

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A7557

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR FLUJO DE DETRITOS EN EL CENTRO POBLADO DE HUAMPICA

Departamento: Apurímac
Provincia: Andahuaylas
Distrito: Andarapa



NOVIEMBRE
2024

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR FLUJO DE DETRITOS EN EL CENTRO POBLADO DE HUAMPICA

(Distrito Andarapa, provincia Andahuaylas, departamento Apurímac)

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

Equipo Técnico:

David Prudencio Mendoza

Referencia bibliográfica

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2024). Evaluación de peligros geológicos por flujo de detritos en el centro poblado de Huampica, distrito Andarapa, provincia Andahuaylas, departamento Apurímac. Lima: INGEMMET, Informe Técnico A7557, 30p.

INDICE

RESUMEN.....	4
1. INTRODUCCIÓN	5
1.1. Objetivos del estudio	5
1.2. Antecedentes y trabajos anteriores	6
1.3. Aspectos generales	6
1.3.1. Ubicación.....	6
1.3.2. Accesibilidad.....	7
1.3.3. Clima	7
2. DEFINICIONES	8
3. ASPECTOS GEOLÓGICOS	9
3.1. Unidades litoestratigráficas	9
3.1.1. Formación Vilquechico.....	9
3.1.2. Formación Auzangate	10
3.1.3. Formación Muñani inferior.....	11
3.1.4. Depósito proluvial	11
3.1.5. Depósito coluvio-deluvial	12
4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS	13
4.1. Pendientes del terreno	13
4.2. Unidades geomorfológicas	14
4.2.1. Unidad de montaña	14
4.2.2. Unidad de piedemonte	15
5. PELIGROS GEOLÓGICOS	15
5.1. Peligros geológicos por flujo de detritos	16
5.2. Factores condicionantes	19
5.3. Factores detonantes o desencadenantes	19
6. CONCLUSIONES	21
7. RECOMENDACIONES	22
8. BIBLIOGRAFÍA	23
ANEXO 1: MAPAS	24
ANEXO 2: DESCRIPCIÓN DE FORMACIONES SUPERFICIALES 1	29
DESCRIPCIÓN DE FORMACIONES SUPERFICIALES 2	30

RESUMEN

El presente informe técnico es el resultado de la evaluación de peligros geológicos por erosión en cárcava y flujos de detritos, realizado en el centro poblado de Huampica, perteneciente a la jurisdicción del distrito de Andarapa, provincia Andahuaylas, departamento Apurímac. Con este trabajo, el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico – Ingemmet, cumple con una de sus funciones que consiste en brindar asistencia técnica en peligros geológicos en los tres niveles de gobierno.

En el sector afloran areniscas cuarzosas de las formaciones Vilquechico y Ausangate, en las laderas del cerro Huanac se presentan muy fracturadas a fragmentadas y altamente meteorizadas, por lo cual son susceptibles a movimientos en masa. En el cauce de la quebrada se tienen depósitos proluviales compuestos por bloques con diámetro de hasta 10 cm (10%), gravas heterométricas (60%), envueltos en matriz areno limosa (30%), siendo de fácil erosión y remoción ante precipitaciones intensas.

Las unidades geomorfológicas identificadas corresponden a montañas en roca sedimentaria, cuyas laderas presentan terrenos con pendientes moderadas (5° - 15°) a fuertes (15° - 25°), en las laderas se tienen incisiones originadas por procesos de carcavamiento. Se tiene la vertiente aluvio-torrencial, originada por los depósitos provenientes de los flujos de detritos, las pendientes del terreno varían, en la parte inferior es suave (1° - 5°) y en la parte superior es moderada (5° - 15°).

Los materiales que se generan por el proceso erosión de ladera, sumados con la pendiente del terreno, son transportados cuesta abajo por corrientes de agua, alimentando de esta manera al cauce de la quebrada. Ante lluvias intensas, los materiales sueltos se movilizan sobre el cauce de la quebrada, desplazándose cuesta abajo, generando los flujos de detritos.

Como factor desencadenante fue la presencia de lluvias intensas y/o prolongadas. En la estación meteorológica Andahuaylas, el mes de noviembre del 2023 se registró un total mensual de 102.9 mm, la mayor en esa parte del año.

En el centro poblado de Huampica se identificó procesos de flujos de detritos, el evento de noviembre 2023 afectó 25 viviendas de la comunidad.

El depósito que se generó en noviembre del 2023 alcanzó espesores de hasta 45 cm.

Por las características del terreno mencionadas, el centro poblado de Huampica se considera de **peligro alto** a la ocurrencia de flujos de detritos, que pueden ser desencadenados en la temporada de lluvias intensas y/o prolongadas.

Finalmente, se brinda recomendaciones que se consideran importantes, las cuales deben ser tomadas en cuenta por las autoridades competentes; tales como forestar parte de las laderas con árboles nativos mejorando la compactación de los suelos, para ello reducir el uso de suelo agrícola, realizar el estudio de fajas marginales para poder tener una distancia segura de las viviendas con respecto a los canales, además ampliar las torrenteras y darle una limpieza periódica, con esto mantenemos a los flujos canalizados, realizar un EVAR ante flujos de detritos, 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) los “Servicio de Asistencia técnica en evaluación de peligros geológicos-Act16”, 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 y otros peligros geológicos) en zonas que tengan elementos vulnerables.

Atendiendo la solicitud de la Municipalidad distrital de Andarapa, según Oficio N°024-2024-MDA/AL, es en el marco de nuestras competencias que se realiza una evaluación de peligros geológicos en el centro poblado de Huampica, distrito de Andarapa, provincia Andahuaylas, departamento Apurímac. Se trata de un peligro ante “erosión en cárcavas y flujos de detritos” con última actividad en noviembre del 2023, que afectó 25 viviendas de la comunidad, dejando con depósitos de material del flujo de hasta 45 cm de altura.

La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del Ingemmet designó al ingeniero David Prudencio Mendoza para realizar la evaluación de peligros geológicos. El trabajo de campo se realizó en abril del 2024 y contó con la colaboración del alcalde de distrito y del representante de la oficina de defensa civil de la localidad.

La evaluación técnica se realizó en tres 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 Andarapa 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 el centro poblado de Huampica.
- 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 ante peligros geológicos evaluados en la etapa de campo.

1.2. Antecedentes y trabajos anteriores

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

- A) Según el informe técnico N°A6624 “Segundo reporte de zonas críticas por peligros geológicos y geo-hidrológicos en la región Apurímac” (Villacorta et al., 2012), a escala 1:100 000, las laderas al sur del centro poblado de Huampica muestra un terreno de **alta a muy alta susceptibilidad** y las laderas al oeste de centro poblado muestra un terreno de **baja susceptibilidad**. Entendiéndose, la susceptibilidad a movimientos en masa como la propensión que tiene una determinada zona a ser afectada por un determinado proceso geológico (movimiento en masa), expresado en grados cualitativos y relativos.
- B) En el boletín N°27. Geología de los cuadrángulos de Andahuaylas hoja 28-p, Abancay y Cotabambas. (Marocco R. 1975); y la memoria descriptiva de la revisión y actualización del cuadrángulo de Andahuaylas (28-p), escala 1: 50 000 (Lipa et al. 2003); describe la geología e información relacionada a los cambios más resaltantes sobre la estratigrafía del sector. Además, señala de manera regional las unidades geomorfológicas donde se ubica el centro poblado de Huampica.

1.3. Aspectos generales

1.3.1. Ubicación

El centro poblado de Huampica, se sitúa en la margen izquierda del río Tocsama a 8 km al sureste del poblado de Andarapa (capital de distrito).

