Uchcurumi;

resaltando en el detalle la ocurrencia de un flujo de detritos (huaico), conformado por suelos arcillo gravosos, saturados por precipitaciones pluviales excepcionales y la presencia de aguas subterráneas que descendieron por una quebrada, depositando material detrítico en una losa deportiva.



**Figura 1.** Mapa de peligros geológicos presentado en el informe técnico “Inspección de Peligros Geológicos en los sectores de Santa Bárbara y Potocchi, Distrito, provincia y región de Huancavelica”, se ha resaltado el sector de Uchcurumi donde se cartografió, la ocurrencia de caída de rocas (polígono rojo), sobre una vertiente coluvio-deluvial (color verde) y la ocurrencia de flujo de detritos (color morado), que afectaron al sector de Uchcurumi en el 2010.

B) En el Boletín de revisión y actualización del cuadrángulo de Huancavelica, hoja 26 n3 (Fernández et al 2003), menciona que en la zona se encuentran afloramientos del Grupo Goyllarisquizga, especialmente areniscas cuarzosas blancas de la Formación Farrat, además de calizas gris claras y oscuras de la Formación Chunumayo.

C) El Estudio de Riesgos Geológicos del Perú - Franja N° 3, Boletín N°28 Serie Geodinámica e Ingeniería Geológica (Ingemmet, 2003), indica que:

- El sector Uchcurumi de la Comunidad Campesina Santa Bárbara se ubica en zonas con peligro alto a la ocurrencia de flujos de detritos (huaicos) y lodo.
- El sector en mención se ubica en zonas con peligro muy alto a la ocurrencia de deslizamientos y movimientos complejos.
- La localidad de Uchcurumi se ubica en zonas con peligro muy alto a la ocurrencia de caídas de rocas y derrumbes.

D) En el Boletín N°69, Serie C, Geodinámica e Ingeniería Geológica: “Peligro Geológico en la Región Huancavelica” (Vílchez et al 2019), en el mapa de susceptibilidad a movimientos en masa (1: 250 000), muestra una zona de susceptibilidad muy Alta, media y baja en el sector de Uchcurumi. De igual manera registra la ocurrencia

movimientos en masa como caída de rocas, Flujo de detritos y deslizamientos en el área de la comunidad de Santa Barbara.

- E) En la Opinión técnica N°04-2022- Peligros geológicos en el sector de Uchcurumi (Ingemmet 2022), se recalca que la Institución educativa inicial N°1116 ubicada en el sector de Uchcurumi de la comunidad campesina de Santa Bárbara, se encuentra sobre depósitos inconsolidados de tipo arcillo-gravoso, arenoso y limo gravoso susceptible a procesos de erosión, además este sector es susceptible a flujo de detritos descendientes de la ladera norte del cerro Santa Bárbara.

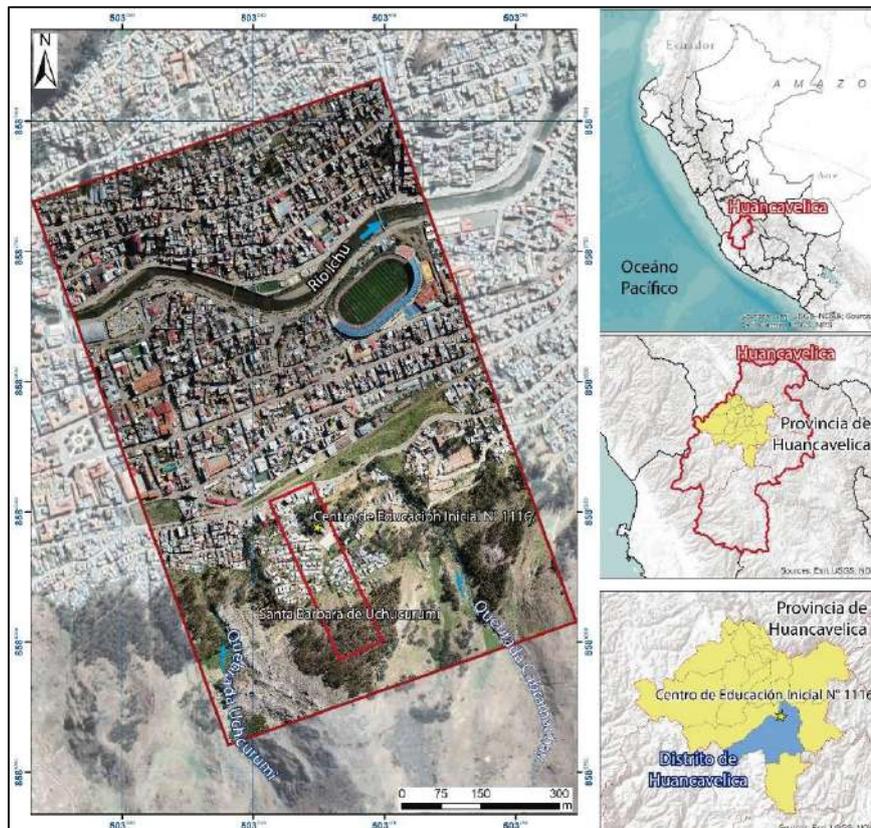
### 1.3.Aspectos generales

#### 1.3.1.Ubicación

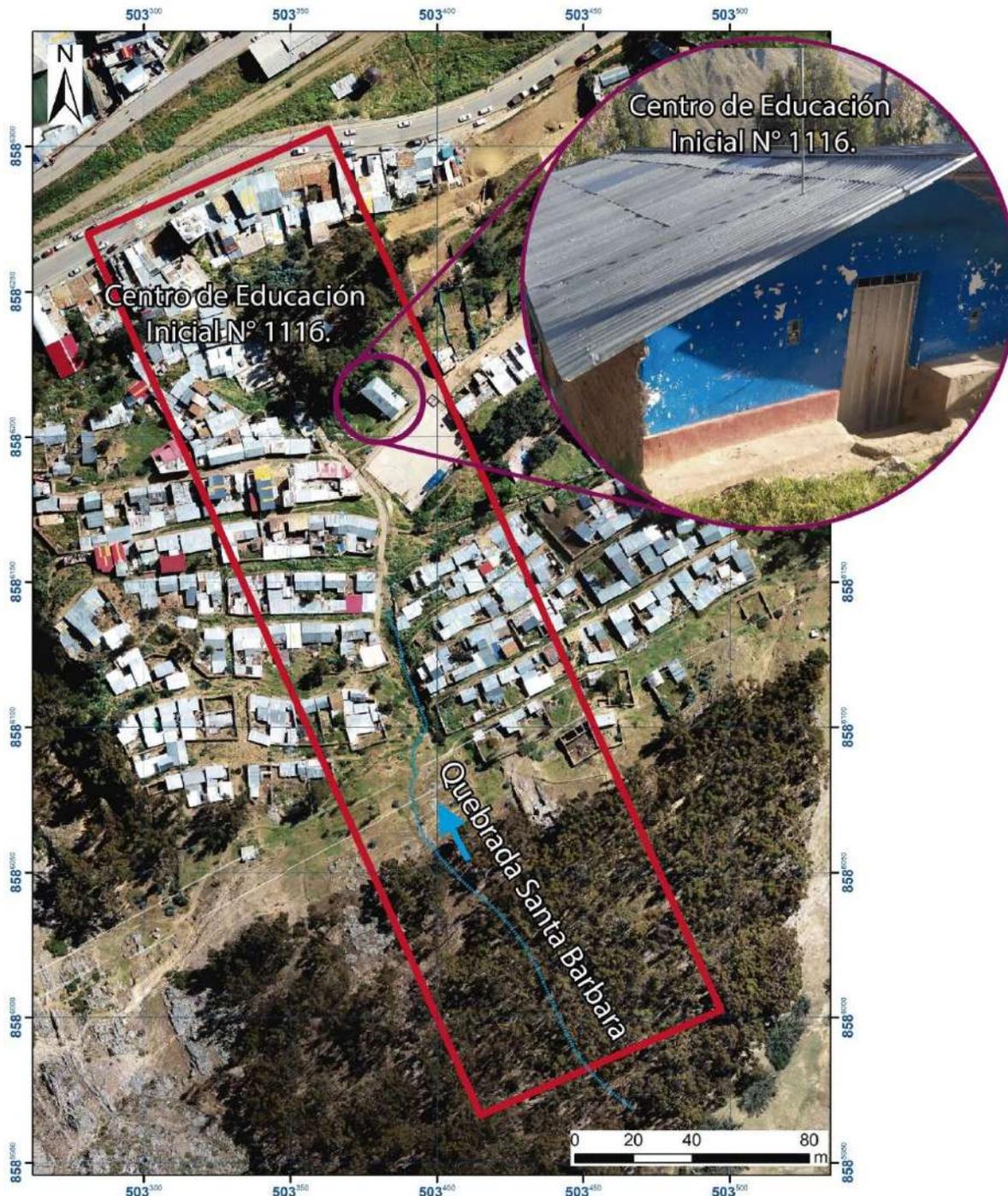
El sector de Uchcurumi se ubica en el extremo este de la comunidad de Santa Bárbara, margen derecha del río Ichu, al pie de las laderas de montaña del cerro Santa Bárbara, al sur de Huancavelica, en las coordenadas UTM-WGS84, 8586266 N y 503567 E.

Políticamente pertenece al distrito, provincia y departamento de Huancavelica.

La I.E. Inicial.N° 1116, lugar específico de estudio, se ubica en las coordenadas UTM-WGS84, 8586209 N y 503372 E. dentro del sector de Uchcurumi, margen derecha de la quebrada Santa Bárbara (figura 3), según versión de los pobladores, esta construcción correspondía a un local comunal, acondicionado para ser usado como institución educativa inicial; sin embargo, actualmente no se encuentra en funcionamiento y se busca usar el terreno para la construcción de una nueva I.E.Inicial.



**Figura 2.** Mapa de ubicación política del sector del sector de Uchcurumi, en la comunidad de Santa Barbara.



**Figura 3.** Mapa de ubicación geográfica del sector de Uchcurumi, en la comunidad de Santa Barbara, muestra la ubicación de la Institución Educativa Inicial 1116 y el área de inspección.

Las coordenadas del área de estudio se detallan en el cuadro siguiente:

**Cuadro 1.** Coordenadas del área de estudio sector Uchcurumi.

N°	UTM - WGS84 - Zona 18S		Geográficas	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
1	502815.00 m E	8586847.00 m S	12°46'59.26"S	74°58'26.63"O
2	503204.00 m E	8585804.00 m S	12°47'33.21"S	74°58'13.72"O
3	503874.00 m E	8586028.00 m S	12°47'25.92"S	74°57'51.50"O
4	503494.00 m E	8587080.00 m S	12°46'51.67"S	74°58'4.11"O
<b>COORDENADA CENTRAL</b>				
cc	503372.00 m E	8586209.00 m S	12°47'20.03"S	74°58'8.15"O

### 1.3.2. Accesibilidad

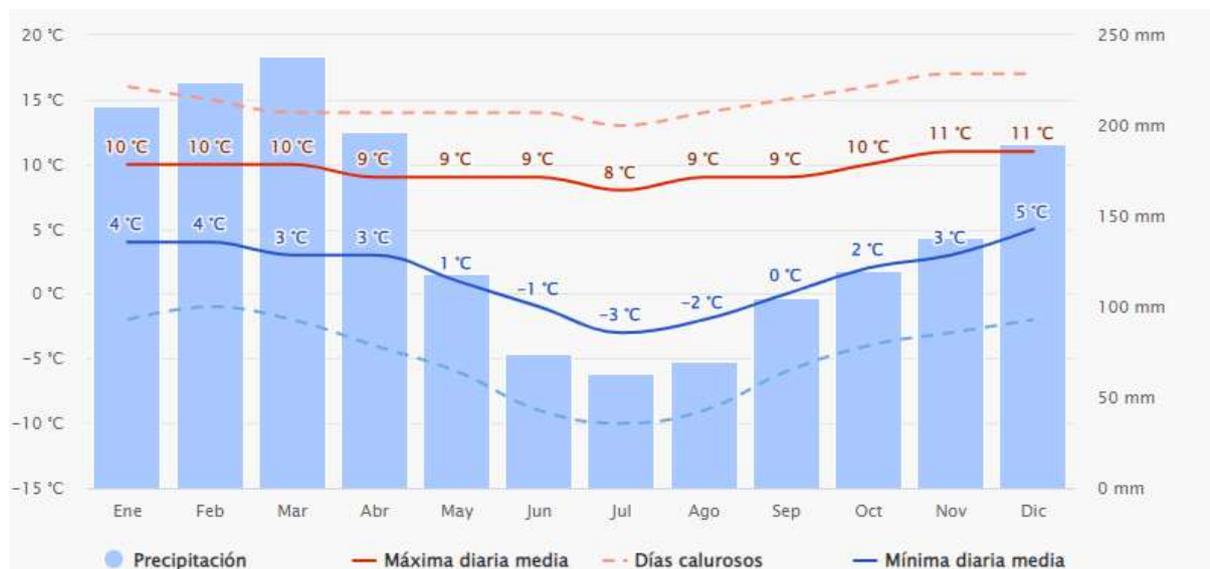
El acceso se realiza por vía terrestre desde la ciudad de Lima, a través de vías asfaltadas, trochas carrozables y caminos vecinales, siguiendo la ruta y accesos del cuadro 2.

**Cuadro 2.** Rutas y accesos a la zona de evaluación

Ruta	Tipo de vía	Distancia (km)	Tiempo estimado
Lima – Chincha Alta	Vía asfaltada	205	3 h
Chincha Alta - Huancavelica	Vía asfaltada	224	5 h
Huancavelica – Comunidad Campesina de Santa Barbara (sector de Uchcurumi)	Vía asfaltada	3 km	15 min

### 1.3.3. Clima

La región Huancavelica presenta climas variados a consecuencia de su heterogeneidad fisiográfica. Las precipitaciones también muestran una marcada diferencia en función de la vertiente en la que se registran las mediciones; el promedio general de precipitaciones en la zona suroeste de la región, en la vertiente occidental se encuentra por debajo de los 300 mm al año; mientras que, en la vertiente oriental andina, en la zona noreste, el promedio de precipitación es de 600 mm al año (Vílchez et al., 2019).



**Figura 4.** Precipitaciones según registros satelitales awhere, en el sector Huancavelica, Uchcurumi.

**Fuente:** <https://crop-monitoring.eos.com/weather-history/field/7407143>

En cuanto a la cantidad de lluvia y temperatura local, según fuente de datos meteorológicos y pronóstico del tiempo del servicio de aWhere (que analiza los datos de 2 millones de estaciones meteorológicas virtuales en todo el mundo, combinándolos con datos rasters y de satélite), la precipitación acumulada registrada en el último periodo 2021-2022 (figura 4), fue de 245 mm en el mes de marzo. Mientras que las temperaturas oscilaron en rangos de 5° y 10°C.

