

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A7472

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR FLUJO DE DETRITOS EN EL RÍO ANANEA

Departamento Puno
Provincia San Antonio de Putina
Distrito Ananea



ENERO
2024

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR FLUJO DE DETRITOS EN EL RÍO ANANEA

(Distrito de Ananea, provincia San Antonio de Putina, departamento Puno)

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

Equipo de investigación:

David Prudencio Mendoza

Referencia bibliográfica

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2023). Evaluación de peligros geológicos por flujo de detritos en el río Ananea. Distrito de Ananea, provincia San Antonio de Putina, departamento Puno. Lima: Ingemmet, Informe Técnico A7472, 30 p.

ÍNDICE

RESUMEN	4
1. INTRODUCCIÓN	5
1.1. Objetivos del estudio	5
1.2. Antecedentes y trabajos anteriores	5
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 Ananea (SD-a)	9
3.1.2. Grupo Ambo (Cm-a)	10
3.1.3. Formación Arco Aja (Nm-aa)	10
3.1.4. Depósito Glaciar (Q-gl)	10
3.1.5. Depósito Fluvioglaciar (Q-fg)	10
3.1.6. Depósito aluvial (Q-al)	11
3.1.7. Depósito antropógeno (Q-an)	11
4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS	12
4.1. Pendientes del terreno	12
4.2. Unidades geomorfológicas	12
4.2.1. Unidad de montañas	12
4.2.2. Unidad de Piedemonte	13
4.2.3. Unidad de Planicie	14
4.2.4. Unidad de Origen Antrópico	14
5. PELIGROS GEOLÓGICOS Y/O GEOHIDROLÓGICOS	15
5.1. Peligros geológicos por movimientos en masa en la quebrada Ananea	15
5.1.1. Deslizamiento en la quebrada Ananea	17
5.1.2. Flujo de detritos en la quebrada Ananea	18
1.1.1. Factores Condicionantes	21
1.1.2. Factores Desencadenantes	21
6. CONCLUSIONES	22
7. RECOMENDACIONES	23
8. BIBLIOGRAFÍA	23
ANEXO 1: MAPAS	25

ANEXO 2: DESCRIPCIÓN DE FORMACIONES SUPERFICIALES..... 29

RESUMEN

El presente informe técnico es el resultado de la evaluación de peligros geológicos por flujo de detritos en la quebrada Ananea, perteneciente al distrito Ananea, provincia San Antonio de Putina, departamento Puno. Con este trabajo, el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico – Ingemmet, cumple con una de sus funciones que consiste en brindar asistencia técnica en peligros geológicos para los tres niveles de gobierno.

Las unidades litoestratigráficas que afloran en la zona evaluada, corresponden a pizarras y lutitas intercaladas con areniscas de la Formación Ananea y del Grupo Ambo, los cuales se encuentran muy fracturados y moderadamente meteorizados, cubiertos por depósitos glaciares, fluvioglaciares, aluviales y antropógenos, este último compuesto por materiales sueltos e inconsolidados de bloques (20%) gravas (60%) en matriz de arenas limos y arcillas (20%), los que se encuentran mal clasificados siendo de fácil erosión y remoción.

Las geoformas identificadas corresponden a las de origen tectónico-degradacional (montañas modeladas en rocas sedimentarias) y antrópicas, que configuran geoformas antropogénicas (Actividad minera), los cuales son rellenos antrópicos no consolidados.

El 26 de noviembre 2021, por la quebrada Ananea, discurrió un flujo de detritos (huaico); que en su trayecto acarreó bloques, gravas y material fino (Lama). El evento destruyó 7 viviendas 2 vehículos, 1 moto lineal, 630 m de vía y dejando afectaciones en 17 viviendas y 3200 m de Vía.

Los principales factores condicionantes para que se generen deslizamientos y flujos son los depósitos antropógenos conformados por relaves mineros y las laderas de los depósitos de relaves que presentan pendientes moderadas a fuertes (>18° en promedio) los cuales hacen al terreno susceptibles a la erosión y remoción. El factor desencadenante que originó la activación del flujo de detritos, fueron las lluvias intensas y/o prolongadas registradas durante el mes de noviembre 2021.

Por lo expuesto el área de estudio se considera como de **Peligro Alto a Muy Alto** a la ocurrencia de flujo de detritos (huaicos) que pueden ser reactivados en temporada de lluvias intensas y excepcionales.