Políticamente se encuentra dentro del distrito Andarapa, provincia Andahuaylas, departamento Apurímac. (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	668028	8506874	-13.501488°	-73.447511°
2	669730	8506874	-13.501390°	-73.431790°
3	669730	8505875	-13.510420°	-73.431731°
4	668028	8505875	-13.510518°	-73.447453°
COORDENADA CENTRAL DE LA ZONA EVALUADA				
C	669063	8506307	-13.506553°	-73.437918°

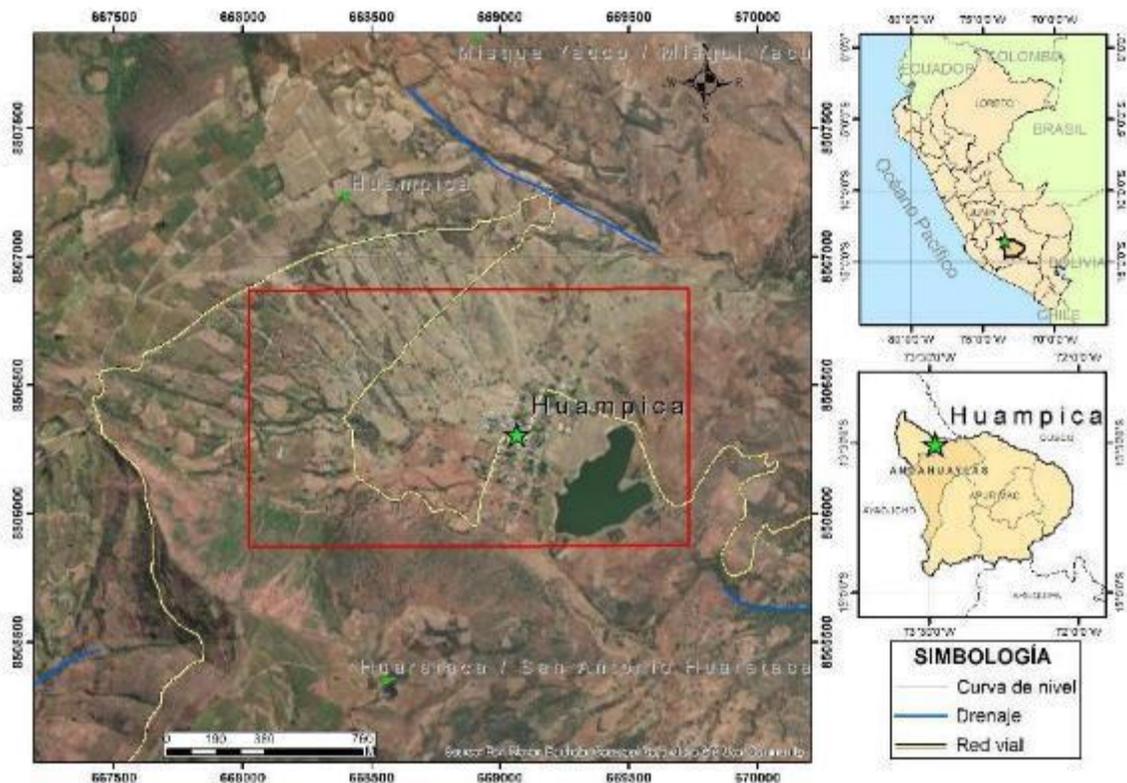


Figura 1. Ubicación del centro poblado de Huampica.

1.3.2. Accesibilidad

Se accede por vía terrestre, desplazándose desde la ciudad del Cusco (Ingemmet - OD Cusco), mediante la siguiente ruta (cuadro 1):

Cuadro 1. Rutas y accesos a la zona evaluada.

<i>Ruta</i>	<i>Tipo de vía</i>	<i>Distancia (km)</i>	<i>Tiempo estimado</i>
Cusco – Abancay	Asfaltada	196	4 h 21 min
Abancay – Andahuaylas	Asfaltada	146	3 h 12 min
Andahuaylas – Andarapa	Afirmado	34	1 h 8 min
Andarapa – Huampica	Afirmado	12	30 min

1.3.3. Clima

Tomando como referencia el mapa climático del SENAMHI (2020), y detallando la información local, se puede observar que, el centro poblado de Huampica presenta un clima templado semiseco con invierno seco.

Presenta una frecuencia de precipitación entre los meses de diciembre a marzo, cuyas lluvias acumuladas anuales son de 300 mm a 700 mm aproximadamente, además, en los meses de junio a septiembre presenta temperaturas máximas que oscilan entre 15°C a 21°C y mínimas entre 7°C a 11°C, con humedad atmosférica relativa de otoño e inviernos secos.

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 ladera 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 morfométrico 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.

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 para el estudio de peligros en la zona, fue elaborado teniendo como base al Boletín N°27. Geología de los cuadrángulos de Andahuaylas hoja 28-p, Abancay y Cotabambas. (Morocco, 1975); y la memoria descriptiva de la revisión y actualización del cuadrángulo de Andahuaylas (28-p), escala 1: 50 000 (Lipa et al., 2003). Describen las unidades litoestratigráficas de las formaciones Muñani, Vilquechico y Auzangate y los depósitos cuaternarios. La geología se complementó con trabajos de interpretación de imágenes satelitales, fotografías aéreas y observaciones de campo.

3.1. Unidades litoestratigráficas

En la zona evaluada y alrededores afloran rocas sedimentarias, entre ellas la Formación Muñani conformada por areniscas y limolitas pardo rojizas, Formación Vilquechico, conformada por areniscas cuarzosas en estratos gruesos con areniscas rojizas y la Formación Auzangate compuesta por areniscas cuarzosas con lodolitas rojizas en capas delgadas. Estas a su vez se presentan cubiertas por materiales recientes compuestos por depósitos de tipo proluvial y coluvio-deluvial, que fueron acumulados desde el Pleistoceno hasta la actualidad (Anexo 1 - Mapa 1).

3.1.1. Formación Vilquechico

Se encuentra compuesta por areniscas cuarzosas blanquecinas en estratos gruesos con areniscas rojizas, los que se pueden observar en las laderas al norte y al noreste del centro poblado.

Estas rocas se presentan de medianamente a muy fracturadas y moderadamente meteorizadas, los bloques sueltos que caen en la ladera serán los materiales arrastrados por los flujos futuros (Fotografía 1).



Fotografía 1: Arenisca cuarzosa, medianamente a muy fracturada y moderadamente meteorizada.

3.1.2. Formación Auzangate

Esta formación se encuentra ubicada en las laderas, hacia el sur y suroeste del centro poblado, compuesta por rocas areniscas cuarzosas intercaladas con lodolitas rojizas laminadas en capas delgadas.

Se presentan muy fracturadas a fragmentadas y altamente meteorizadas (Fotografía 2), además, se aprecia al sur del centro poblado los depósitos aluviales están compuestos en su totalidad por materiales provenientes de la Formación Muñani.



Fotografía 2: Lodolitas rojizas, se presentan muy fracturadas a fragmentadas y altamente meteorizadas.

3.1.3. Formación Muñani inferior

Se encuentra en la ladera y cima de los cerros al sur del centro poblado Huampica, conformada por areniscas pardo rojizas intercaladas con lutitas y limoarcillitas rojizas, las cuales se encuentran muy fracturadas a fragmentadas y altamente meteorizadas.

3.1.4. Depósito proluvial

Se encuentran sobre quebradas incipientes que surcan las laderas, alcanzan hasta la base del centro poblado y la laguna de Huampica.

Estos depósitos provienen de procesos de erosión de laderas y se generan con precipitaciones excepcionales.