Este tipo de precipitaciones puede conllevar a la saturación de suelos, y posteriores movimientos en masa.

## 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 del Ingemmet. Los términos y definiciones se detallan a continuación:

<b>Activo:</b>	Movimiento en masa que actualmente se está moviendo, bien sea de manera continua o intermitente.
<b>Aluvial:</b>	Génesis de la forma de un terreno o depósito de material debida a la acción de las corrientes naturales de agua.
<b>Arcilla:</b>	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.
<b>Buzamiento:</b>	Ángulo que forma la recta de máxima pendiente de un plano con respecto a la horizontal y puede variar entre 0° y 90°.
<b>Caída:</b>	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 (Varnes, 1978). Se clasifican en caídas de rocas, suelos y derrumbes.
<b>Caída de rocas:</b>	Tipo de caída producido cuando se separa una masa o fragmento de roca y el desplazamiento es a través del aire o caída libre, a saltos o rodando.
<b>Coluvio-deluvial:</b>	Forma de terreno o depósito formado por la acumulación intercalada de materiales de origen coluvial y deluvial (material con poco transporte), los cuales se encuentran interestratificados y por lo general no es posible diferenciarlos.
<b>Deslizamiento:</b>	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).
<b>Deluvial:</b>	Terreno constituido por enormes depósitos de materiales que fueron transportados por grandes corrientes de agua.

- 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.
- Flujo de lodo:** Tipo de flujo con predominancia de materiales de fracción fina (limos, arcillas y arena fina), con al menos un 50%, y el cual se presenta muy saturado.
- 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. Los rangos de fracturamiento rocoso, dependiendo del espaciamiento entre las fracturas, pueden ser: maciza, poco fracturada, medianamente fracturada, muy fracturada y fragmentada.
- 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. Los rangos de meteorización se clasifican en: roca fresca, ligeramente meteorizada, moderadamente meteorizada, altamente meteorizada, completamente meteorizada y suelo residual.
- 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.
- 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.
- 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.
- Zona crítica:** Zona o área con peligros potenciales de acuerdo a la vulnerabilidad asociada (infraestructura y centros poblados), que muestran una recurrencia, en algunos casos, entre periódica y excepcional. Pueden presentarse durante la ocurrencia de lluvias excepcionales y puede ser necesario considerarlas dentro de los planes o políticas nacionales, regionales y/o locales sobre prevención y atención de desastres.

### 3. ASPECTOS GEOLÓGICOS

El análisis geológico, se desarrolló en base al boletín de revisión y actualización del cuadrángulo de Huancavelica hoja 26 n3, de la serie A: "Carta Geológica Nacional", elaborado a escala 1:50 000 (Fernandez et al.,2003), complementándose con observaciones de campo.

#### 3.1. Unidades litoestratigráficas

De manera general el área de estudio se encuentra sobre rocas de origen sedimentario de las Formaciones Farrat y Chunumayo, las cuales a su vez se encuentran cubiertos por depósitos cuaternarios semi-consolidados a sueltos.

A continuación, se describe brevemente la composición y características litológicas de los depósitos y Formaciones identificadas en los trabajos de campo:

##### 3.1.1. Formación Farrat (Ki-fa)

Esta Formación presenta hasta 110 m de grosor, se halla compuesta principalmente por areniscas cuarzosas blancas, rosadas y amarillentas de grano fino a grueso. Hacia la parte superior presenta areniscas de grano grueso, con canales de microconglomerados, los clastos son subredondeados a redondeados de cuarzo, cuarcita y volcánico. Sobreyace en discordancia a la Formación Chunumayo (Fernández et al.,2003).

Localmente se han observado areniscas cuarzosas y niveles de chert (roca sedimentaria compuesta por cuarzo microcristalino), en la parte alta del cerro Santa Bárbara, estos se encuentran muy fracturados (separamientos de 30 cm entre fracturas), con un grado ligero de meteorización. Por el estado de fracturamiento que presenta esta Formación se le considera susceptible a generar caída de rocas. (cuadros 3 y 4, fotografía 1).

**Cuadro 3.** Intensidad de fracturamiento de las rocas de la Formación Farrat en el sector de Uchcurumi (Grado de fracturamiento de rocas ISRM,1981).

Intensidad de fracturamiento			
NOMBRE	Distancia entre fracturas	Estado	Descripcion
F1	> 3 m.	Maciza	Fracturas espaciadas entre si (mas de 3)
F2	3 - 1 m.	Poco Fracturada	Fracturadas espaciadas a veces no distinguibles
F3	1.0 - 0.3 m.	Medianamente Fracturada	Espaciamiento regular entre fracturas
F4	0.30 - 0.05 m.	Muy Fracturada	Fracturas muy proximas entre si. Se separan en bloques tabulares
F5	< 0.05 m.	Fragmentada	La roca se muestra astillosa y se separan lajas con facilidad

**Cuadro 4.** Grado de meteorización de las rocas de la Formación Farrat en el sector de Uchcurumi. (Grado de meteorización de rocas ISRM,1981).

Grado de Meteorización			Grado
NOMBRE			
A1	Roca fresca	No hay signos visibles de meteorización , ligera decoración	-
A2	Ligeramente meteorizada	Decoloración en la roca y en superficie de discontinuidades (fracturas)	< 10%
A3	Moderadamente meteorizada	Menos de la mitad del material rocoso esta descompuesto o desintegrado a suelo	10-50 %
A4	Altamente meteorizada	Mas del 50% esta descompuesta y/o desintegrada a suelo, roca fresca o descolorida esta presente como testigos discontinuos.	50-90 %
A5	Completamente meteorizada	Todo el material rocoso esta descompuesto y/o meteorizado. La estructura original del macizo rocoso esta aun en parte intacta.	> 90 %
A6	Suelo residual	Todo el material rocoso esta convertido en suelo. La estructura y textura están destruidos.	100 %



**Fotografía 1.** Areniscas cuarzosas de la Formación Farrat, se observan muy fracturadas, y con niveles ligeros de meteorización.

### 3.1.2. Formación Chunumayo (Js-ch)

Litológicamente está compuesta por una intercalación de calizas con limo-arcillitas y limos areniscosos. Las calizas son gris claros, algunas micríticas, se presentan en estratos delgados. Las limoarcillitas y limos areniscosos son grises y amarillentos (Fernández et al.,2003).

Localmente se han observado bancos de calizas intercalados con cherts y areniscas cuarzosas, estas conforman la parte alta del cerro Santa Bárbara presenta un rumbo con dirección N110° y Buzamiento en contra de la pendiente de 30°.

Estos afloramientos rocosos se presentan muy fracturados (igual que las rocas de la Fm. Farrat) y moderadamente meteorizadas (Grado de fracturamiento de rocas ISRM,1981).ver cuadro 5 y figura 5.

**Cuadro 5.** Grado de meteorización de las rocas de la Formación Chunumayo en el sector de Uchcurumi

Grado de Meteorización			Grado
NOMBRE			
A1	Roca fresca	No hay signos visibles de meteorización , ligera decoración	-
A2	Ligeramente meteorizada	Decoloración en la roca y en superficie de discontinuidades (fracturas)	< 10%
A3	Moderadamente meteorizada	Menos de la mitad del material rocoso esta descompuesto o desintegrado a suelo	10-50 %
A4	Altamente meteorizada	Mas del 50% esta descompuesta y/o desintegrada a suelo, roca fresca o descolorida esta presente como testigos discontinuos.	50-90 %
A5	Completamente meteorizada	Todo el material rocoso esta descompuesto y/o meteorizado. La estructura original del macizo rocoso esta aun en parte intacta.	> 90 %
A6	Suelo residual	Todo el material rocoso esta convertido en suelo. La estructura y textura están destruidos.	100 %

Las condiciones de fracturamiento de estas rocas, las hacen susceptibles a generar caída de rocas.



**Figura 5.** Calizas intercaladas con areniscas cuarzosas de la Formación Chunumayo, en la parte alta del cerro Santa Barbara.

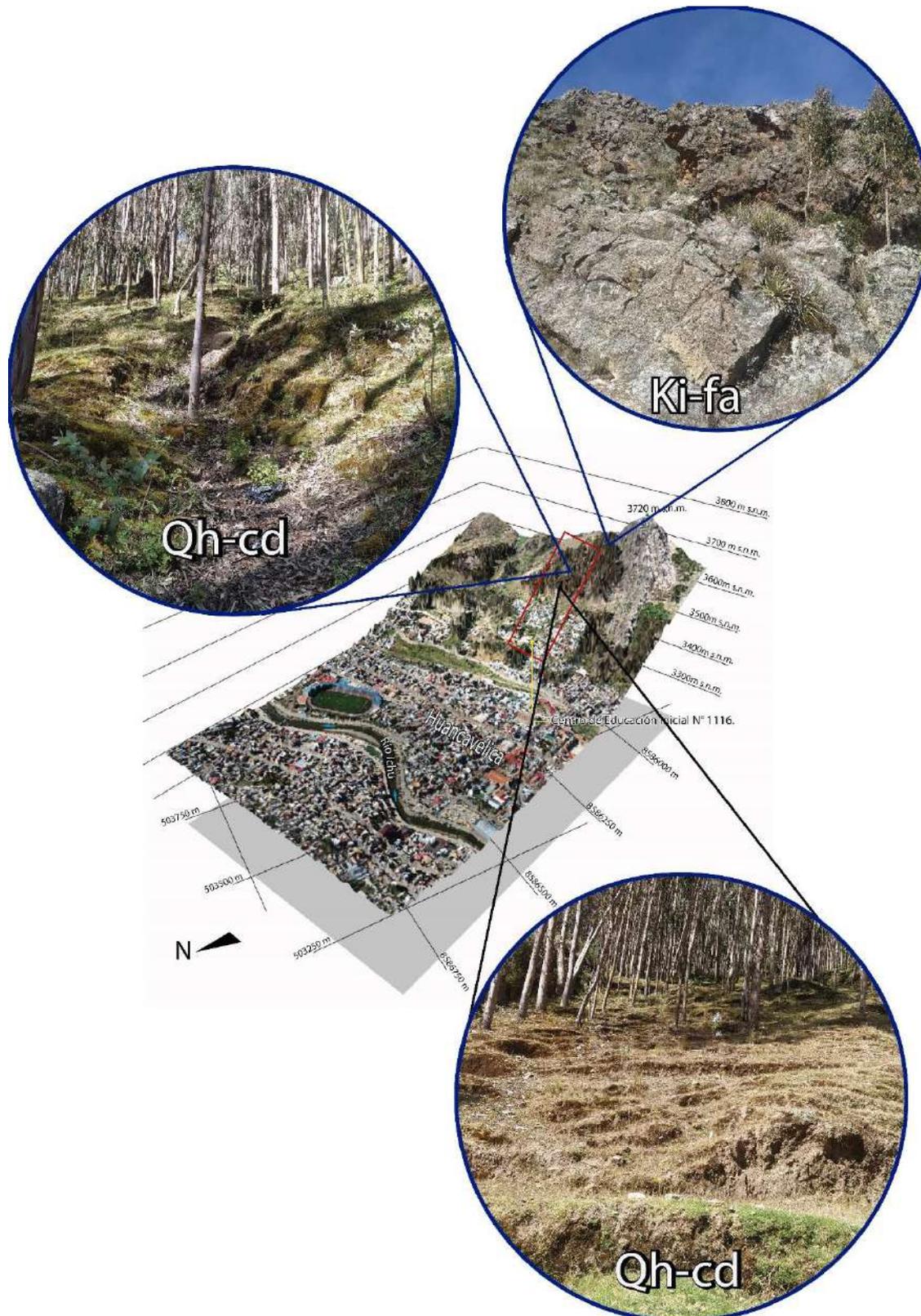
### 3.1.3. Depósito Coluvio-deluvial (Qh-cd)

Estos depósitos están constituidos por la intercalación de depósitos de origen coluvial (caídas de rocas) y deluvial (procesos de erosión con bajo transporte), que se encuentran entremezclados haciendo difícil separar uno del otro, estos se presentan adosados a la ladera norte del cerro Santa Bárbara (figura 6) conformados por bloques de hasta 1 m de diámetro, gravas y gravillas envueltos en una matriz limo arcillosa, saturada por la presencia de aguas subterráneas que discurren por la ladera, emergiendo de pequeños puquiales.

Las características de este depósito lo hacen susceptible a procesos de erosión como la formación de cárcavas, de igual manera este material podría generar la reptación de suelos y posteriores deslizamientos.

### 3.1.4. Depósito Aluvial (Qh-al)

Los depósitos aluviales conforman llanuras antiguas y/o niveles de terrazas adyacentes a los valles del río Ichu. Están compuestos por una mezcla heterogénea de bolones, gravas y arenas redondeadas a subredondeadas, limos y arcillas; tienen regular a buena selección, presentándose estratos diferenciados que evidencian la actividad dinámica fluvial, es sobre estos que se asientan parte de la ciudad de Huancavelica (fotografía 2)



**Figura 6.** Muestra la distribución geológica en el sector de Uchcurumi, la parte alta del cerro Santa Barbara está conformada por rocas muy fracturadas de la Fm. Farrat (Ki-fa), cuyas laderas están cubiertas por depósitos coluvio-deluviales (Qh-cd).



**Fotografía 2.** Muestra el valle del río Ichu, y adyacente al cauce del río los depósitos aluviales (en ambas márgenes del río), donde se asienta la ciudad de Huancavelica.