Finalmente, se recomienda a la población de Ananea, retirar los materiales de relaves mineros, definir y mantener el canal de la quebrada y realizar un SAT, posteriormente efectuar estudios de evaluación de riesgos (EVAR), que determinen el reasentamiento de la población afectada (ubicada en el cauce de la quebrada).

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 la solicitud del Gobierno Regional de Puno, según Oficio N° 444-2022-GR-PUNO/GRRNyGA, en el marco de nuestras competencias se realizó una evaluación de peligros geológicos de tipo flujo de detritos, que afectó 17 viviendas, destruyó 7, afectó la vía Ananea - La Rinconada en 3200 m, destruyéndola 630 m, como también produjo la pérdida de 2 camionetas y 1 moto.

La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del Ingemmet designó a al Ingeniero David Prudencio, para realizar la evaluación de peligros geológicos, el trabajo de campo se realizó el 29 de mayo de 2023 y se contó con la colaboración de los representantes de la oficina de defensa civil del Gobierno Regional.

La evaluación técnica se realizó en 03 etapas: etapa de pre-campo con la recopilación de antecedentes e información geológica y geomorfológica del INGEMMET; etapa de campo a través de la observación, toma de datos (puntos GPS, tomas fotográficas), cartografiado, recopilación de información y testimonios de población local afectada; y para la etapa final de gabinete, se realizó el procesamiento de toda información terrestre y aérea adquirida en campo, fotointerpretación de imágenes satelitales, cartografiado e interpretación, elaboración de mapas, figuras temáticas y redacción del informe

Este informe se pone en consideración de la Municipalidad Distrital de Ananea, al Gobierno Regional de Puno 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) Evaluar y caracterizar los peligros geológicos por movimientos en masa ocurridos desde el 26 de noviembre del 2021 en el río Ananea y la laguna Sillacunca.
- b) Determinar los factores condicionantes y desencadenantes que influyen en la ocurrencia de los 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 la laguna Sillacunca y Río Ananea se tienen:

- A) Según el boletín N° 74, serie C, geodinámica e ingeniería geológica: “Peligros Geológicos en la Región Puno” (Gomez *et al.*, 2020); el estudio realizó un análisis de

susceptibilidad a movimientos en masa como flujos de detritos, deslizamientos, caídas y erosión fluvial, donde el trayecto desde la laguna de Sillacunca hasta el centro poblado de Ananea presenta susceptibilidad muy alta y alta. La susceptibilidad a movimientos en masa, es 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 la “Geología del cuadrángulo de Putina y La Rinconada (hojas 30x, 30y) (Chavez *et al.*, 1996); describe la geología a escala 1: 50 000, donde resalta los cambios más resaltantes sobre estratigrafía del Grupo Ambo, Formación Ananea y Formación Arco Aja que se observan en la microcuenca Ananea.
- C) En el boletín “Geología de los cuadrángulos de Putina (hojas 30x1, 30x2, 30x3, 30x4) y La Rinconada (hojas 30y1, 30y2, 30y3, 30y4) (Rodríguez *et al.*, 2021); describe la geología a escala 1: 50 000, información relacionada a los cambios más resaltantes sobre estratigrafía (Formaciones Ananea, Arco Aja y Grupo Ambo). Además, señala de manera regional las unidades geomorfológicas (montañas modeladas en rocas metamórficas) de la microcuenca Ananea.

1.3. Aspectos generales

1.3.1. Ubicación

El río Ananea y el centro poblado de Ananea se ubica al noreste del centro poblado de Puno (capital de departamento) y del lago Titicaca, a su vez la Laguna de Sillacunca se encuentra a 4 km al este del centro poblado de Ananea.

Políticamente se encuentra en el distrito de Ananea, provincia de San Antonio de Putina, departamento de Puno (figura 1), en coordenadas UTM (WGS84 – Zona 19 s) siguientes (cuadro 1):

Cuadro 1. Coordenadas de la zona evaluada

N°	UTM - WGS84 - Zona 18L		Geográficas	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
1	442000	8375200	-14.696°	-69.538°
2	442000	8378000	-14.670°	-69.538°
3	450100	8378000	-14.671	-69.463°
4	450100	8375200	-14.696°	-69.463°
COORDENADA CENTRAL DE LA ZONA EVALUADA O EVENTO PRINCIPAL				
C	442500	8377100	-14.679°	-69.534°