Los materiales están constituidos por bloques de hasta 10 cm de diámetro (10%), gravas heterométricas (60%), con formas angulosas a sub angulosas, envueltos en matriz limosa arenosa (30%) (Fotografía 3) (Anexo 2 – descripción de formaciones superficiales 1).



Fotografía 3: Depósitos aluviales compuesto por bloques y gravas envueltas en matriz limo arenosa.

3.1.5. Depósito coluvio-deluvial

Depósitos que cubren las laderas de los cerros al sur del centro poblado hasta llegar a la quebrada Limacpampa, estos depósitos heterométricos presentan bloques subangulosos.

Los materiales provienen de procesos de remoción o movimientos en masa y reacomodo, originado por acción de aguas (infiltradas y de escorrentía) o por sismos. Los depósitos están constituidos por: bloques con diámetro de hasta 50 cm (30 %), gravas (30%), envueltos en matriz areno limosa (40%) (Figura 2) (Anexo 2 – descripción de formaciones superficiales 2).



Figura 2: Depósitos coluvio deluviales compuesto por bloques y gravas envueltas en matriz areno limosa.

3.2. Tectónica

Al sur de la zona evaluada se aprecia a la falla Matapuquio con un rumbo NO-SE y con movimiento inverso, presenta una gran amplitud de varios km, el cual pone en contacto a la Formación Pucará sobre secuencias de capas rojas del Cretácico superior hasta el Paleógeno (Lipa et al., 2003).

Además, está falla originó fracturamientos en las rocas de las formaciones Muñani y Auzangate presentando varias familias de fracturas condicionando que estos afloramientos se presentan fragmentados, originado inestabilidad.

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 el de elevaciones (Anexo 1 - Mapa 3), que se realizó con ayuda de un modelo de elevación digital de 12.5 m de resolución; tomada del satélite Alos Palsar (USGS).

De acuerdo al mapa de elevaciones, las cabeceras de los cerros que circundan el centro poblado de Huampica presentan en promedio una elevación de 3000 ms.n.m., los flujos de detritos que llegan al centro poblado se generan a elevaciones aproximadas de 2900

ms.n.m. y recorre hasta la plaza principal del centro poblado, el cual se encuentra a una altura de 2700 ms.n.m.

La zona donde se generan las cárcavas presenta terrenos con pendiente moderadas (5° - 15°) a fuertes (15° - 25°). Las zonas de la desembocadura de las quebradas presentan terrenos de pendiente suave (1° - 5°), donde se encuentra asentado el poblado de Huampica.

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, 2012). Asimismo, 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 y piedemonte (Anexo 1 - Mapa 4).

4.2.1. Unidad de montaña

Son geformas de carácter degradacional y erosional. Se consideran dentro de esta unidad 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 procesos que han originado su forma actual.

Subunidad de montañas en roca sedimentaria (RM-rs): representada por un relieve modelado en afloramientos rocosos de las Formaciones Vilquechico y Auzangate (compuesta principalmente por areniscas cuarzosas blancas en capas gruesas; areniscas rojizas y areniscas cuarzosas con lodolitas rojizas laminadas en capas delgadas).

Se aprecia circundando toda la ladera sureste del cerro Huanac presentando laderas con pendientes de moderadas a fuertes. (Fotografía 4).



Fotografía 4: Montaña en rocas sedimentarias con afloramientos de las Formaciones Vilquechico y Auzangate, con pendientes fuertes 14° promedio.

4.2.2. Unidad de piedemonte

Son geofomas de carácter depositacional y agradacional. Se consideran como formas de terrenos que constituyen la transición entre los relieves montañosos accidentados y las zonas planas de piedemonte. En particular para la zona, predominan terrenos generados por fuerzas de desplazamiento gravitacional como depósitos coluviales antiguos y recientes y depósitos de tipo glaciar – fluvial.

Subunidad de vertiente aluvio-torrencial (P-at): Están formadas por acumulaciones al pie de laderas, de materiales recientes, dispuestos en estratos, proviene de procesos de movimientos en masa de tipo flujo de detritos, donde sus materiales están siendo trasladados por acción de las aguas de escorrentía y gravedad.

En el centro poblado de Huampica, esta sub unidad se presenta en el mismo poblado y en las partes medias de las laderas hacia las partes bajas, su litológica se compone de bloques heterométricos con hasta 50 cm de diámetro y gravas en matriz de arena limosa, de naturaleza sedimentaria, donde las pendientes son moderadas a fuertes (5°-25°) (Fotografía 5).



Fotografía 5: Depósito aluvio-torrencial, presenta ladera con pendiente del terreno suaves.

5. PELIGROS GEOLÓGICOS

Los peligros geológicos reconocidos en la zona evaluada, corresponden a movimientos en masa de tipo flujo de detritos (PMA: GCA, 2007). Estos procesos son 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.

Los movimientos en masa, tienen como causas o condicionantes factores intrínsecos, como son la geometría del terreno, la pendiente, el tipo de roca, el tipo de suelos, el drenaje superficial–subterráneo y la cobertura vegetal. Se tiene como “detonantes” de estos eventos las precipitaciones pluviales periódicas y extraordinarias que caen en la zona, así como la sismicidad.

5.1. Peligros geológicos por flujo de detritos

Se evaluaron tres canales por donde discurrieron flujos de detritos. Estos procesos provienen de procesos de erosiones de ladera. Los materiales generados se desplazaron por las torrenteras.

Dos flujos, registrados en noviembre del 2023, afectaron a la comunidad. El material acarreado por los flujos llegó hasta la plaza principal del centro poblado, afectando 25 viviendas que se ubican adyacentes a los canales y la plaza. El depósito alcanzó una altura o espesor de hasta 45 cm (figura 3).



Figura 3: En verde se aprecian las torrenteras naturales con procesos de carcavamiento que confluyen en tres canales principales de color morado por donde discurrieron los flujos de detritos que alcanzaron al centro poblado.

Los pobladores del lugar comentan que los procesos (carcavamiento y flujos) se presentan desde que la zona se volvió netamente agrícola. Señalan que los agricultores limpian sus terrenos para la siembra y no queda plantas que sirva de soporte al suelo o que lo contenga ante las lluvias; además, se apreció que los materiales dispuestos sobre la roca tienen un espesor de hasta 50 cm (figura 4); estos materiales son fácilmente erosionados (figura 5).



Figura 4: Espesores de suelos que cobertura los substratos rocosos de areniscas.



Figura 5: Laderas de la comunidad de Huampica, destinados a uso agrícola.

Se tienen dos quebradas o cárcavas incipientes por donde recorrieron los flujos que llegaron hasta la plaza del centro poblado de Huampica, el primero pasa a 50 m al sur de la plaza de la comunidad, recorrió aproximadamente 2 km y traslado bolones de roca arenisca con diámetro de hasta 8 cm y gravas heterométricas de formas sub angulosas en

matriz areno limosa alcanzando la altura de 45 cm y afectó al menos 15 viviendas (figura 6).



Figura 6: Flujo 1 que llegó hasta la laguna de Huampica y recorrió 2 km, trasladando bolones y gravas en matriz arenolimososa.

El segundo flujo (Flujo 2), quebrada incipiente con cauce intermitente, que discurre a 124 m al norte de la plaza, recorrió 1.5 km. Al momento de desplazarse por el cauce de la quebrada fue adosando materiales, el flujo se bifurca hasta llegar a la plaza, llegando como lodo. Este evento afectó 10 viviendas, el depósito llegó hasta una altura de 45 cm (figura 7).



Figura 7: Flujo que se desvió y trasladó una parte de su material hasta la plaza principal de la comunidad depositando matriz arenolimososa, con recorrido aproximado de 1.5 km.