## **4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS**

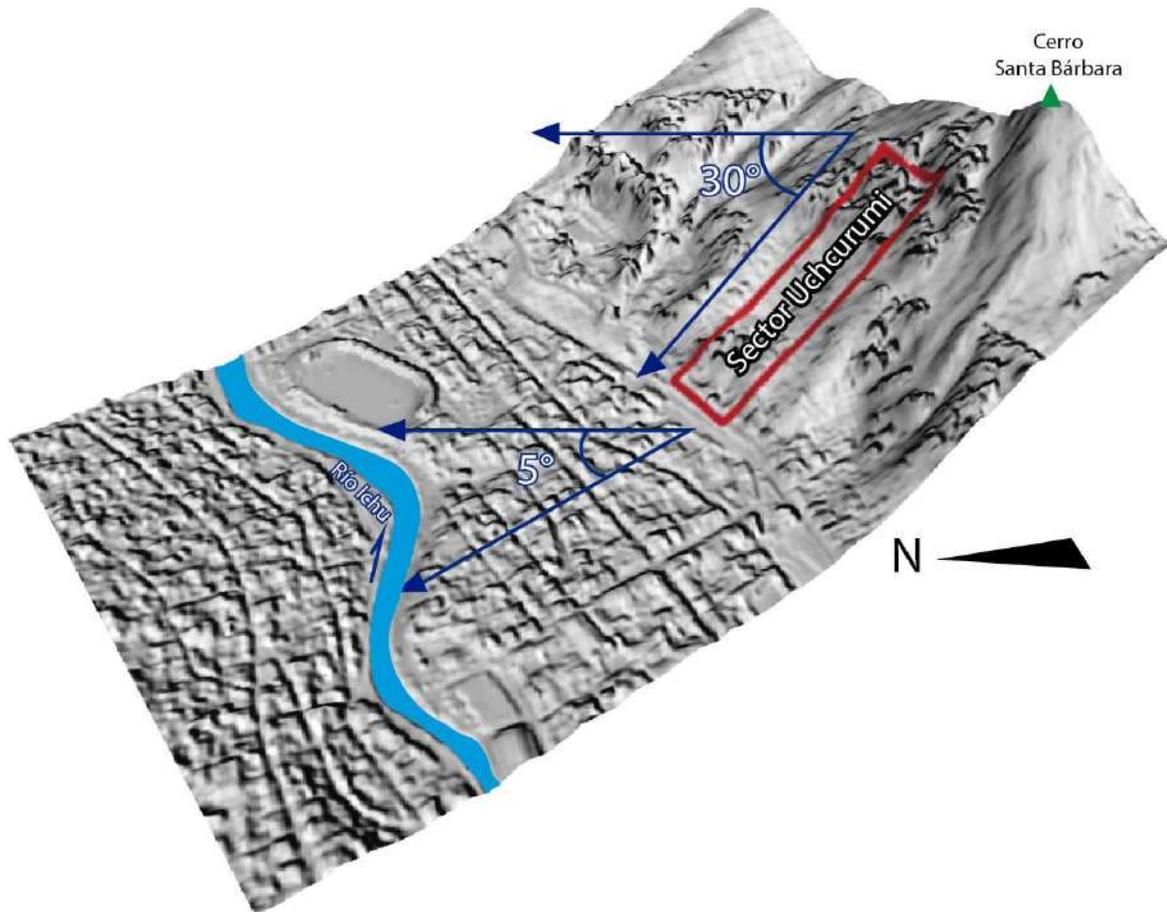
### **4.1. Pendientes del terreno**

La pendiente es uno de los principales factores dinámicos y particularmente de los movimientos en masa (formadores de las geoformas de carácter depositacional o agradacional), ya que determinan la cantidad de energía cinética y potencial de una masa inestable (Sánchez, 2002); por lo cual es un parámetro que actúa como factor condicionante y dinámico en la generación de movimientos en masa

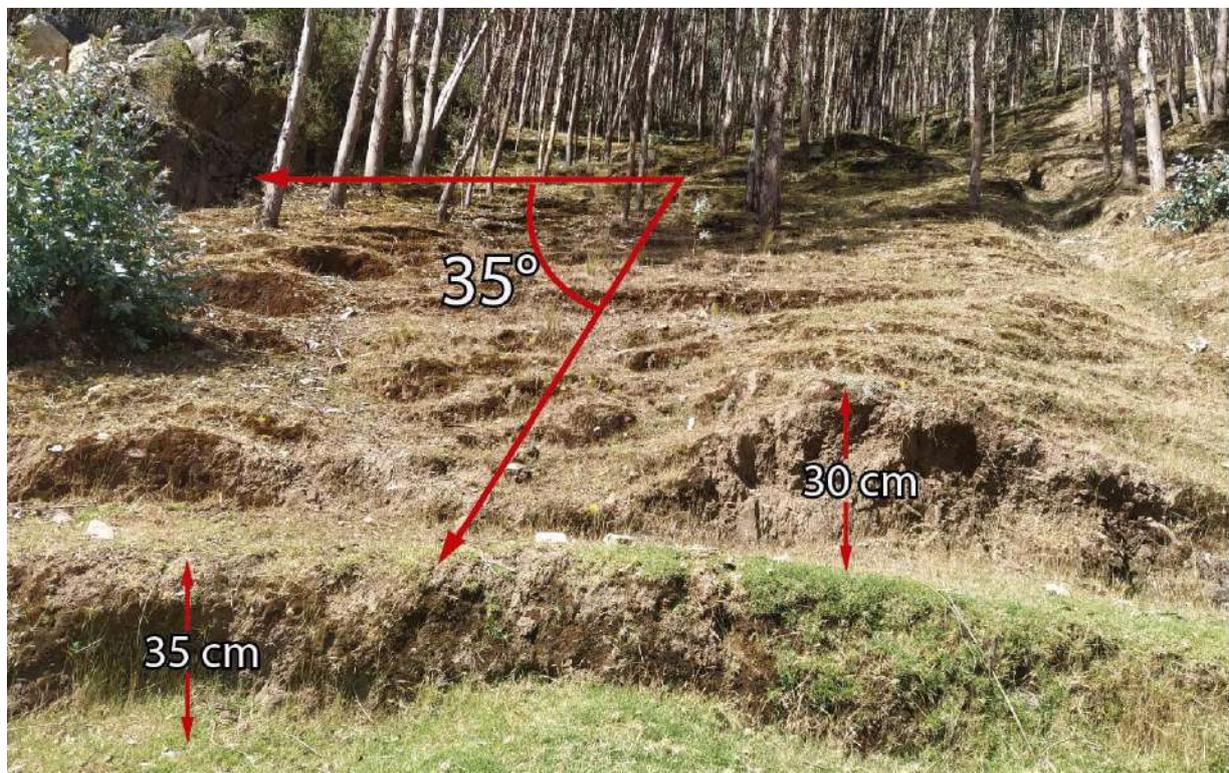
El sector de Uchcurumi, se encuentra sobre la ladera norte del cerro Santa Bárbara, donde las pendientes varían de 25° a 45° (pendientes muy fuertes), en promedio se podría asumir que esta ladera presenta una pendiente promedio de 30° (figura 7 y 8)

A los pies de esta ladera se encuentran los depósitos aluviales del río Ichu, donde se asienta la población de Huancavelica, aquí las pendientes varían del 1° a 5° (pendientes suaves).

Las viviendas de Uchcurumi fueron construidas sobre la ladera norte del cerro Santa Bárbara, realizando cortes de talud y próximas a la quebrada Santa Bárbara (figuras 9 y 10)



**Figura 7.** Pendientes promedio en la ladera Norte del cerro Santa Bárbara se enmarca en rojo el área correspondiente al sector de Uchcurumi.



**Figura 8.** Pendientes en la parte superior del sector de Uchcurumi



Margen derecha de la quebrada

**Figura 9.** Se observan viviendas asentadas en la margen derecha de la quebrada Santa Barbara, con pendientes verticalizadas.



**Figura 10.** Se observan el cauce de la quebrada Santa Barbara, con pendientes de 27°.

## 4.2. Unidades geomorfológicas

Para la caracterización de las unidades geomorfológicas, 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 (Vílchez et al., 2019).

En general el sector de Uchcurumi se encuentra sobre una vertiente coluvio deluvial. Adosado a ladera norte del cerro Santa Bárbara

Dentro de las unidades geomorfológicas que aquí se pueden observar se tiene:

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

Están representadas por las formas de terreno resultados del efecto progresivo de procesos morfodinámicos degradacionales sobre los relieves iniciales originados por la tectónica, estos procesos conducen a la modificación parcial o total de estos a través del tiempo geológico y bajo condiciones climáticas cambiantes (Villota, 2005).

**Subunidad de Montaña en Roca Sedimentaria (RM-rs):** Esta subunidad está conformada por secuencias sedimentarias representadas por areniscas cuarzosas y calizas de las Formaciones Farrat y Chunumayo las laderas de esta montaña presentan mayoritariamente pendientes fuertes (25°-45°) y en la parte alta llegan a presentarse paredes semiverticalizadas de pendientes mayores a 45°, por la configuración geomorfológica de estas se les considera susceptibles a la caída de rocas que puedan afectar parte del sector de Uchcurumi.

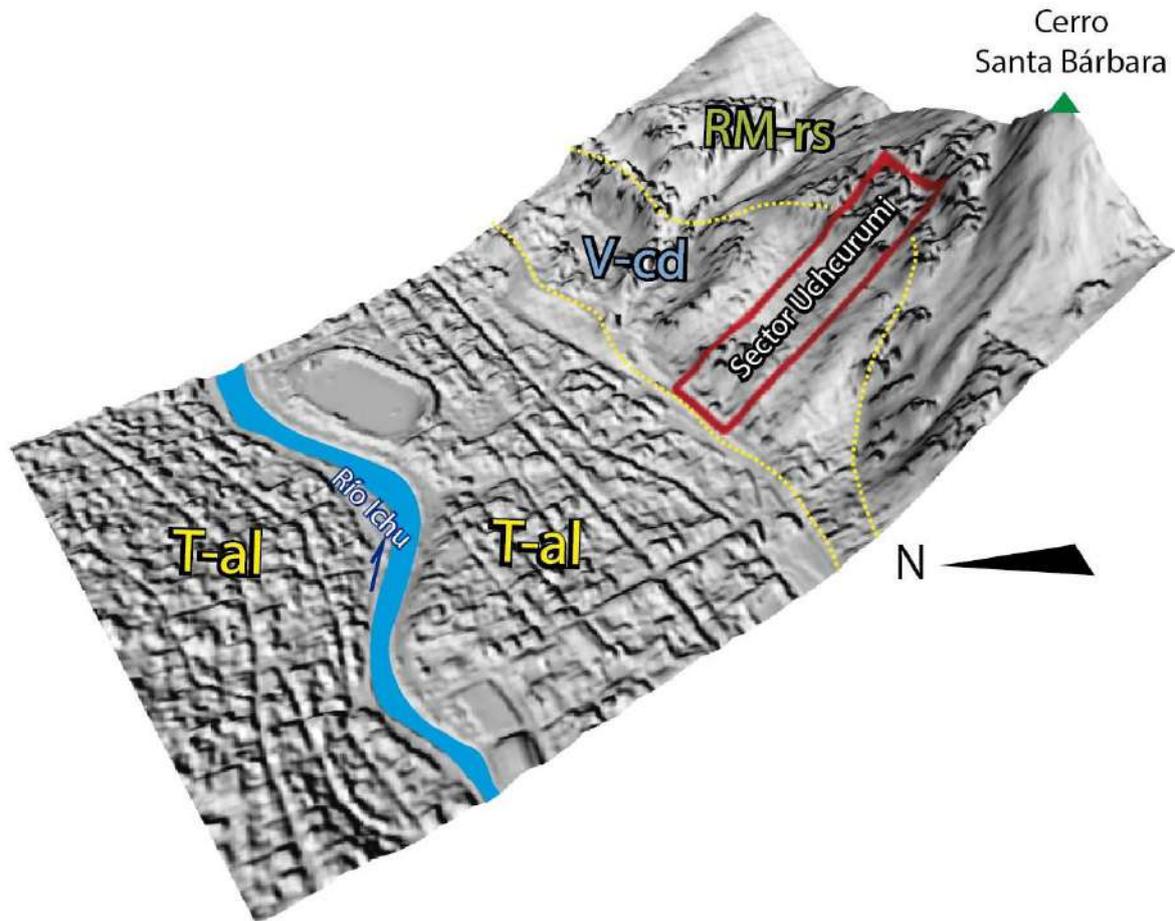
### 4.2.2. Geoformas de carácter depositacional y agradacional

**Vertiente o piedemonte coluvio-deluvial (V-cd):** Unidad formada por la acumulación intercalada de materiales de origen coluvial y deluvial, se encuentran interestratificados y no es posible separarlos como unidades individuales; estos se encuentran adosados a las laderas del cerro Santa Bárbara, por su configuración geomorfológica estos depósitos son susceptibles a presentar procesos de reptación de suelos, y deslizamientos.

**Terraza aluvial (T-al):** Se presenta en ambas márgenes del río Ichu. Está compuesta por fragmentos rocosos heterogéneos (cantos, gravas, arenas, etc.), transportados por la corriente de los ríos a grandes distancias. Configuran planicies de pendientes suaves (1°- 5°), sobre las cuales se desarrolló la ciudad de Huancavelica.



**Figura 11.** Muestra Montañas modeladas en roca sedimentaria rodeando el valle donde se asienta la ciudad de Huancavelica, sobre terrazas aluviales en ambas márgenes del río Ichu.



**Figura 12.** Configuración geomorfológica general del área de inspección, obsérvese al sector Uchcurumi, sobre una vertiente coluvio-deluvial (V-cd) adosada a una montaña en roca sedimentaria (RM-rs), y en ambos márgenes del río Ichu se observan terrazas aluviales (T-al).



**Fotografía 3.** Viviendas del sector Uchcurumi asentadas sobre la vertiente coluvio-deluvial.

## 5. PELIGROS GEOLÓGICOS

El sector de Uchcurumi presenta antecedentes de peligros geológicos por movimientos en masa, como el del 2010, donde se registró la ocurrencia de un flujo de detritos y caída de rocas.

### 5.1. Peligros geológicos por movimientos en masa

#### 5.1.1. Flujo de detritos

En el año 2010 se registró la ocurrencia de flujo de detritos (huaicos) que descendió desde la ladera Norte de la ladera del cerro Santa Bárbara y se canalizó por la quebrada del mismo nombre, este evento tuvo como aporte y material acarreado: suelo arcillo-gravoso, que se depositó sobre una losa deportiva del sector de Uchcurumi (fotografía 4).



**Fotografía 4.** Muestra detritos conformado por bloques y grabas depositados después del flujo de detritos (huaico) del 2010 en el sector de Uchcurumi.

Por las evidencias y testimonio de pobladores se considera que la probabilidad de ocurrencia de flujo de detritos en Uchcurumi es media a alta, teniendo como principal aporte líquido las precipitaciones pluviales características de la zona y los flujos de agua subterráneo que emergen en la ladera. Los aportes detríticos provendrían del material coluvio-deluvial y bloques de rocas desprendidos desde la montaña sedimentaria (cerro Santa Bárbara).