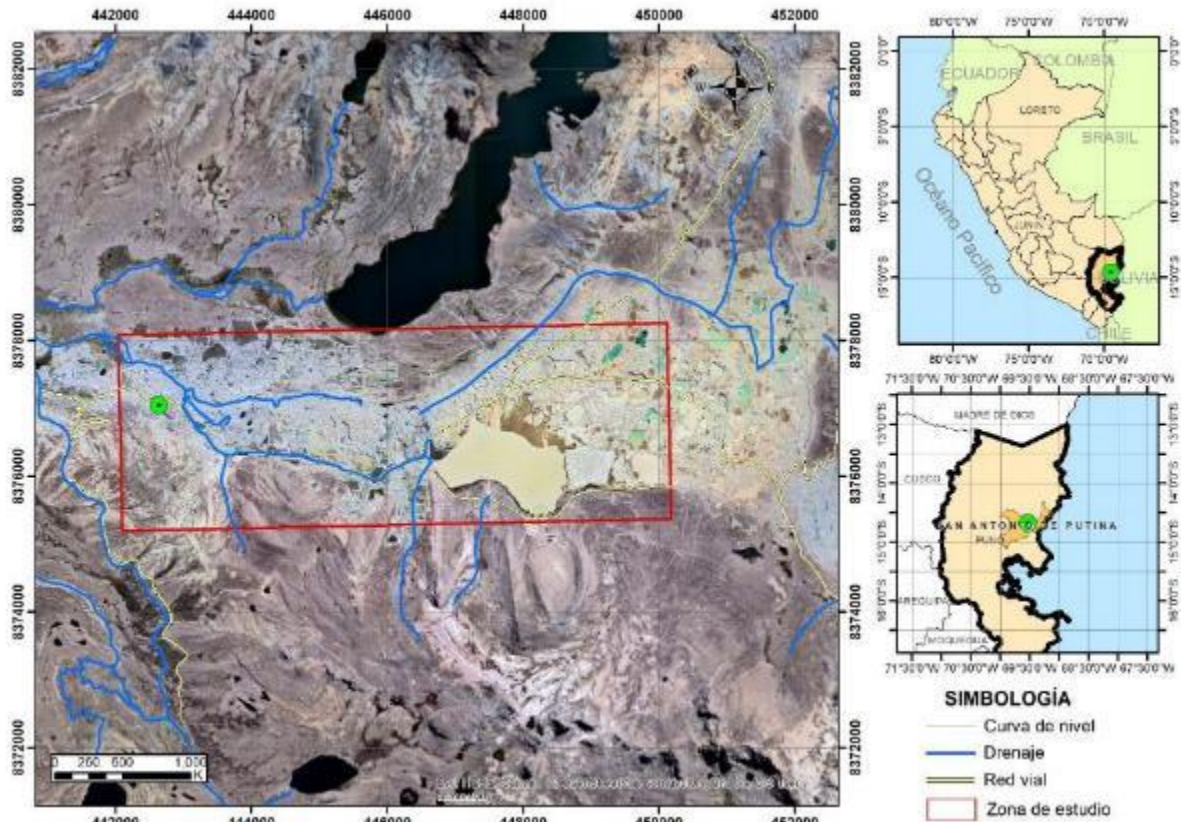


Figura 1. Ubicación del centro poblado de Ananea y la laguna Sillacunca.

Hidrográficamente las aguas de la laguna Sillacunca se vierten por el río Ananea, luego al río Inambari.

1.3.2. Accesibilidad

El acceso al centro poblado de Ananea y luego a la laguna de Sillacunca, por vía terrestre desde la ciudad del Cusco (Ingemmet-OD Cusco), se realizó mediante la siguiente ruta (cuadro 2):

Cuadro 2. Rutas y accesos hasta la Laguna Sillacunca

<i>Ruta</i>	<i>Tipo de vía</i>	<i>Distancia (km)</i>	<i>Tiempo estimado</i>
Cusco – Puno	Carretera asfaltada	387	6 h 50 minutos
Puno – Juliaca	Carretera asfaltada	35.1	50 minutos
Juliaca - Ananea	Carretera bicapa	150	2 h 53 minutos
Ananea – Laguna Sillacunca	Carretera bicapa	4	10 minutos

1.3.3. Clima

De acuerdo al mapa climático del SENAMHI (2020), y detallando la información local, se puede observar el centro poblado Ananea y alrededores presenta un clima de tipo lluvioso, semifrío y con humedad abundante todas las estaciones de año.

Presenta una frecuencia de precipitación durante todo el año, cuyas lluvias acumuladas anuales son de 700 mm a 900 mm, además, en presenta temperaturas máximas que oscilan entre 11°C a 15°C y mínimas entre -7°C y -3°C, con humedad atmosférica abundante todos los meses del año.

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.