5.2. Factores condicionantes

Factor litológico-estructural

- Substrato rocoso compuesto de areniscas cuarzosas de las formaciones Muñani, Vilquechico y Ausangate, muy fracturadas a fragmentadas y altamente meteorizadas.
- Al sur de la zona evaluada se aprecia a la falla Matapuquio con un rumbo NO-SE, con movimiento inverso, la cual ha originado fracturamientos en las rocas de las formaciones Muñani y Ausangate con varias familias de fracturas. Esto genera afloramientos fragmentados, generando inestabilidad.
- Los depósitos proluviales compuestos por bloques de diámetro hasta 50 cm (10%), gravas heterométricas (60%), envueltos en matriz areno limosa (30%), de fácil erosión, adosados a las laderas de las quebradas, que puede ser material aportante para los nuevos flujos.

Factor geomorfológico

- La zona evaluada se encuentra circundada por montañas modeladas en rocas sedimentarias, con laderas con pendiente moderada (5° - 15°) a fuerte (15° - 25°), ello permite que los materiales sueltos en la ladera puedan perder la estabilidad fácilmente y ser arrastrados por corrientes de agua, de esta manera incrementa el material para la generación de flujos de detritos.
- Subunidad de vertiente aluvio-torrencial, modelando depósitos recientes con pendientes suaves (1° - 5°) a moderadas (5° - 15°) esta subunidad presenta terrenos de fácil remoción.

5.3. Factores detonantes o desencadenantes

- La presencia de lluvias intensas de corta duración y/o prolongadas. Genera saturación y erosión de los suelos reduciendo la estabilidad a los suelos poco compactos.

Según el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (Senamhi, 2023), en la estación meteorológica Andahuaylas, la más cercana a la comunidad evaluada y ubicada en el centro poblado del mismo nombre, se registró en el mes de noviembre del 2023 un total mensual de 102.9 mm de precipitación acumulada. Se puede ver que fue el mes con más cantidad de precipitación a finales de año, además, las lluvias acumuladas por infiltración pueden coincidir con la activación del evento (Figura 8, 9 y 10).

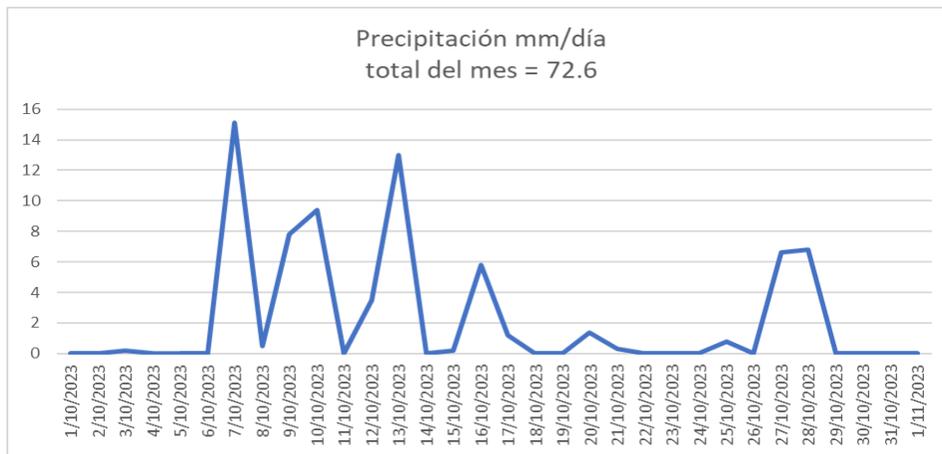


Figura 8. Registro de precipitaciones acumuladas diarias del mes de octubre del año 2023 en la estación Andahuaylas.

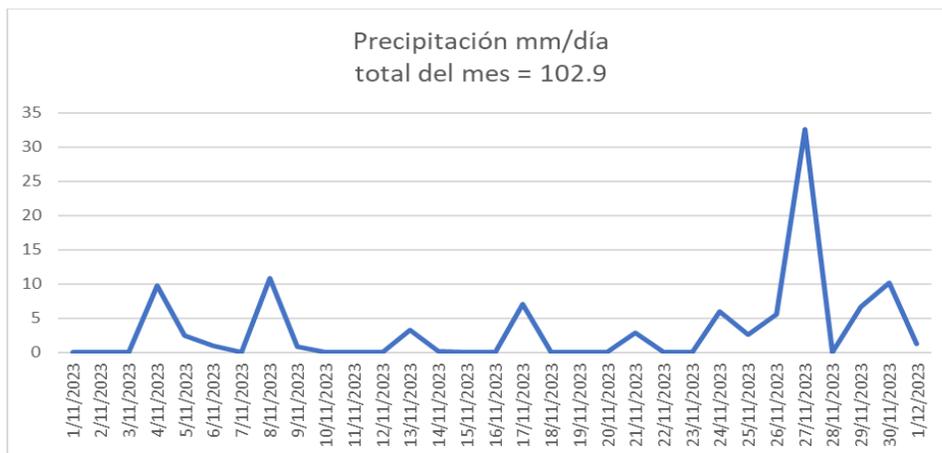


Figura 9. Registro de precipitaciones acumuladas diarias del mes de noviembre del año 2023 en la estación Andahuaylas.

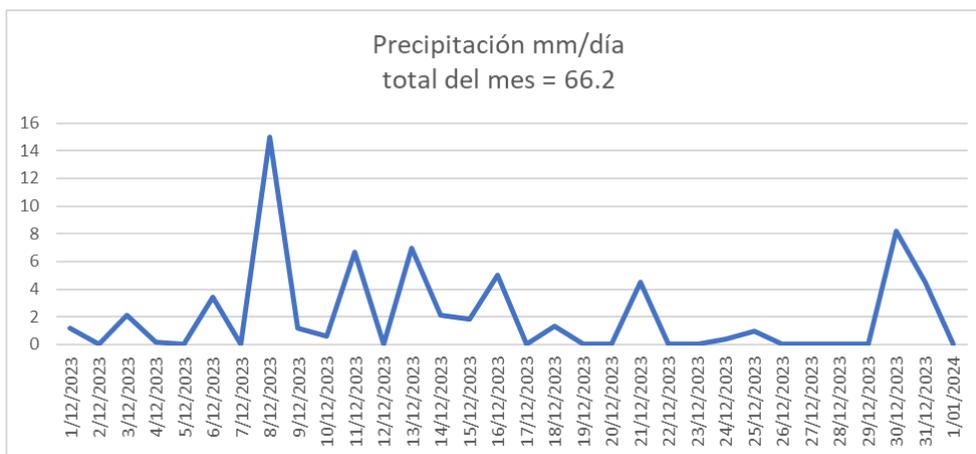


Figura 10. Registro de precipitaciones acumuladas diarias del mes de diciembre del año 2023 en la estación Andahuaylas.