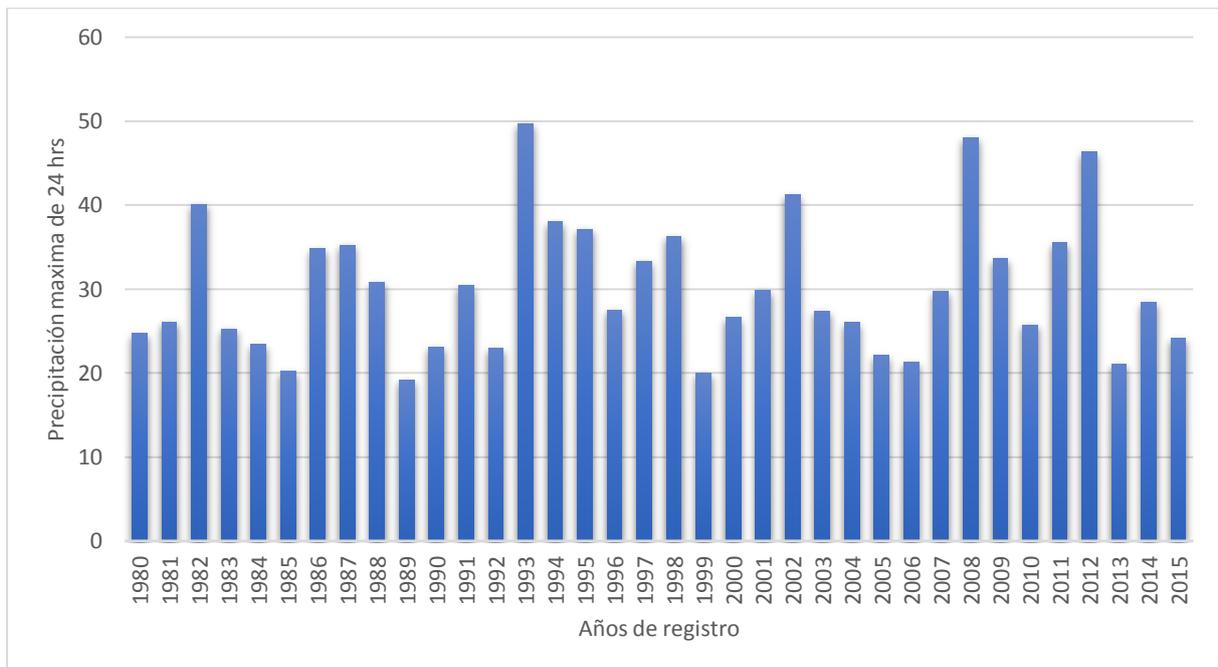
Cabe resaltar que parte del cauce de la quebrada Santa Bárbara se encuentra canalizada desde la coordenada: X: 503384.96; Y: 8586131.67; Z:3510 m s.n.m. y es conducida de

manera subterránea hasta el río Ichu, la cual presenta pendientes antropizadas fuertes (25° a 45°); que aunados a las deficientes o escasos trabajos de limpieza periódicos en la bocatoma, estos pueden obstruirse (como lo acontecido el 2010), por lo que es muy probable que el flujo de detritos rebalsaría por la ladera afectando parte del sector de Uchcurumi.

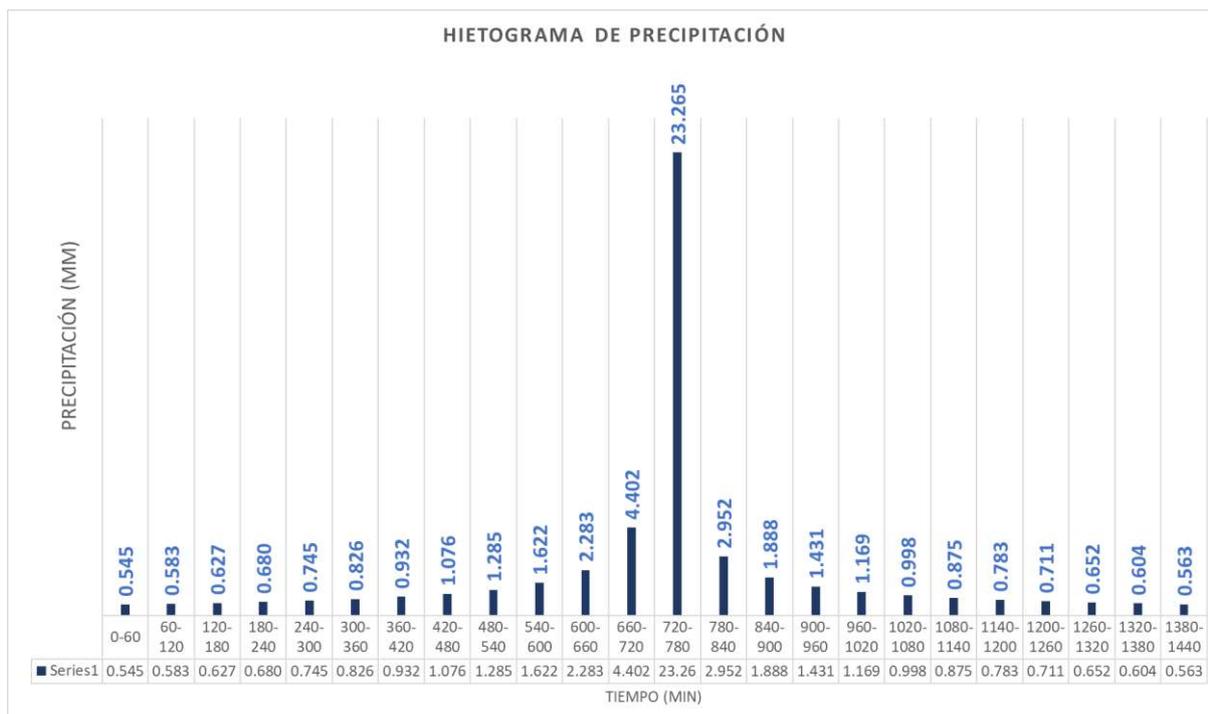
### 5.1.2. Simulación numérica de flujo de detritos.

El material detrítico en adición con el caudal líquido genera un tipo de flujo denominado “No Newtoniano” (mezcla de sólido y líquido) que dependiendo de la concentración de sus componentes se mueve a cierta velocidad y con determinados tirantes (alturas) aguas abajo hasta que pierde su capacidad de transporte, todo esto ocasiona el arrastre y el depósito de material detrítico en el área de estudio.

Con el fin de conocer las características del comportamiento de un flujo de detritos (huaico), que descienda por la ladera norte del cerro Santa Bárbara y se canalice por la quebrada del mismo nombre, se realizó un modelamiento numérico con el software FLO-2D, para un tiempo de retorno de 50 años (Tr:50). Para ello se analizó la información de precipitaciones máximas de la estación meteorológica de Huancavelica, ubicado en el distrito de Ascensión Coordenadas: Lat: 12°46'17.86" S; Long: 75°0'44.52" W ; att: 3715 m s.n.m.(figura 13 y 14).



**Figura 13.** Precipitaciones máximas por año, registrados por la estación meteorológica de Huancavelica desde 1980 al 2015.



**Figura 14.** Hietograma de precipitaciones probabilísticas para un TR:50 años, en base a una distribución de PEARSON III., Basada en los datos de la estación meteorológica de Huancavelica.

#### **a) Condiciones de entrada.**

Para la simulación de flujo de detritos en la quebrada Santa Bárbara se utilizaron los siguientes parámetros de entrada:

- Registros de precipitación pluviométrica (máxima de 24h) de la estación Huancavelica (35 años de registro).
- Información topográfica obtenida a partir de fotogrametría con dron, donde se obtuvo un modelo digital de superficie de 10 cm/px.
- Simulación con punto de inicio: parte superior de la quebrada coordenadas: UTM, WGS 84, 18 s: X: 503406.5 ; Y:8586022.7; Z:3584 hasta la vía principal Av. Chancas.
- Valor de número de curva de 0.70% a toda la quebrada.
- Malla computacional de 1 m x 1m.
- Coeficiente de rugosidad de Manning de 0.04 para el cauce de la quebrada, la zona urbana (asfalto y concreto), se le asignó un valor de 0.015.
- Valor de sedimento de 35 y 30 %, al no haber mucho material detrítico en el cauce.
- Tiempo de simulación: 24 horas.

#### **b) Resultados de la simulación**

Como resultado se obtuvo un modelo numérico de flujo de detritos, representado por datos rasters de tirantes máximos (alturas) y velocidades máximas. (figura 15); Así, La simulación de flujo de detritos mostró un comportamiento “No Newtoniano”, este comenzó en la parte alta de ladera, canalizándose por el cauce de la quebrada, donde el modelo reportó alturas de 2 m, en la parte media de la quebrada, donde se presenta un ancho promedio de 3 m.

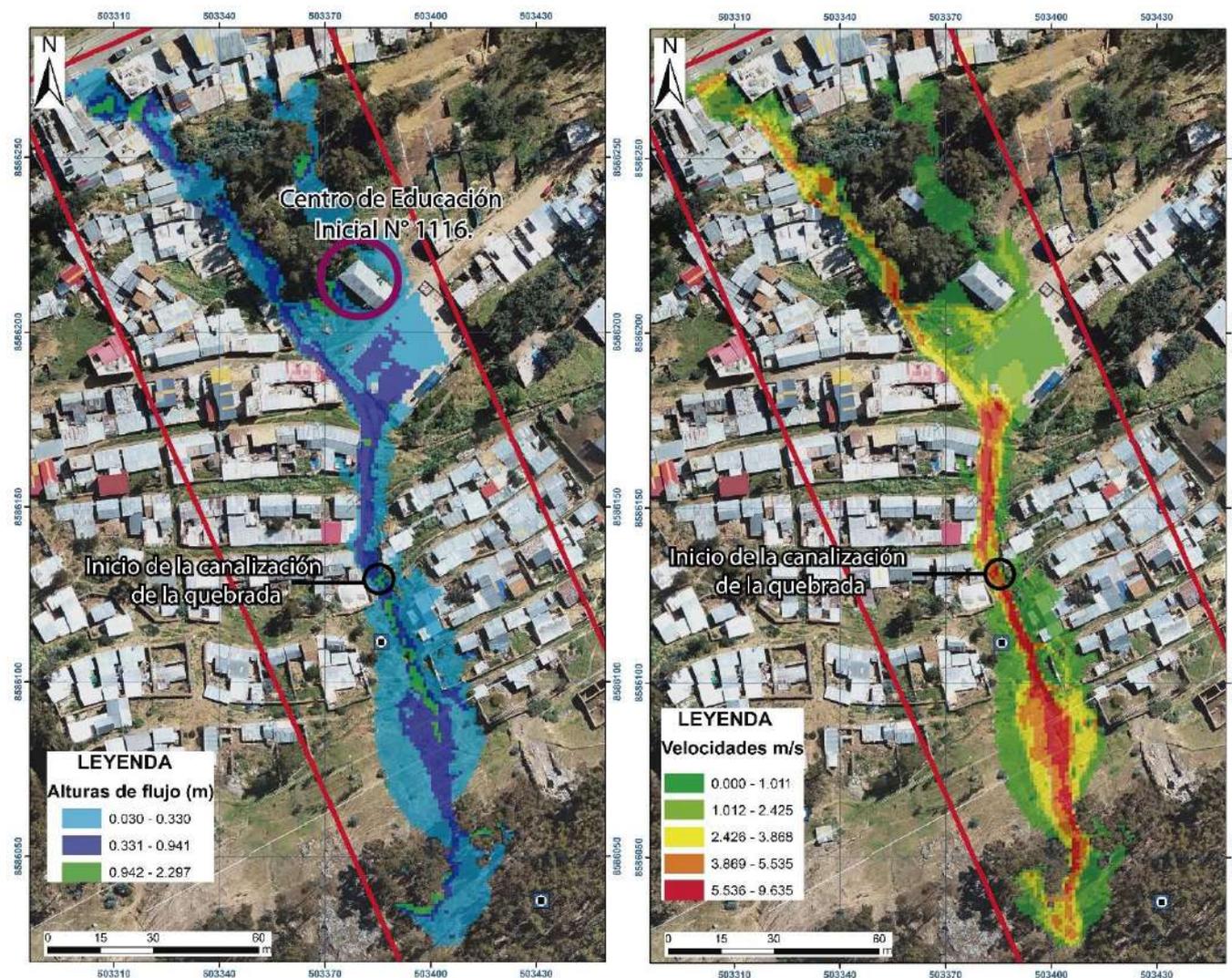
De igual manera el lugar desde donde comienza la canalización de la quebrada subterráneamente hasta el río Ichu; reportó entre 0.9 y 2.27 m rebasando la bocatoma del

canal y descendiendo por las escaleras de acceso entre Uchcurumi y la Av. Chancas, produciendo afectaciones a las viviendas colindantes,

En el sector Uchcurumi se registraron alturas máximas de 0.9 m e inundaciones de 30 cm, que afectarían un total de 16 viviendas en ambas márgenes (incluido el terreno donde se ubica la I.E. Inicial N°1116)

Dentro de la simulación por flujo de detritos, se obtuvieron los siguientes resultados (figura 15):

- El área total de inundación es de 4914 m<sup>2</sup>, con un área de 3172 m<sup>2</sup> con alturas superiores a los 15 cm (esto afecta un total de 16 vivienda; además, del área de la losa deportiva y el terreno de la I.E. Inicial N°1116 ).
- El modelo registro un volumen total (concentración de sedimento más agua) de 74 909 m<sup>3</sup>.
- El flujo de detritos alcanzó alturas máximas de 2.29 m y mínimas de 0.030 m.
- La altura máxima de flujo alcanzó 2.29 m en el cauce de la quebrada y 1 m en la zona urbana, además de inundaciones entre 15 y 30 cm en los alrededores.



**Figura 15.** A la izquierda se muestran las alturas máximas de la simulación de flujo de detritos y a la derecha las velocidades de flujo.

**c) Principales afectaciones por flujo de detritos**

**Daños en viviendas por el socavamiento de las laderas en ambas márgenes de la quebrada**

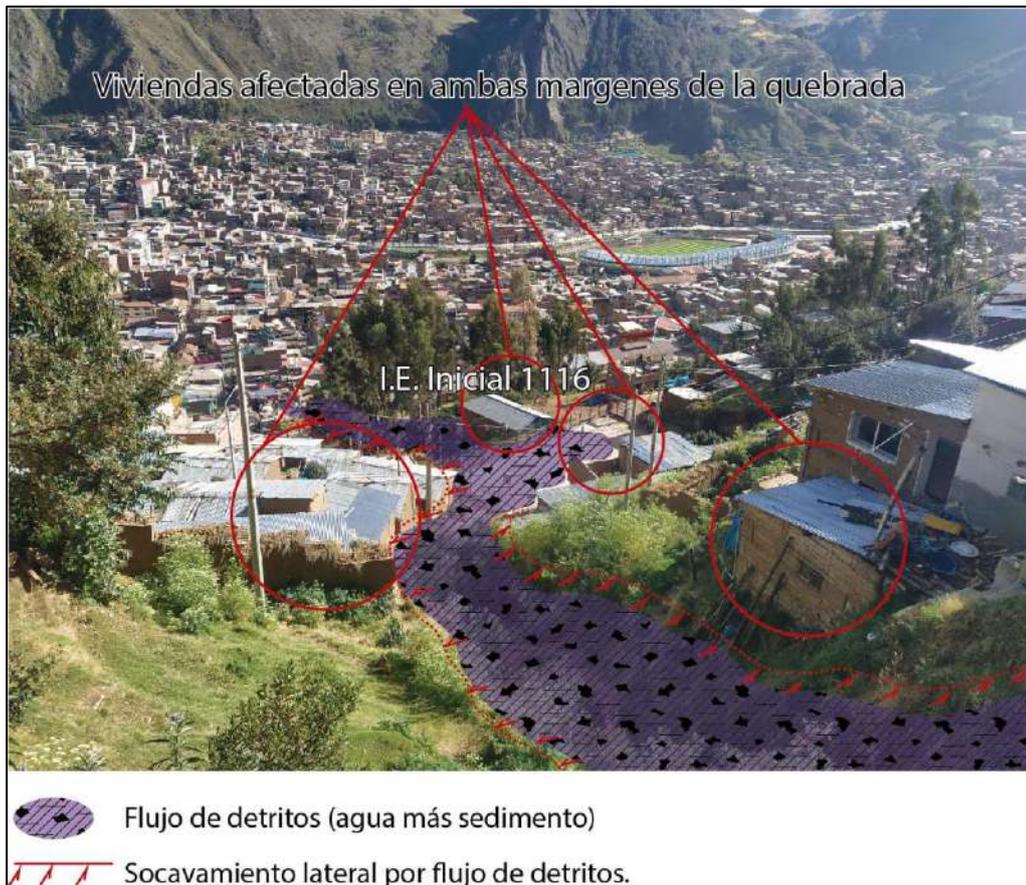
En base a los resultados de la simulación de flujo de detritos, se puede asumir que la componente horizontal de este, produciría la erosión lateral por socavamiento y posterior derrumbe de las márgenes de la quebrada (figura 16 y 17); de igual manera, la componente vertical del flujo, erosionaría el fondo de la quebrada compuesto por material coluvio-deluvial. Esto también desestabilizaría las laderas en ambas márgenes pudiendo generar daños significativos en las viviendas.