Tabla 1. Precipitación pluvial diaria registrada en la Estación Ananea (SENAHMI, 2021)



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 se desarrolló en base al boletín Geología de los cuadrángulos de Putina (hojas 30x1, 30x2, 30x3, 30x4) y La Rinconada (hojas 30y1, 30y2, 30y3, 30y4) (Rodríguez *et al.*, 2021); se describe la geología a escala 1: 50 000; donde afloran rocas sedimentarias del Paleozoico sobre los que se apreciaron depósitos Cuaternarios. La cartografía geológica, se complementó con trabajos de interpretación de imágenes satelitales, fotos aéreas y observaciones de campo.

3.1. Unidades litoestratigráficas

Las unidades litoestratigráficas que afloran en la zona de estudio, son de origen sedimentario correspondientes a la Formación Ananea, Grupo Ambo y Formación Arco Ajo, los cuales se encuentran en las zonas altas de la quebrada, conformado por estratos de arcillas intercaladas con gravas y arena, lutitas negras intercaladas con areniscas, pizarras negras con esquistos. Estas unidades se encuentran cubiertas por depósitos antropógenos, aluviales y fluvio-glaciares y glaciares, que han sido acumulados desde el Pleistoceno hasta la actualidad (Anexo1: Mapa1).

3.1.1. Formación Ananea (SD-a)

Esta unidad aflora al suroeste del centro poblado Ananea, se ubican en las cimas de los cerros, en la margen izquierda del río del mismo nombre. Litológicamente está compuesta por Pizarras negras foliadas y esquistosas, la que se presentan moderadamente meteorizadas y muy fracturadas, por lo que puede generar pequeños derrumbes.

3.1.2. Grupo Ambo (Cm-a)

Aflora al suroeste del centro poblado de Ananea, se encuentra entre la Formación Ananea y el poblado. Litológicamente está conformado por lutitas negras intercaladas con areniscas gris claras dispuestas en estratos delgados. Además, junto al poblado, en coordenadas UTM (WGS 84): 442769 E, 8376961 S se observa el sustrato rocoso conformado por lutitas negras, las cuales se encuentran ligeramente meteorizadas y medianamente fracturadas, lo que puede generar pequeños derrumbes en sus laderas (fotografía 1).



Fotografía 1. Lutitas negras intercalada con areniscas gris clara, el paquete de lutitas tiene un espesor de más de 24 m.

3.1.3. Formación Arco Aja (Nm-aa)

Aflora al norte del centro poblado de Ananea fuera de la zona de estudio. Litológicamente está conformado por arcillas de color amarillento con intercalación de gravas y niveles de arena con lentes de arcilla (fotografía 1).

3.1.4. Depósito Glaciar (Q-gl)

Podemos ubicarlos en los bordes de la quebrada Ananea, generados por el retroceso glaciar lo que ha dejado morrenas con relieves de lomas y cumbre, los que se encuentran cubiertos y retrabajados en la quebrada ya mencionada por la actividad minera, están constituidos por bloques de rocas con diámetro menores a 30 cm y gravas en matriz arenosa; que son explotadas por la minería de la zona.

3.1.5. Depósito Fluvioglaciar (Q-fg)

Generados por el transporte de depósitos glaciares hacia zonas más bajas por acción de cursos de agua, por lo que se encuentran ubicados en los fondos y riveras de los ríos.

Se aprecian en la vertiente de la laguna Sillacunca hacia el río Ananea; están compuestos por bloques (20%), gravas (50%), en matriz de arenas y limos (30%) poco compactos de fácil remoción (Anexo 2 – descripción de formaciones superficiales 1) (figura 2).



Figura 2. Depósito fluvio glaciar ubicado en la vertiente de la laguna Sillacunca hacia el río Ananea.

3.1.6. Depósito aluvial (Q-al)

Se encuentran en los flancos de los valles y quebradas tributarias en forma de terrazas, constituido por gravas redondeadas envueltos en matriz arenosa, se aprecian en algunos bordes de la laguna Sillacunca y hacia el norte fuera de la zona de estudio, junto al río Ananea.

3.1.7. Depósito antropógeno (Q-an)

Estos depósitos son acumulaciones originados por la actividad antrópica sobre suelos naturales. Se originan por el trabajo minero que presenta el sector, en ambas márgenes del valle del río Ananea; están compuestos por bloques (20%) gravas (60%) en matriz de arenas limos y arcillas (20%). Se disponen sobre los depósitos glaciares, fluvio glaciar y aluvial, se encuentran desde la laguna Sillacunca hasta zonas más bajas del centro poblado Ananea (Anexo 2 – descripción de formaciones superficiales 2).