6. CONCLUSIONES

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

- a) Los peligros geológicos identificados, corresponden a movimiento en masa (flujo de detritos) y otros peligros geológicos (erosión en cárcavas).
- b) Los procesos de erosión en cárcavas generaron materiales sueltos, que se canalizan por “quebradas incipientes”, que dan origen a flujos de detritos.
- c) En noviembre 2023. Se generaron flujos de detritos, sus depósitos llegaron hasta la plaza de armas del centro poblado de Huampica. Dichos flujos afectaron 25 viviendas. Los depósitos llegaron hasta una altura de hasta 45 cm.
- d) Los factores condicionantes del movimiento en masa son:
 - Presencia de substrato rocoso compuesto por areniscas cuarzosas de las formaciones Vilquechico y Ausangate, que se presentan muy fracturadas a fragmentadas y altamente meteorizadas.
 - los depósitos prolviales compuestos por bloques de hasta 10 cm de diámetro (10%), gravas heterométricas (60%), envueltos en matriz areno limosa (30%), de fácil erosión, adosados a las laderas de las quebradas, que puede generar nuevos eventos.
 - Respeto a la geomorfología, en la subunidad de montañas en roca sedimentaria con pendientes moderadas (5° - 15°) a fuertes (15° - 25°), ello permite que los materiales sueltos en la ladera puedan perder la estabilidad fácilmente y ser arrastrados por corrientes de agua.
 - La subunidad de piedemontes aluvio-torrencial, evidencia depósitos antiguos de flujos de detritos con pendiente suave (1° - 5°) a moderada (5° - 15°), con acumulaciones periódicas de material arrastrado en estratos que son de fácil erosión.
- e) Por las condiciones geológicas, geomorfológicas y geodinámicas, el centro poblado de Huampica, se considerada de **peligro alto** a la ocurrencia de flujos de detritos, los que pueden ser desencadenados en presencia de lluvias intensas y/o prolongadas.
- f) El factor desencadenante fue la presencia de lluvias intensas y/o prolongadas, Según el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (Senamhi, 2023), en la estación meteorológica Andahuaylas, se registró el mes de noviembre del 2023 un total mensual de 102.9 mm la mayor en esa parte del año.

7. RECOMENDACIONES

Las recomendaciones que a continuación se brindan tienen por finalidad mitigar el impacto de los peligros geológicos. Así mismo, la implementación de dichas medidas permitirá darle mayor seguridad a la población e infraestructura expuesta a los peligros antes mencionados.

- a) Para las torrenteras se deben realizar diques o trinchos transversales en sus canales construidos con materiales propios de la zona como troncos, ramas o rocas. La construcción debe realizarse con un componente poroso para permitir retener los sólidos y dar paso al agua con el fin de reducir las tensiones sobre la estructura.
- b) Dar mantenimiento a los canales y realizar limpieza periódica; con ello los flujos discurrirán libremente y se evitará afectaciones a viviendas.
- c) Forestar con vegetación nativa las laderas, mejorando así la compactación de los suelos.
- d) No realizar corte del talud en las laderas, más aún al sur de la comunidad de Huampica, debido a que el substrato rocoso se encuentra muy fracturado a fragmentado y con alta meteorización; características que lo hacen considerar como rocas de mala calidad y propensas a generar movimientos en masa.
- e) Realizar el estudio de faja marginal para poder tener una distancia segura de las viviendas que pueden ser inundadas, con respecto a los canales o cárcavas (quebradas incipientes) existentes.
- f) Implementar un Sistema de Alerta Temprana (SAT), con el fin de prevenir la generación de nuevos flujos de detritos o huaicos y brindar en tiempo real información ante la ocurrencia de cualquier evento de este tipo, para la evacuación de personas que se encuentren en el área de influencia de los eventos. Esto implica además determinar y señalar rutas de evacuación.
- g) Realizar la evaluación de riesgos (EVAR) por flujo de detritos, que cuente con un mapeo geológico al detalle, que es la base de este documento.



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



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

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.

Lipa V., Zuloaga A., & Linares E. 2003. Memoria descriptiva de la revisi3n y actualizaci3n del cuadr3ngulo de Andahuaylas (28-p). Escala 1:50 000. INGEMMET. 28 p.

Marocco R. 1975. Geolog3a de los cuadr3ngulos de Andahuaylas, Abancay y Cotabambas - Bolet3n A 27. Instituto de Geolog3a y Miner3a. 52 p.

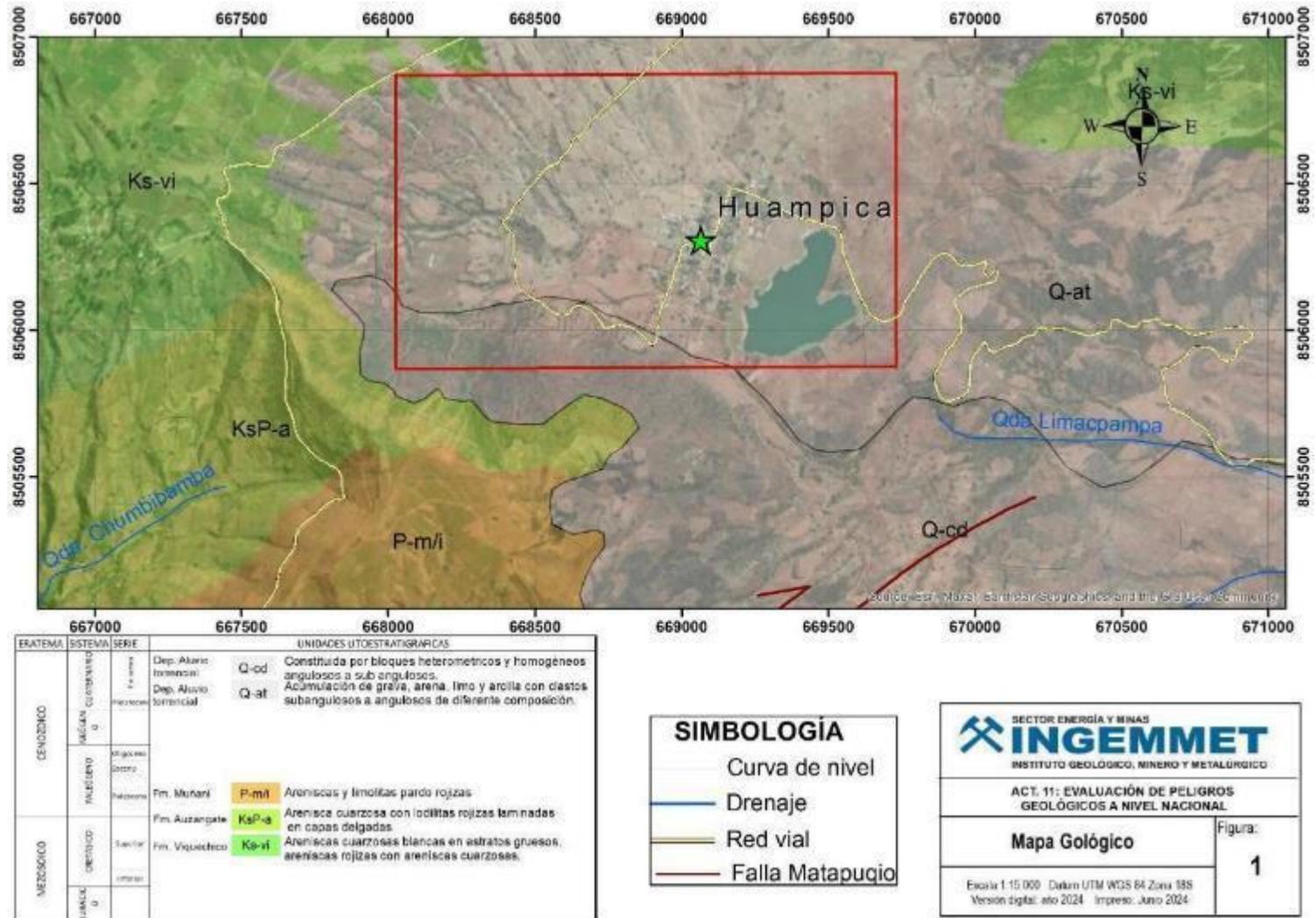
Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas (2007) - Movimientos en masa en la regi3n andina: una gu3a para la evaluaci3n de amenazas. Santiago: Servicio Nacional de Geolog3a y Miner3a, 432 p., Publicaci3n Geol3gica Multinacional, 4.