**Figura 16.** Representación del flujo de detritos. Obsérvese el socavamiento lateral que podría producir en la ladera de la margen derecha donde se asientan viviendas al borde de la ladera.

Cabe resaltar que la pendiente de la ladera (35°), incrementa la velocidad del flujo de detritos, según la simulación esta puede alcanzar un máximo de 9.6 m/s en medio de la quebrada y 3.36 m/s en sus márgenes, incrementando el grado de socavamiento.

Además, si el flujo de detritos (concentración sólida y líquido) entra en contacto con los muros de las viviendas (muros de adobe), estos sufrirían el efecto de socavamiento (en la base de los muros), pudiendo producir su colapso, cabe resaltar que se observó 01 vivienda con soporte de maderas en la margen derecha de la quebrada (figura 18), esta sería una de las viviendas más afectadas.



**Figura 17.** Representación del flujo de detritos. Obsérvese el socavamiento lateral que podría producir en ambas márgenes de la quebrada donde se asientan viviendas al borde de las laderas.



**Figura 18.** Representación del flujo de detritos. Obsérvese el socavamiento lateral que podría producir en la margen derecha de la quebrada donde se observó 01 vivienda con soportes de madera en las coordenadas UTM WGS 84: 18s, X:503395.22; Y:8586129.29.

**Daños en viviendas por impacto de flujo de detritos (parte liquida).**

Existen 8 viviendas asentadas en las márgenes de la quebrada (07 en la margen derecha y 01 en la margen izquierda), que según el modelo son propensas a ser impactadas por el discurrimiento de la parte liquida del flujo, con alturas menores a 30 cm, las cuales podrían producir daños en la parte inferior de sus muros laterales. La ubicación de estas viviendas se detalla en el cuadro 3 y figuras 19 y 20 con identificadores numéricos de color celeste.

**Cuadro 3.** Daños en viviendas por impacto de la parte liquida del flujo de detritos.

Numero de vivienda	Afectación según simulación numérica	Ubicación referencial	Coordenadas	
			X metros	Y metros
1	Impacto en ambas márgenes de la quebrada Santa Bárbara, el flujo de detritos (parte liquida) podría provocar daños en el muro lateral derecho de la vivienda	Margen izquierda de la quebrada	503375.71	858616874
2		Margen izquierda de la quebrada	503373.34	8586148.73
3		Margen izquierda de la quebrada	503375.71	8586089.99
4		Margen izquierda de la quebrada	503373.34	8586123.65
5		Margen derecha de la quebrada	503412.44	8586092.8
6		Margen izquierda de la quebrada	503373.39	8586150.37
7		Margen izquierda de la quebrada	503371.09	8586168.31
8	Área de inundación, esta vivienda podría ser afectada por inundaciones con alturas menores a 30 cm, producto de la escorrentía del flujo depositado en la parte superior (losa deportiva)	Margen derecha de la quebrada, parte baja de la ladera	503360.53	8586237.60

**Daños en viviendas por impacto de flujo de detritos (mezcla sólida y liquida) e inundaciones superiores a 30 cm.**

Dentro de estas se han identificado 08 viviendas asentadas en ambas márgenes de la quebrada, Según el modelo estas viviendas sufrirían el contacto del flujo de detritos (mezcla liquida y solida) en sus muros laterales y/o inundaciones considerables con niveles de agua superiores a 30 cm, que ingresarían a los patios de las viviendas (casos 1 al 4 de numeraciones con identificadores de color rojo en las figuras 20 y 21).

Dentro de las viviendas afectadas se encuentra el terreno de la I.E. Inicial N°1116, donde el impacto por flujo, erosionaría la base de la ladera de margen derecha, produciendo daños a la construcción actual o a una futura construcción, cabe resaltar que en este sector los suelos se observan poco consolidados con fragmentos de gravas y gravillas en una matriz limo arcillosa considerada de fácil erosión; además la parte liquida del flujo podría producir inundaciones desde la losa deportiva hasta el terreno de la I.E.I. N°1116 (figura 19).

Los daños por impacto (mezcla liquida y solido) e inundaciones considerables en el sector Uchcurumi se representan en el cuadro 4 y las figuras 20 y 21 (con indicadores numéricos de color rojo)

**Cuadro 4.** Daños en viviendas por impacto (mezcla líquida y sólido) e inundaciones considerables.

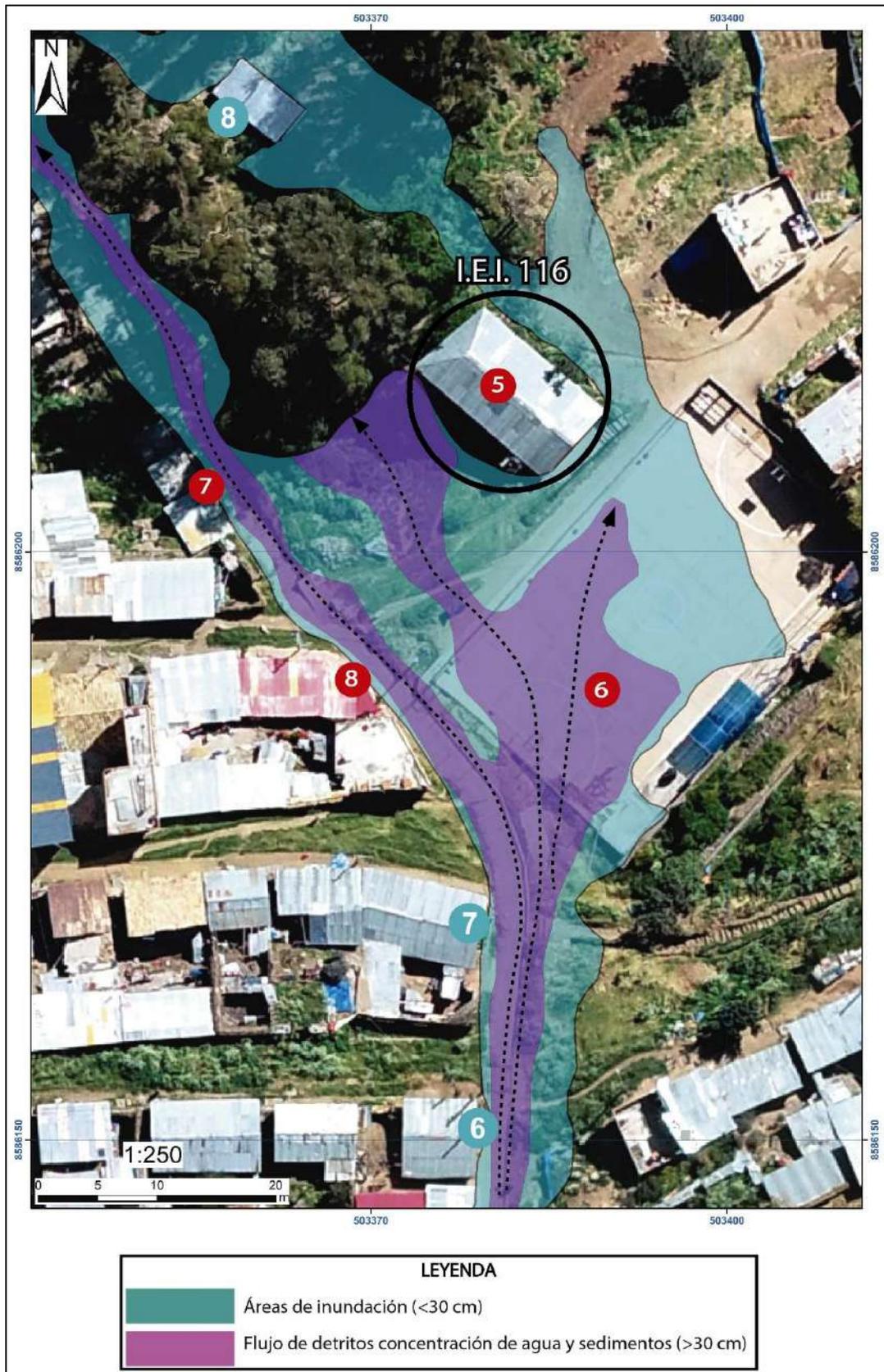
Numero de vivienda	Afectación según simulación numérica	Ubicación referencial	Coordenadas	
			X metros	Y metros
1	Inundación en patios de viviendas con alturas de 30 cm.	Viviendas ubicadas al extremo de la ladera de la margen derecha de la quebrada Santa Bárbara	503403.55	8586102.96
2			503397.34	8586120.69
3			503395.22	8586129.29
4			503385.17	8586147.15
5	Impacto de flujo de detritos con alturas entre 0.7 y 2 m, esto afectaría la ladera ubicada en la margen derecha de la quebrada (terrenos de la I.E. Inicial N°1116); Además, de provocar inundaciones de 30 cm en sus alrededores.	Ubicación de la I.E. Inicial N°1116, en la margen derecha de la quebrada.	503372.00	8586209.00
6	Acumulación de escombros en la losa deportiva, con alturas entre 0.45 y 0.9 m; además, de generar inundaciones en los alrededores.	Ubicación de la losa deportiva de Uchcurumi.	503382.39	8586188.42
7	Impacto de flujo de detritos (mezcla de sólido y líquido) en el muro lateral derecho de las viviendas, esto puede incrementar el daño en las infraestructuras de los muros (viviendas) y su posterior caída.	Viviendas ubicadas en la margen izquierda de la quebrada Santa Bárbara.	503352.09	8586203.37
8			503365.06	8586187.63



**Figura 19.** Representación del flujo de detritos e inundación alrededor de los terrenos de la I.E. Inicial N°1116.



**Figura 20.** Representación del flujo de detritos y zonas de inundación. Las viviendas afectadas por el contacto del flujo (parte líquida) se representan en números de coloración celeste. Mientras que las viviendas afectas por el contacto directo del flujo (mezcla de sólido y líquido) e inundaciones considerables en el patio de las viviendas y alrededores se representan en color rojo.



**Figura 21.** Representación del flujo de detritos y zonas de inundación. Las viviendas afectadas por el contacto del flujo (parte líquida) se representan en números de coloración celeste. Mientras que las viviendas afectas por el contacto directo del flujo (mezcla de sólido y líquido) e inundaciones considerables en el patio de las viviendas y alrededores se representan en color rojo.

El programa Flo-2d (usado para realizar la simulación por flujo de detritos) categoriza los niveles de peligro a través de su herramienta: "**Hazard map**" la cual integra la información de alturas y velocidades de flujo para remarcar las áreas con mayor nivel de peligro categorizados en tres niveles: Muy alto, alto y medio (figura 23). Así observamos que las viviendas ubicadas en las márgenes de la quebrada (entre la zona de arranque del flujo y la losa deportiva) se encuentran con niveles Muy altos de peligro (Color rojo).

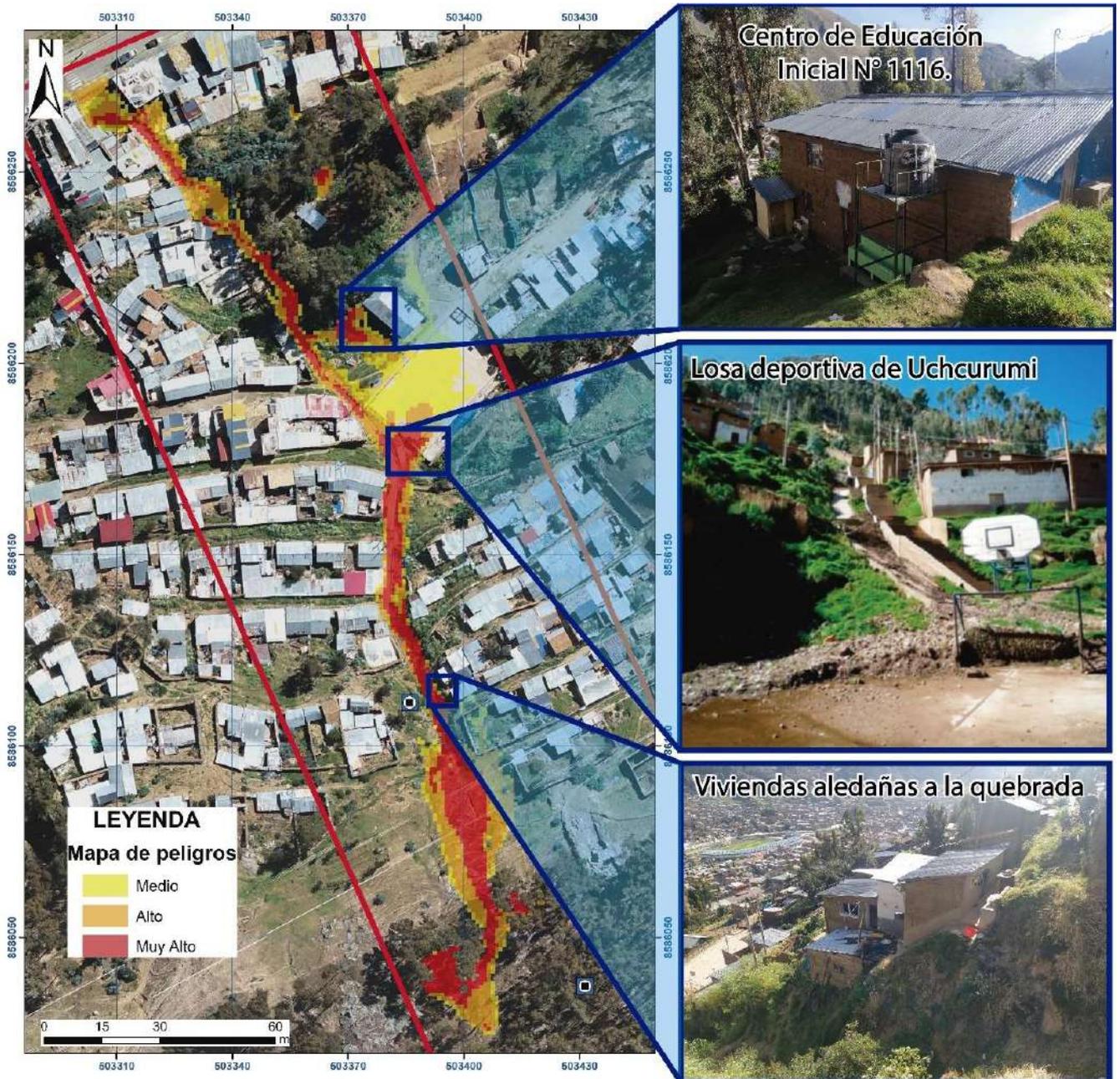
La siguiente zona de peligro Muy alto es la losa deportiva donde se depositaría material detrítico (figura 22).