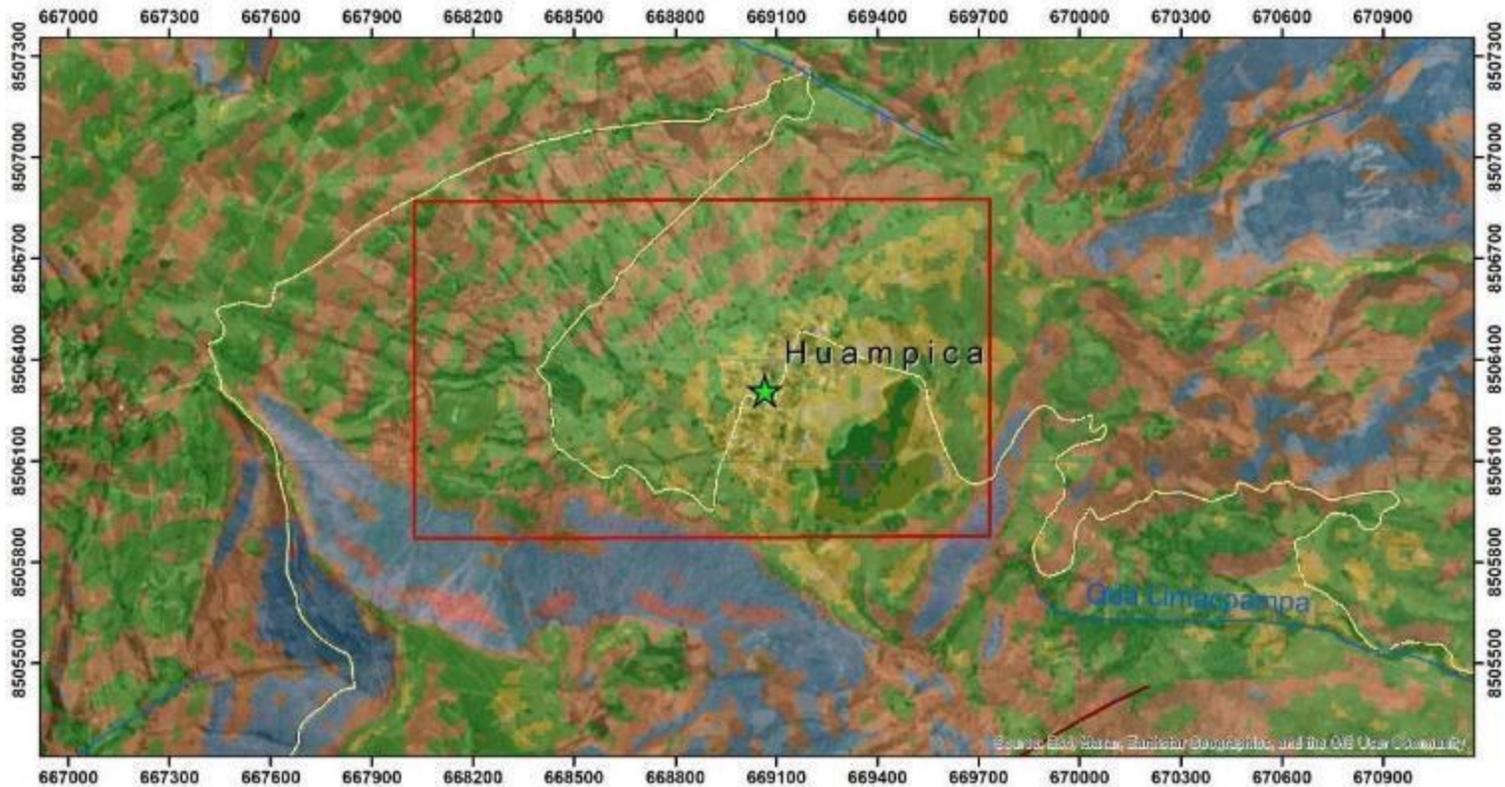
SENAMHI, 2020. Climas del Per3 Mapa de Clasificaci3n Clim3tica Nacional. Resumen Ejecutivo. 7 p.

Villacorta, S.; Valderrama, P, & Ronni, R. (2012) – Primer reporte de zonas cr3ticas por peligros geol3gicos y geo-hidrol3gicos en la Regi3n Apur3mac, INGEMMET, 46 p.

Villacorta, s. Valderrama, p. V3squez, E. Y Madue3o, M (2013). Segundo reporte de Zonas cr3ticas por peligros geol3gicos y geo-hidrol3gicos en la regi3n Apur3mac. INGEMMET, 46 p.

ANEXO 1: MAPAS



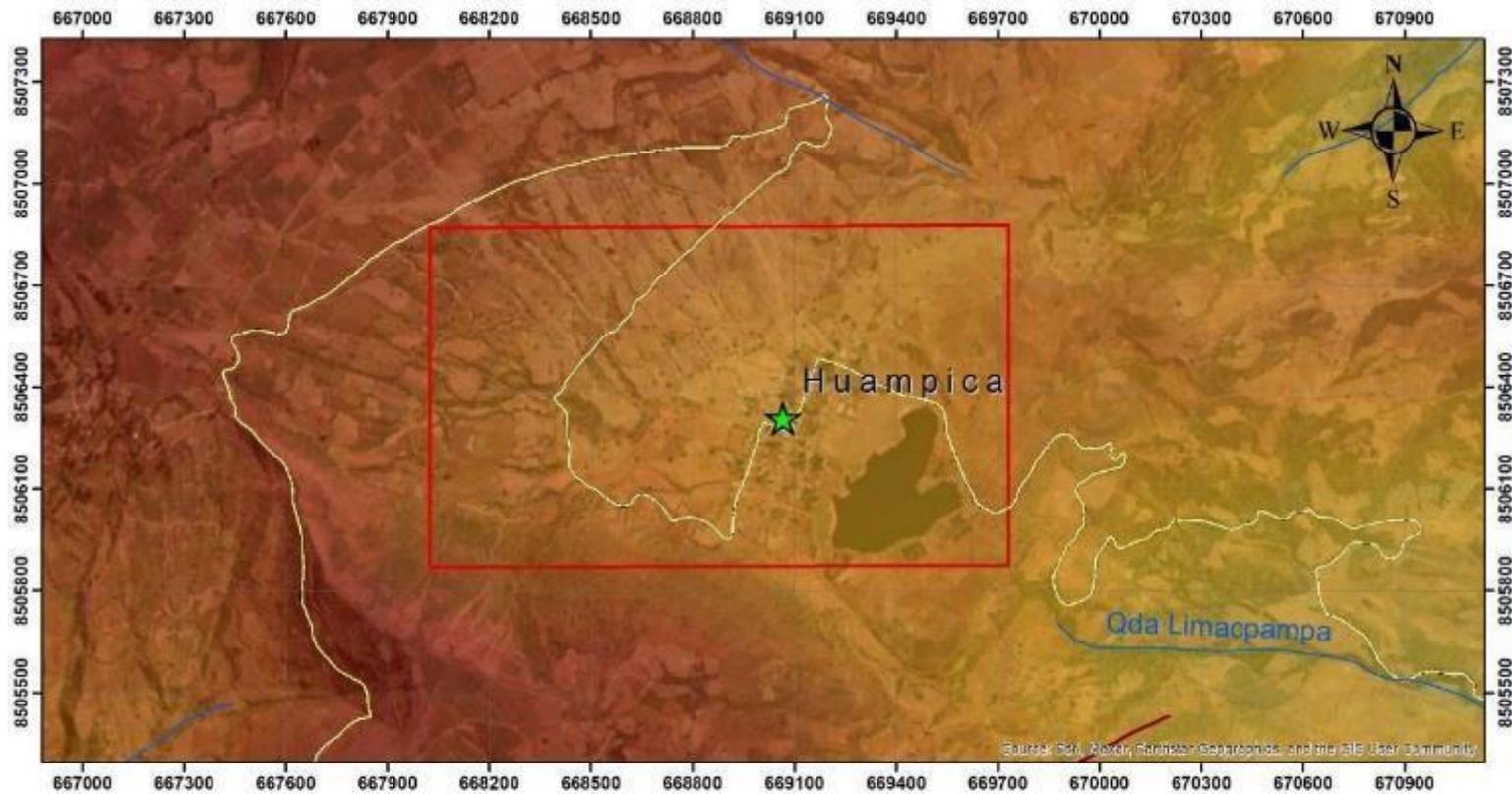


LEYENDA	
	(<math>< 1^\circ</math>) Terreno llano
	($1^\circ - 5^\circ$) Terreno inclinado con pendiente suave
	($5^\circ - 15^\circ$) Pendiente moderada
	($15^\circ - 25^\circ$) Pendiente fuerte
	($25^\circ - 45^\circ$) Pendiente muy fuerte o escarpada
	($45^\circ - 90^\circ$) Terreno muy escarpado

SIMBOLOGÍA	
	Curva de nivel
	Drenaje
	Red vial



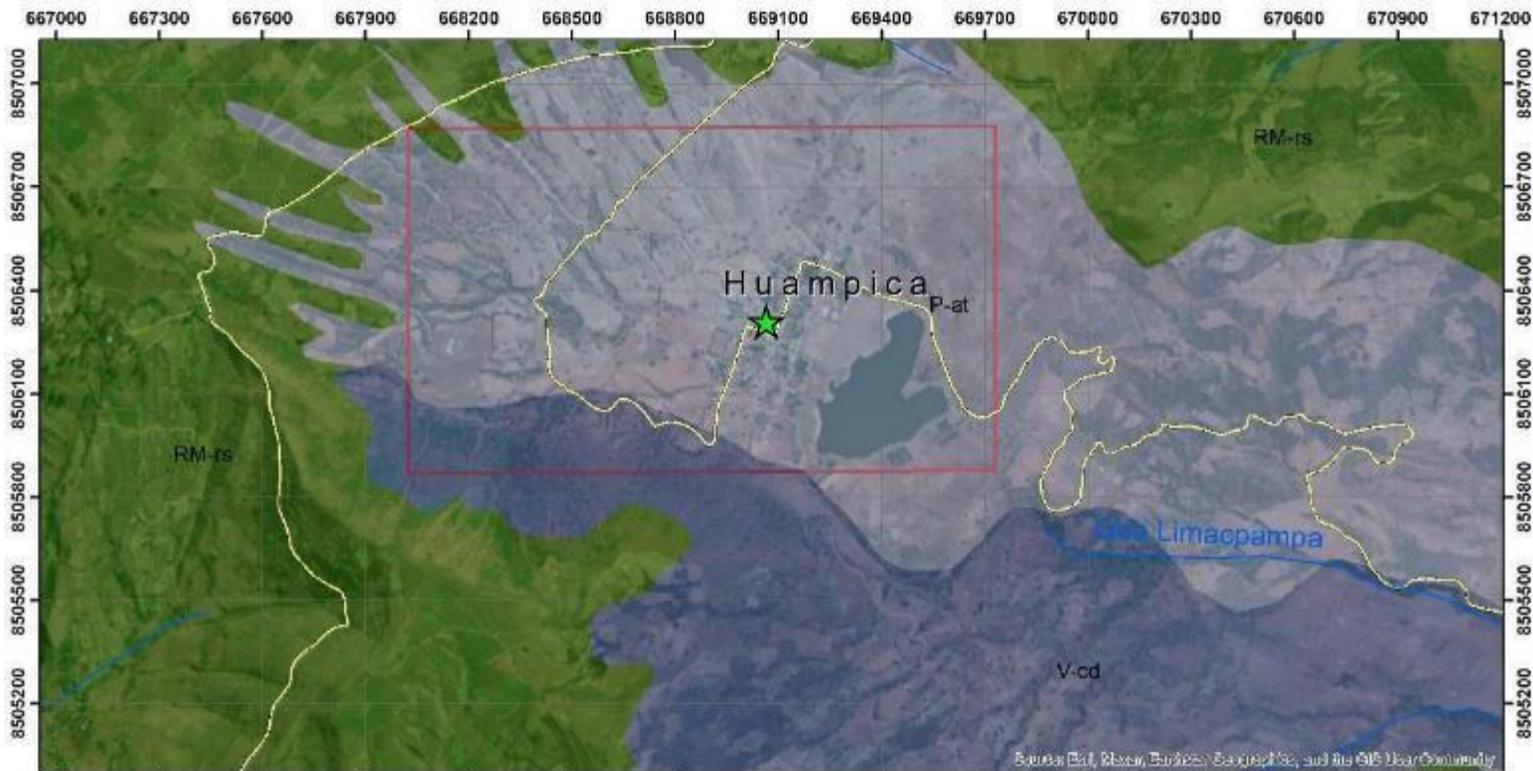
ACT. 11: EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL	
Mapa de Pendientes	Figura: 2
Escala 1:15 000 Datum UTM WGS 84 Zona 18S Versión digital: año 2024 Impreso: Junio 2024	



LEYENDA		
2,400.000001 - 2,450	2,700.000001 - 2,750	3,000.000001 - 3,050
2,450.000001 - 2,500	2,750.000001 - 2,800	3,050.000001 - 3,100
2,500.000001 - 2,550	2,800.000001 - 2,850	3,100.000001 - 3,150
2,550.000001 - 2,600	2,850.000001 - 2,900	3,150.000001 - 3,200
2,600.000001 - 2,650	2,900.000001 - 2,950	3,200.000001 - 3,250
2,650.000001 - 2,700	2,950.000001 - 3,000	

SIMBOLOGIA	
	Curva de nivel
	Drenaje
	Red vial

<p>SECTOR ENERGIA Y MINAS INGEMMET INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO</p>	
<p>ACT. 11: EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL</p>	
<p>Mapa de Elevación del Terreno</p>	<p>Figura: 3</p>
<p>Escala 1:15 000 - Datum UTM WGS 84 Zona 18S Versión digital: año 2024 - Impreso: Junio 2024</p>	