De igual manera los terrenos de la I.E. Inicial N°1116, se encuentran con niveles de peligro Muy alto, por impacto de flujo de detritos en la margen derecha de la quebrada.

Los niveles Alto de peligro (color naranja) corresponde mayoritariamente a las viviendas ubicadas por debajo de la I.E. Inicial N°1116 hasta la Av. Chancas y los niveles medio (color amarillo) corresponden a zonas de inundación.



**Figura 22.** Representación de flujo de detritos e inundación en la losa deportiva de Uchcurumi.



**Figura 23.** Muestra los niveles de peligro por flujo de detritos en el sector de Uchcurumi, obsérvese como los sectores afectados serían las viviendas aledañas a quebrada, la losa deportiva y el terreno del centro educativo inicial 1116.

Los trabajos de campo permitieron identificar otros peligros geológicos que son necesarios describir como son:

### 5.1.3. Reptación de suelos

La reptación de suelos en el sector de Uchcurumi se presenta en la vertiente coluvio-deluvial de la ladera norte del cerro Santa Bárbara, por encima de la zona de viviendas, las coordenadas que limitan este movimiento en masa son:

Inicial: X: 503457.3m; Y: 8585962.6m; Z: 3624 m s.n.m.  
 Final: X: 503393.5m; Y: 8586086m; Z: 3534 m s.n.m.

Dentro de las evidencias de este movimiento en masa se pueden mencionar la inclinación de árboles con un ángulo promedio de  $30^\circ$  (figura 24), así como la ruptura de vegetación (fotografía 5). El área de reptación abarca los  $7800 \text{ m}^2$ , donde los suelos reptantes presentan evidencias de humedad proveniente de puquiales (figura 25). Se debe tener en cuenta que este tipo de movimientos en masa puede desencadenar deslizamientos si no se toman las medidas correctivas adecuadas.



**Figura 24.** Muestra evidencias de reptación de suelos: arboles con una inclinación de  $30^\circ$ , la ubicación de estos se detalla en el punto B, de la figura 26.



**Fotografía 5.** Muestras evidencias de reptación de suelos en la vertiente coluvio deluvial, la ubicación de estas se detallan el punto A, de la figura 26.



**Figura 25.** Se Observan puquiales en la vertiente coluvio-deluvial que ha condicionado la ocurrencia de reptación de suelos.



**Figura 26.** Mapa que muestra el peligro por reptación de suelos en el sector de Uchcurumi, los puntos A y B señalan la ubicación de la figura 24 (B) y fotografía 5 (A).

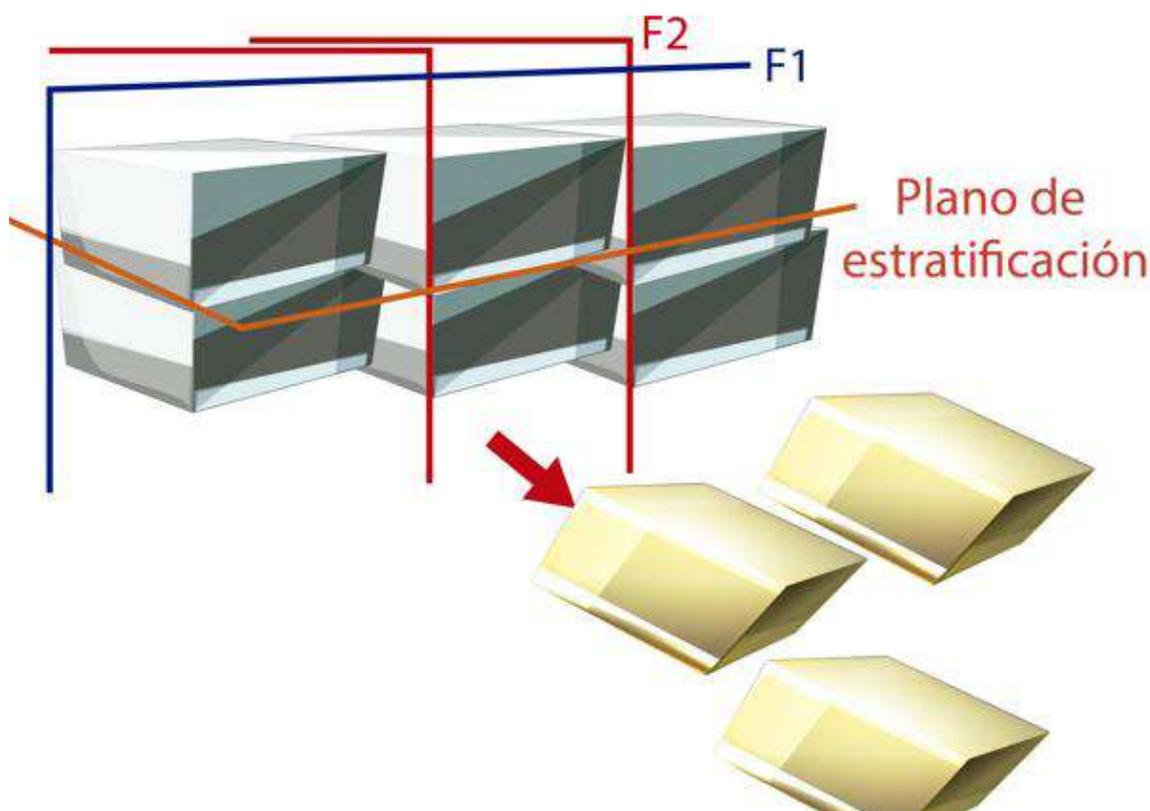
#### 5.1.4. Caída de rocas

Las caídas de rocas en el sector de Uchcurumi, se presentan desde la ladera norte del cerro Santa Bárbara, sobre substratos de rocas calizas y areniscas cuarzosas muy fracturadas de las Formaciones Chunumayo y Farrat.

Los planos de debilidad corresponden a la estratificación de las rocas y familias de fracturas, Así la intersección de estos planos de debilidad (figura 27) sumados a la pendiente verticalizada de partes de la ladera generan bloques de roca con diámetros entre 1 y 2 m, que caen por gravedad, La mayoría de los bloques caídos no superaron el metro de diámetro y se depositaron en la vertiente coluvio-deluvial adosada a la ladera norte del cerro Santa Bárbara, otros bloques fueron frenados por la presencia de vegetación (árboles).

El área que ocupa la ladera rocosa fracturada, donde se evidencian bloques de roca que por procesos de meteorización pueden caer con el pasar del tiempo es de 2.03 Ha (fotografía 6 y figuras 28 y 29).

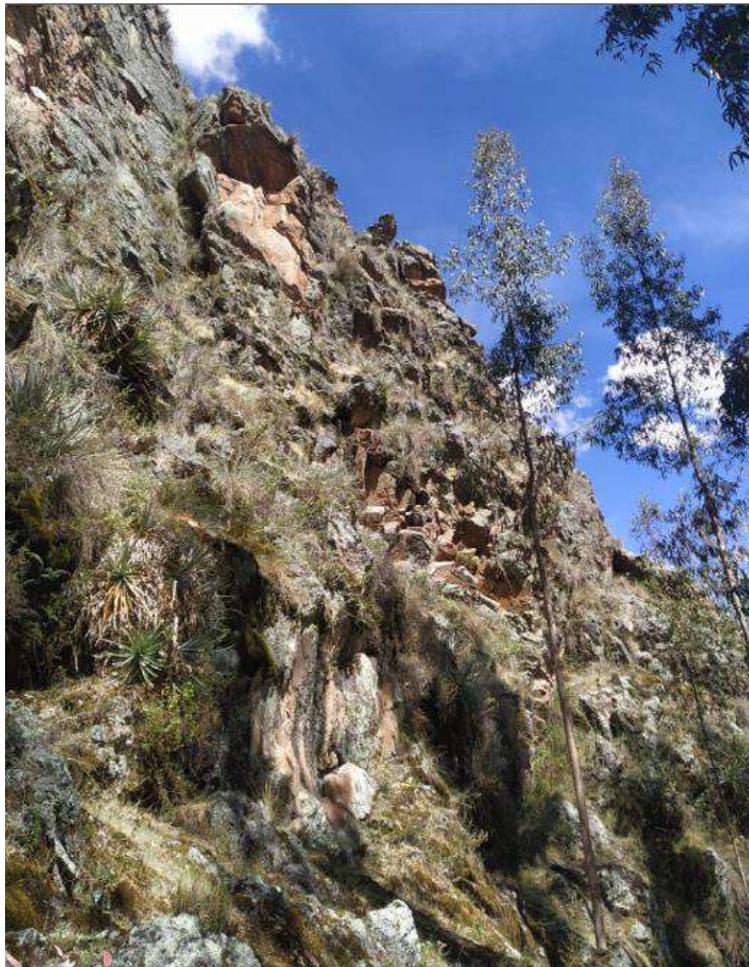
Los bloques (<1 m de diámetro), y fragmentos rocosos (<15 cm de diámetro) depositados en la ladera podrían adicionarse a posibles flujos de detritos descendientes de la parte alta incrementando así el contenido de sólidos del mismo.



**Figura 27.** Ejemplo de individualización y caída de bloques por la intersección de planos de debilidad.



**Figura 28.** Ladera norte del cerro Santa Bárbara de donde pueden caer bloques de rocas.



**Fotografía 6.** Muestra la ladera norte del cerro Santa Bárbara, con paredes verticalizadas, y la fragmentación de bloques de roca, susceptibles a caer al sector de Uchcurumi.

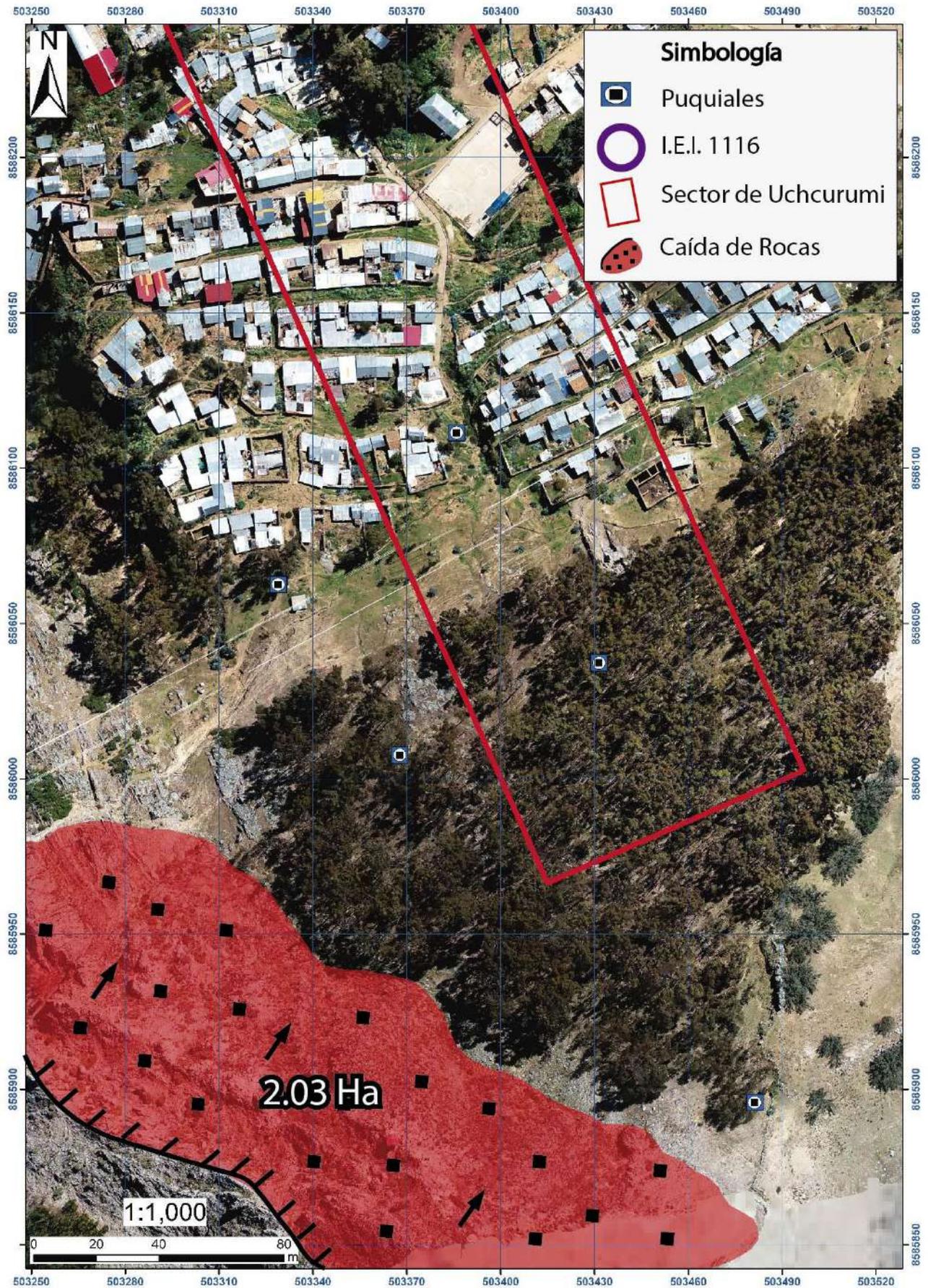


Figura 29. Mapa de peligros por caída de rocas , desde la ladera norte del cerro Santa Bárbara.

## 5.2. Factores condicionantes

Factor geomorfológico y de relieve.

- El sector de Uchcurumi se encuentra sobre una vertiente coluvio-deluvial, adosada a la ladera norte de una montaña sedimentaria, en general esta vertiente presenta pendientes muy fuertes (25°-45°), lo que favorece la ocurrencia de movimientos en masa como reptación de suelos, además este grado de pendiente incrementa la velocidad de aguas de escorrentía (en la quebrada Santa Bárbara), aumentando también su poder erosivo y probabilidad de ocurrencia de flujo de detritos (huaicos).

Factor litológico

- El substrato rocoso de Uchcurumi se encuentra conformado por la intercalación de calizas y areniscas cuarzosas muy fracturadas, estos afloramientos se observan en la parte alta del cerro Santa Bárbara, desde donde podrían desprenderse bloques de roca, debido al grado de fracturamiento.
- Sobre el substrato rocoso se tienen depósitos coluvio-deluviales conformados por bloques, gravas y gravillas de roca sedimentaria, envueltos en una matriz limo arcillosa saturada por la presencia de aguas subterráneas, estos se consideran susceptibles a procesos de reptación de suelos que podría desencadenar deslizamientos en la parte alta de Uchcurumi.

Factor Hidrogeológico

- Se identificaron 04 puquiales de agua, en la vertiente coluvio-deluvial, estos saturan los suelos coluvio-deluviales, incrementando la presión intersticial de poros y disminuyendo la compactación de suelos, lo que puede conllevar a la ocurrencia de movimientos en masa.

Factor Antrópico

- Las viviendas de Uchcurumi se encuentran construidas sobre una ladera de pendientes muy fuertes, y realizando cortes de talud (procesos que desestabiliza la ladera), además muchas de estas viviendas se encuentran asentadas en las márgenes de la quebrada Santa Bárbara, quedando expuestas a derrumbes y flujo de detritos.
- El terreno de la I.E. Inicial N°. 1116. Se encuentra en la margen derecha de la quebrada sobre suelos coluvio-deluviales, poco consolidados y susceptibles a procesos de erosión y movimientos en masa.

## 5.3. Factores desencadenantes

Dentro de los factores desencadenantes que puede generar flujo de detritos en Uchcurumi se tiene:

- Las precipitaciones pluviales, prolongadas y/o intensas características del sector. Registros históricos de la estación meteorológica de Huancavelica señala que las precipitaciones máximas pueden llegar a 50 mm. Estadísticas de precipitación muestran que estas podrían alcanzar 25 mm en un TR:50 años (figuras 13 y 14).

- Las precipitaciones también podrían saturar los suelos coluvio-deluviales, incrementando el vector de movimientos de los procesos de reptación e incluso desencadenar deslizamientos.
- Los movimientos sísmicos podrían generar la caída de rocas desde la parte alta del cerro Santa Bárbara, y de igual manera desencadenar movimientos en masa como deslizamientos y derrumbes en las márgenes de la quebrada Santa Bárbara y desde la ladera norte del cerro del mismo nombre.

## 6. CONCLUSIONES

1. El sector donde se ubica el terreno de la I.E. Inicial N° 1116, es susceptible a peligros geológicos por movimientos en masa, en especial a flujo de detritos (huaicos), con peligro medio a alto. Por lo que, el terreno no se consideraría apto para el funcionamiento de la Institución educativa inicial.
1. Tanto el sector de Uchcurumi y la I.E.I. 1116, se ubican sobre depósitos coluvio deluviales adosados a la ladera norte del cerro Santa Bárbara, los cuales se conforman de bloques, gravas y gravillas envueltos en una matriz limo-arcillosa saturadas por el agua de escorrentía superficial, y subterráneas a través de puquiales; por lo que se consideran susceptibles a la ocurrencia de movimientos en masa.
2. Además, el substrato rocoso conformado por calizas y areniscas cuarzosas, aflorantes en la parte alta del cerro Santa Bárbara, se encuentran muy fracturadas, susceptibles al desprendimiento de bloques de roca y su posterior caída por gravedad.
3. Geomorfológicamente Uchcurumi se ubica en una vertiente coluvio-deluvial, adosada a la ladera norte de una montaña modelada en roca sedimentaria, con pendientes promedio de 30° (muy fuerte); la cual es disectada por una quebrada canalizada desde su parte media mediante una estructura civil de canalización, que ha generado una pendiente antropizada muy fuerte, lo cual incrementa la peligrosidad de la quebrada para flujos de detritos e inundaciones en la parte baja y urbana.
4. Además de los flujos de detritos, como principal peligro geológico que impacte a la zona de estudio, se han identificado sectores propensos a la ocurrencia de caída de bloques desde la ladera norte del cerro Santa Bárbara, debido al alto grado de fracturamiento del substrato rocoso y las pendientes de la ladera. De igual modo se evidencia áreas de reptación de suelos en un aproximado de 7800 m<sup>2</sup>, sobre la zona superior a la zona urbana, condicionado por la presencia de aguas subterráneas que emergen por puquiales y la pendiente del sector.
5. A partir de los antecedentes del 2010 y simulaciones numéricas se determina que el sector de Uchcurumi, puede ser afectado por flujo de detritos, canalizados por la quebrada con velocidades máximas de 9 m/s, y alturas de 2 m, generando inundaciones entre 15 cm a 30 cm en un área de 3172 m<sup>2</sup>.
6. Por las condiciones geológicas, geomorfológicas y geodinámicas del sector de Uchcurumi se le considera de **Peligro Alto** a la ocurrencia de flujo de detritos (huaicos), teniendo como elementos vulnerables, 16 viviendas ubicadas en ambos márgenes de la quebrada de Santa Bárbara incluido el terreno de la I.E. Inicial N°1116.

## 7. RECOMENDACIONES

1. Las autoridades locales, regionales y nacionales, según sus competencias, deben tener en cuenta e implementar las medidas de recomendación planteadas en el informe técnico A6536, para los sectores de Uchcurumi y Puchccocc (las cuales datan de un escenario del 2010).
2. Proponer alternativas de reubicación de la I.E. inicial N°1116, siendo posible alejado de las inmediaciones de la ladera donde se ubica el sector de Uchcurumi, por ser una zona con susceptibilidad alta a la ocurrencia de movimientos en masa como flujo de detritos.
3. Restringir y prohibir la expansión urbana ladera arriba en el sector de Uchcurumi, evitando la construcción de viviendas debajo de taludes fracturados, inestables, con pendientes elevadas, desde donde se pueden producir caídas de rocas y derrumbes.
4. Incrementar planes de reforestación y mantener como zona verde e intangible el pequeño bosque ubicado entre la zona urbana de Uchcurumi y la parte alta de la ladera norte del cerro Santa Barbara, ya que los árboles funcionan como barreras naturales ante posibles caídas de rocas (se tiene los queñuales como alternativa).
5. Por presentarse el substrato rocoso intensamente fracturado y cubierto con depósitos coluvio deluviales semi compacto, tener mucho cuidado al momento de la realización de cortes en las laderas, para la construcción de carreteras o viviendas, si es posible evitar y prohibir los mismos.
6. En la quebrada Santa Bárbara donde se han producido flujos de detritos (huaicos), se debe realizar trabajos de definición de cauce y encauzamiento de la quebrada.
7. Se deben captar las aguas subterráneas e implementar sistemas de drenaje superficial impermeabilizados para derivar el acceso de aguas pluviales, así evitar la saturación del terreno.

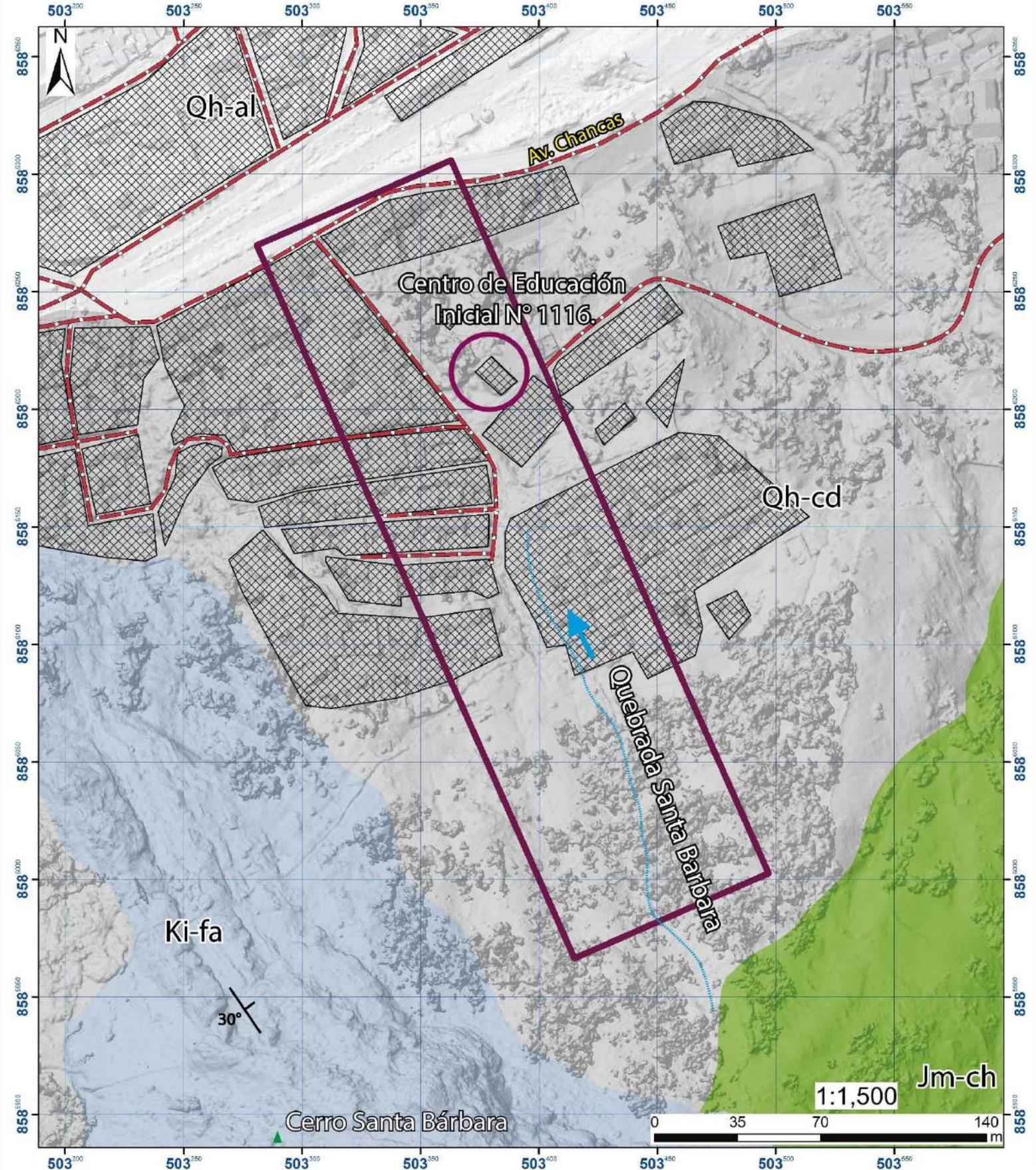
  
.....  
Ing. LIONEL V. FIDEL SMOLL  
Director  
Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico  
INGEMMET

  
**Ing. Guisela Choquenaira Garate**

## 8. BIBLIOGRAFÍA

- 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, Transportati3n researchs board Special Report 247, p. 36-75.
- Fuente de Datos Meteorol3gicos y Pronostico del tiempo del Servicio de Awhere. (2021). Disponible en: <https://crop-monitoring.eos.com/weather-history/field/7508240>.
- Ingemmet (2022) Opini3n T3cnica N°004-2022 Peligros geol3gicos en el sector Uchcurumi. Departamento Huancavelica, provincia Huancavelica, distrito Huancavelica <https://hdl.handle.net/20.500.12544/3707>.
- Núñez, S. y Medina, L. (2006). Estudio de Riesgos Geol3gicos en la Regi3n Ucayali. INGEMMET. Direcci3n de Geolog3a Ambiental. Serie C: Geodinámica e Ingenier3a Geol3gica. Bolet3n N° 37. 153 Págs. <http://www.ingemmet.gob.pe/AplicacionesWeb/Productos/productos/index.html>
- Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas (2007) - Movimientos en masa en la regi3n andina: una gui3 para la evaluaci3n de amenazas. Santiago: Servicio Nacional de Geolog3a y Miner3a, 432 p., Publicaci3n Geol3gica Multinacional, 4. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/2830>
- Romero. D; Torres. V. (2003) Revisi3n y actualizaci3n del cuadrángulo de Huancavelica (26-n). Escala 1:50 000 <https://hdl.handle.net/20.500.12544/2118>
- Servicio Nacional de Meteorolog3a e Hidrolog3a (2010a) – Gui3 climática turística (en l3nea). Lima: SENAMHI, 216 p. (consulta: 03 junio 2015). Disponible en: <https://www.senamhi.gob.pe/?p=descarga-datos-hidrometeorologicos>.
- Suárez, J. (1996) - Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales. Bucaramanga: Instituto de Investigaci3n sobre Erosi3n y Deslizamientos, 282 p
- Varnes, J. (1978) - Slope movements types and processes. In: SCHUSTER, L. & KRIZEK, J. Ed, Landslides analysis and control. Washington D.C. National Academy Press Transportation Research Board Special Report 176, p.
- Vílchez, M. (2010) –Informe t3cnico A6536- Ingemmet - Inspecci3n de peligros geol3gicos en los sectores de Santa B3rbara y Potocchi (Distrito, provincial y regi3n de Huancavelica) [https://repositorio.ingemmet.gob.pe/bitstream/20.500.12544/1904/1/A6536-Inspecci%C3%B3n\\_Santa\\_Barbara\\_Potocchi-Huancavelica.pdf](https://repositorio.ingemmet.gob.pe/bitstream/20.500.12544/1904/1/A6536-Inspecci%C3%B3n_Santa_Barbara_Potocchi-Huancavelica.pdf)
- Vílchez, M.; Ochoa, M. & Pari, W. (2019). Peligro geol3gico en la regi3n Huancavelica. INGEMMET, Bolet3n, Serie C: Geodinámica e Ingenier3a Geol3gica, 69, 225 p., 9 mapas <https://hdl.handle.net/20.500.12544/2479>.