LEYENDA

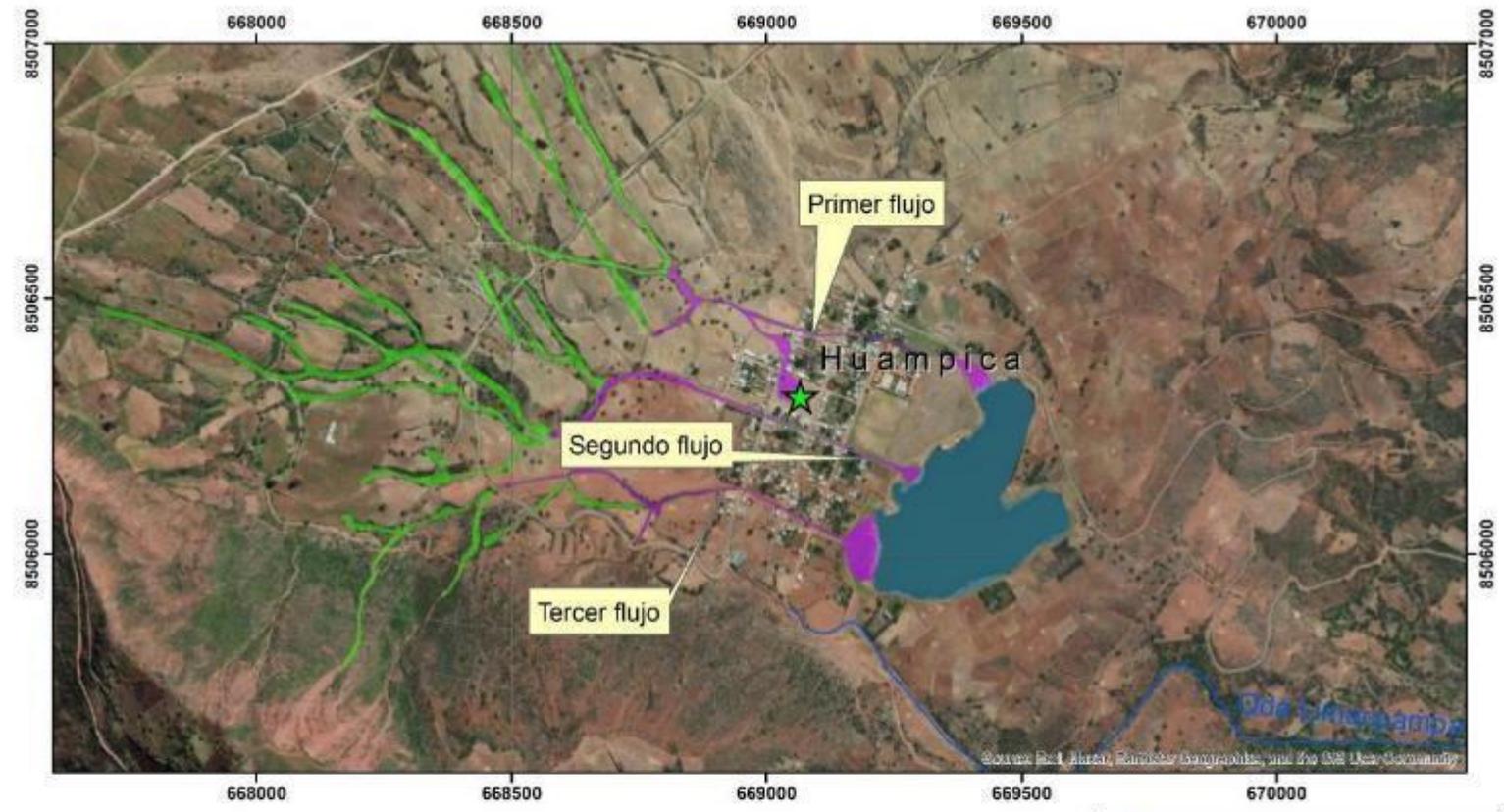
RM-rs	Montaña en roca sedimentaria
P-at	Vertiente o piedemonte aluvio-torrencial
V-cd	Vertiente o piedemonte coluvio-deluvial

SIMBOLOGÍA

	Curva de nivel
	Drenaje
	Red vial



<p>ACT. 11: EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL</p>	
<p>Mapa Geomorfológico</p>	<p>Figura: 4</p>
<p>Escala 1:10.000 - Datum UTM WGS 84 Zona 18S Versión digital: año 2024 - Impreso: Junio 2024</p>	



LEYENDA	
	Laguna
	Flujo de detritos
	Erosión en cárcava

SIMBOLOGIA	
	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 1:10.000 Datum UTM WGS 84 Zona 18S Versión digital: año 2024 Impreso: Junio 2024	

ANEXO 2: DESCRIPCIÓN DE FORMACIONES SUPERFICIALES 1

DESCRIPCIÓN DE FORMACIONES SUPERFICIALES							
		TIPO DE FORMACIÓN SUPERFICIAL	<input type="checkbox"/>	Eluvial	<input type="checkbox"/>	Lacustre	
			<input type="checkbox"/>	Deluvial	<input type="checkbox"/>	Marino	
			<input type="checkbox"/>	Coluvial	<input type="checkbox"/>	Eólico	
			<input type="checkbox"/>	Aluvial	<input type="checkbox"/>	Orgánico	
			<input type="checkbox"/>	Fluvial	<input type="checkbox"/>	Artificial	
			<input checked="" type="checkbox"/>	Proluvial	<input type="checkbox"/>	Litoral	
			<input type="checkbox"/>	Glaciar	<input type="checkbox"/>	Fluvio glaciar	
GRANULOMETRÍA		FORMA		REDONDES		PLASTICIDAD	
	%						
	Bolos	<input type="checkbox"/>	Esférica	<input type="checkbox"/>	Redondeado	<input type="checkbox"/>	Alta plasticidad
10	Cantos	<input type="checkbox"/>	Discoidal	<input checked="" type="checkbox"/>	Subredondeado	<input checked="" type="checkbox"/>	Med. Plástico
60	Gravas	<input checked="" type="checkbox"/>	Laminar	<input type="checkbox"/>	Anguloso	<input type="checkbox"/>	Baja Plasticidad
	Gránulos	<input type="checkbox"/>	Cilíndrica	<input type="checkbox"/>	Subanguloso	<input type="checkbox"/>	No plástico
15	Arenas						
15	Limos						
	Ardillas						
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 checked="" type="checkbox"/>	Arenoso	<input type="checkbox"/>	Carbonatos	<input type="checkbox"/>	Volcánicos
<input type="checkbox"/>	Lenticular	<input type="checkbox"/>	Aspero	<input type="checkbox"/>	Sulfatos	<input type="checkbox"/>	Metamórficos
						100	Sedimentarios
COMPACIDAD							
SUELOS FINOS				SUELOS GRUESOS			
Limos y Arcillas				Arenas		Gravas	
<input checked="" type="checkbox"/>	Blanda	<input checked="" type="checkbox"/>	Suelta	<input checked="" type="checkbox"/>	Suelta		
<input type="checkbox"/>	Compacta	<input type="checkbox"/>	Densa	<input 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 checked="" type="checkbox"/>	GW	<input type="checkbox"/>	GC	<input type="checkbox"/>	ML	<input type="checkbox"/>	CH
<input type="checkbox"/>	GP	<input type="checkbox"/>	SW	<input 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		

DESCRIPCIÓN DE FORMACIONES SUPERFICIALES 2

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	
	%						
	Bolos	<input type="checkbox"/>	Esférica	<input type="checkbox"/>	Redondeado	<input type="checkbox"/>	Alta plasticidad
30	Cantos	<input type="checkbox"/>	Disoidal	<input type="checkbox"/>	Subredondeado	<input checked="" type="checkbox"/>	Med. Plástico
30	Gravas	<input checked="" type="checkbox"/>	Laminar	<input checked="" type="checkbox"/>	Anguloso	<input type="checkbox"/>	Baja Plasticidad
	Gránulos	<input type="checkbox"/>	Cilíndrica	<input checked="" type="checkbox"/>	Subanguloso	<input type="checkbox"/>	No plástico
20	Arenas						
20	Limos						
	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 checked="" type="checkbox"/>	Arenoso	<input type="checkbox"/>	Carbonatos	<input type="checkbox"/>	Volcánicos
<input type="checkbox"/>	Lenticular	<input type="checkbox"/>	Aspero	<input type="checkbox"/>	Sulfatos	<input type="checkbox"/>	Matamórficos
						<input checked="" type="checkbox"/>	100 Sedimentarios
COMPACIDAD							
SUELOS FINOS				SUELOS GRUESOS			
Limos y Arcillas		Arenas		Gravas			
<input checked="" type="checkbox"/>	Blanda	<input checked="" type="checkbox"/>	Suelta	<input checked="" type="checkbox"/>	Suelta		
<input type="checkbox"/>	Compacta	<input type="checkbox"/>	Densa	<input 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 type="checkbox"/>	CL	<input type="checkbox"/>	OH
<input checked="" 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		