## **ANEXO 1: MAPAS**



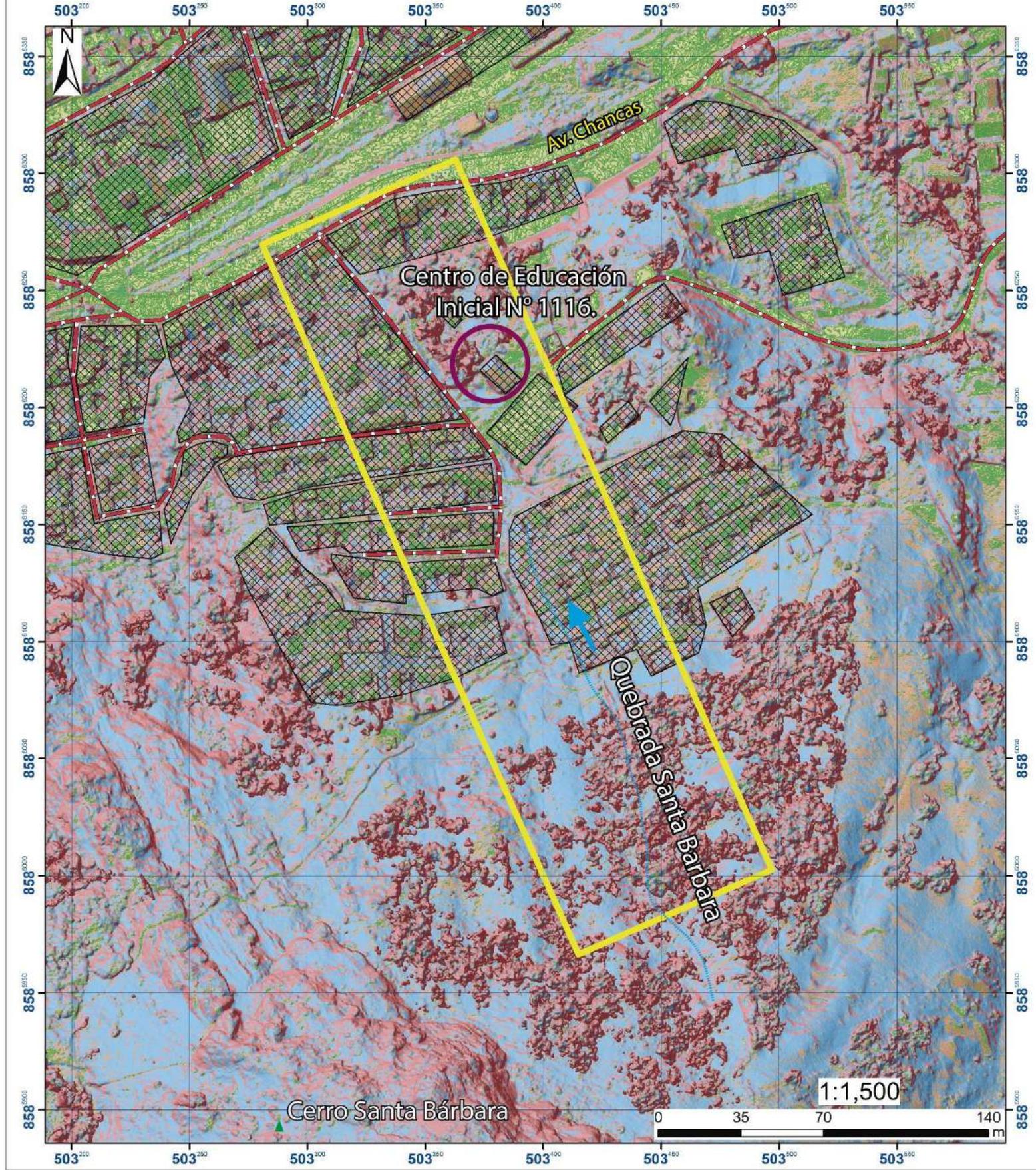
ERA	SISTEMA	UNIDAD LITOESTRATIGRÁFICA	LEYENDA
MESOZOICO	Cuaternario	Depósito Aluvial	Qh-al
		Depósito Coluvio-deluvial	Qh-cd
	Cretácico	Gpo. Goyllarisquizga Fm. Farrat	Ki-fa
	Jurácico	Fm. Churumayo	Jm-ch

LEYENDA	
	Buzamiento de estratos
	Área de inspección del sector Uchcurumi (comunidad campesina Santa Bárbara)
	Ubicación de la Intitución Educativa Inicial N°1116
	Quebradas
	Dirección de cursos de agua
	Áreas urbanas
	Vías de acceso

  
**INGEMMET**  
 INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO  
**DIRECCIÓN DE GEOLÓGIA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO**  
 ACT. 11: EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL  
 REGIÓN HUANCÁVELICA  
 PROVINCIA HUANCÁVELICA  
 DISTRITO HUANCÁVELICA

**MAPA GEOLÓGICO EN EL SECTOR UCHCURUMI (SANTA BÁRBARA)**

Escala: 1/1.500 escala de impresión A3    Elaborado por: G.Luna    **MAPA 01**  
 Proyección: UTM Zona 18 Sur    Datum: WGS 84  
 Versión digital 2022    Impreso: 2022



### Leyenda

Rango	Superficie Topográfica
0° - 1°	Terreno llano
1° - 5°	Terreno inclinado con pendiente suave
5° - 15°	Pendiente moderada
15° - 25°	Pendiente fuerte
25° - 45°	Pendiente muy fuerte o escarpada
>45°	terreno muy escarpado

### LEYENDA

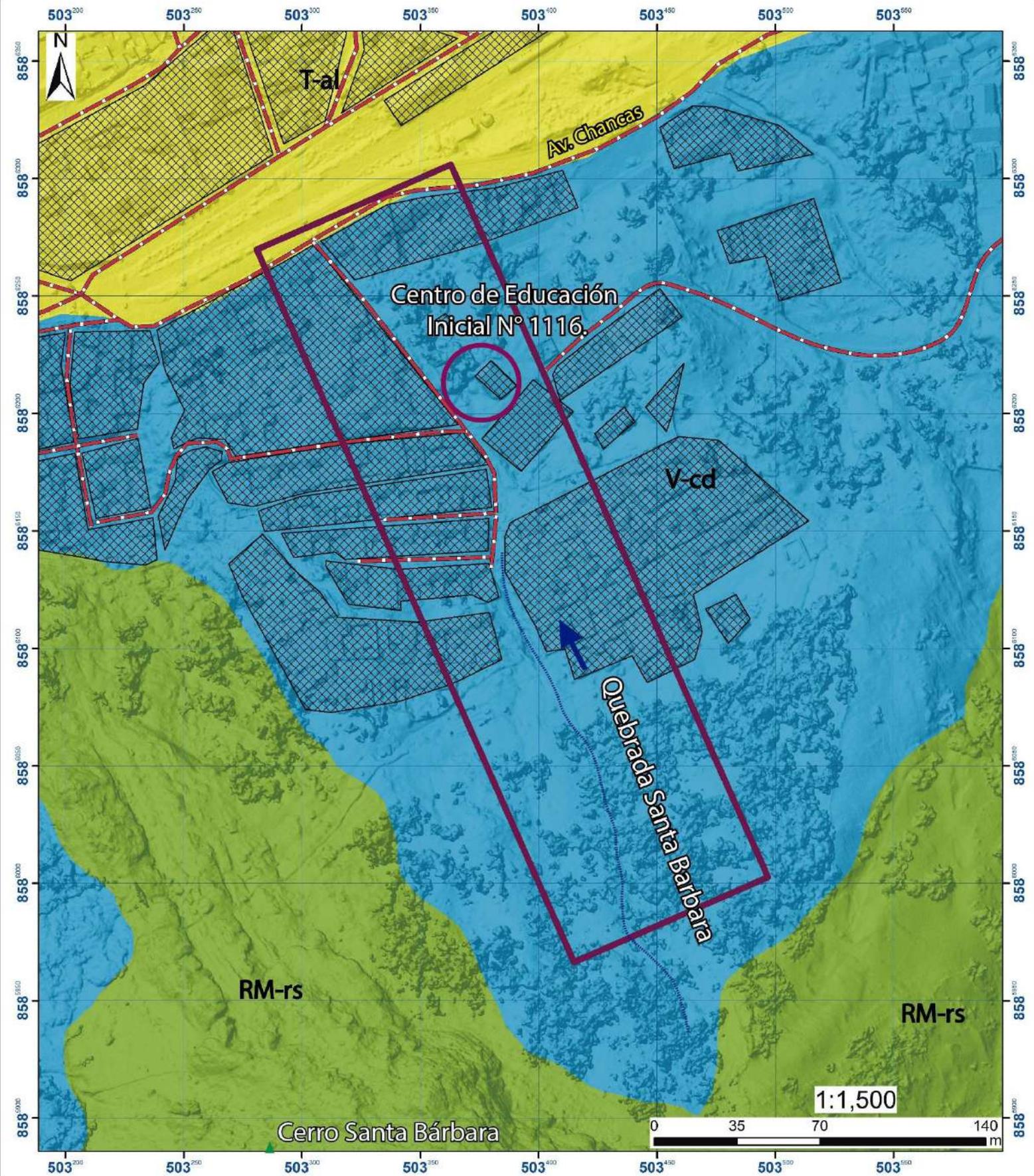
- Buzamiento de estratos 30°
- Área de inspección del sector Uchcurumi (comunidad campesina Santa Bárbara)
- Ubicación de la Intitución Educativa Inicial N°1116
- Quebradas
- Dirección de cursos de agua
- Áreas urbanas
- Vías de acceso

**INGEMMET**
  
INSTITUTO GEOLOGICO, MINERO Y METALURGICO
  
**DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO**

ACT. 11: EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL  
 REGIÓN HUANCVELICA  
 PROVINCIA HUANCVELICA  
 DISTRITO HUANCVELICA

**MAPA DE PENDIENTES EN EL SECTOR UCHCURUMI (SANTA BÁRBARA)**

Escala: 1/1 500 escala de impresión A3 Proyección: UTM Zona 18 Sur Versión digital 2022	Elaborado por: G.Luna Datum: WGS 84 Impreso: 2022	<b>MAPA</b> <b>02</b>
---	---	--------------------------



UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS		
UNIDAD	SUBUNIDAD	LEYENDA
MONTAÑA	En roca sedimentaria	RM-rs
PIEDEMONTE	Vertiente coluvio-deluvial	V-cd
PLANICIE	Terraza aluvial	T-al

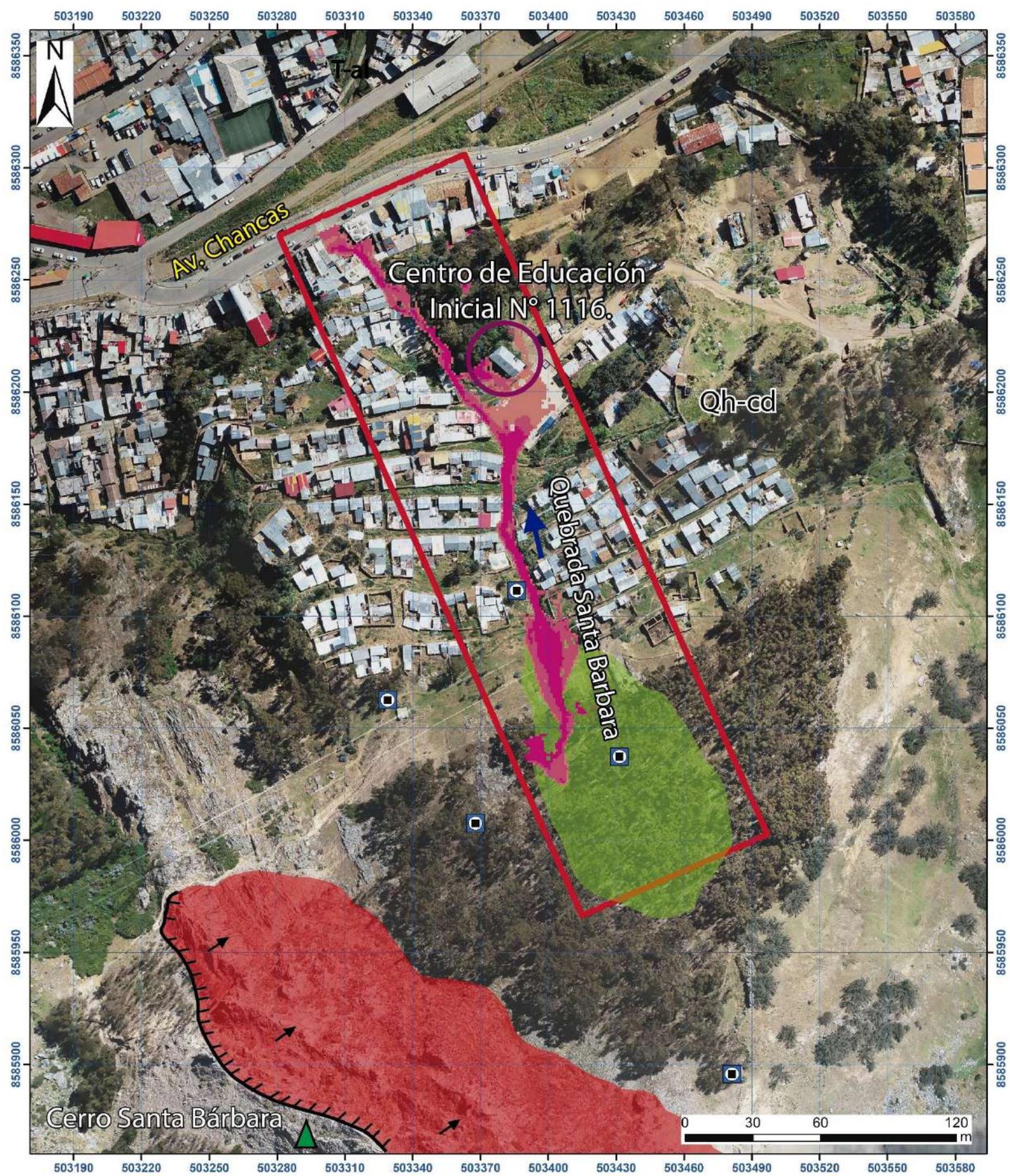
**LEYENDA**

- Buzamiento de estratos
- Área de inspección del sector Uchcurumi (comunidad campesina Santa Bárbara)
- Ubicación de la Intitución Educativa Inicial N°1116
- Quebradas
- Dirección de cursos de agua
- Áreas urbanas
- Vías de acceso

**INGEMMET**  
 INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO  
**DIRECCIÓN DE GEOLÓGIA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO**  
 ACT. 11: EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL  
 REGIÓN HUANCÁVELICA  
 PROVINCIA HUANCÁVELICA  
 DISTRITO HUANCÁVELICA

**MAPA GEOMORFOLÓGICO EN EL SECTOR UCHCURUMI (SANTA BÁRBARA)**

Escala: 1/1 500 escala de impresión A3 Proyección: UTM Zona 18 Sur Versión digital 2022	Elaborado por: G.Luna Datum: WGS 84 Impreso: 2022	<b>MAPA</b> <b>03</b>
---	---	--------------------------



Peligros geológicos		Estado
Movimientos en masa	Flujo de detritos	Activo
	Caída de rocas	Activo
	Reptación de suelos	Activo

**LEYENDA**

- Buzamiento de estratos
- Área de inspección del sector Uchcurumi (comunidad campesina Santa Bárbara)
- Ubicación de la Intitución Educativa Inicial N°1116
- Quebradas
- Dirección de cursos de agua

**SECTOR ENERGÍA Y MINAS**  
**INGEMMET**  
 INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO  
**DIRECCIÓN DE GEOLÓGIA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO**  
 ACT. 11: EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL  
 REGIÓN HUANCAYELICA  
 PROVINCIA HUANCAYELICA  
 DISTRITO HUANCAYELICA

**MAPA DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN EL SECTOR UCHCURUMI (SANTA BÁRBARA)**

Escala: 1/1 500 escala de impresión A3 Elaborado por: G.Luna **MAPA 04**

Proyección: UTM Zona 18 Sur Datum: WGS 84 Versión digital 2022 Impreso: 2022