Estos depósitos de relaves mineros no se encuentran compactos, se aprecia que sus taludes presentan procesos de erosión que no están controlados (fotografía 2).



Fotografía 2. Depósitos de relaves mineros generando taludes de hasta 40 m de altura.

4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

4.1. Pendientes del terreno

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

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

En la zona evaluada, las laderas de morrenas pueden presentar mayormente terrenos con pendientes moderadas (5° - 15°) a fuertes (15° - 25°). También, se tienen terreno sobre depósitos más recientes con pendientes de suaves (1° - 5°) a moderada (5° - 15°). En el valle donde se produjo los flujos se presentan pendientes con promedio de 5° .

4.2. Unidades geomorfológicas

La determinación y caracterización de las unidades geomorfológicas (Anexo 1: Mapa 4), se complementaron y actualizaron en base al mapa geomorfológico regional a escala 1:100 000 elaborado por Gómez (2020).

Además, se consideraron criterios de control como: la homogeneidad litológica y caracterización conceptual en base a aspectos del relieve en relación a la erosión, denudación y sedimentación (Vílchez *et al*, 2020).

4.2.1. Unidad de montañas

Son geoformas de carácter degradacional y erosional. Se consideran dentro de esta unidad a elevaciones del terreno con alturas mayores a 300 m con respecto al nivel de base local,

diferenciándose la siguiente subunidad según el tipo de roca que la conforma y los procesos que han originado su forma actual.

Subunidad de montañas en rocas sedimentarias (RM-rs): Relieve modelado sobre el afloramiento rocoso del Grupo Ambo, conformadas por lutitas y areniscas, por sus características de estos materiales en la parte alta son disectados por una red de drenaje dendrítico; presenta laderas con pendientes moderadas a fuertes, en promedio 18°, con cimas subredondeadas (fotografía 3).



Fotografía 3. Vista del cerro Huerta, modelada en rocas sedimentaria, cuyas laderas en promedio presentan pendientes fuertes.

4.2.2. Unidad de Piedemonte

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

Subunidad de Morrenas (Mo): Comprende geoformas convexas suaves y alargadas, producidas por la acumulación de materiales heterométricos depositados por acción glaciar, durante el Pleistoceno Holoceno; conformados por bloques y gravas con formas angulosas, dispuestas sin estratificación u orden con matriz de limo y arcilla, Gomez & Pari (2020). Se aprecian mayormente en la margen izquierda de la quebrada Ananea junto a las montañas en roca sedimentaria; el día de la inspección se verificó que vienen siendo removidos por la actividad minera.

Subunidad de vertiente aluvial (V-al): Son planicies inclinada a ligeramente inclinadas y extendidas, formadas por la acumulación de sedimentos transportados por corrientes de agua, ubicadas al pie de las montañas formando abanicos en los cursos de ríos o quebradas que los originan; la pendiente de estos depósitos normalmente es suaves a moderadas (1°-15°), Gomez & Pari (2020).

En la zona de estudio estos depósitos fueron cubiertos o removidos por trabajos procedentes de la minería, los que se encuentran se pueden apreciar junto a la laguna Sillacunca presentando pendientes del terreno mayormente suaves.

4.2.3. Unidad de Planicie

Geoformas llanas cercanas a las riberas de una quebrada, pueden ser de gran extensión si abarcan zonas proximales a la costa.

Terraza baja aluviales (T-al): Son porciones de terreno plano que se encuentran dispuestos a los costados de la llanura de inundación o del lecho principal de un río. Podemos observar al norte, fuera de la zona de estudios, la altura a la que se encuentran estas terrazas indica que son depósitos recientes de sedimentación fluvial; estas geoformas han sido disectadas por las corrientes fluviales como consecuencia de la profundización del valle.

4.2.4. Unidad de Origen Antrópico

Son aquellos fenómenos que modifican o alteran de forma importante el desarrollo o manifestación de alguno de los procesos naturales (movimientos de ladera, erosión, inundaciones, procesos de sedimentación asociada, etc.) (Martín-Serrano et al., 2004), así como también aquellos que modifican el paisaje de forma drástica.

Actividad Minera (Am): Dentro de esta subunidad se han considerado rellenos artificiales de diferente tipo (desmontes y pilas de lixiviación), diques, presas, labores de explanación y nivelación, que son resultado de las labores de explotación, procesamiento y depositación de la actividad minera.

En la zona de estudio se aprecian rellenos artificiales como son los desmontes que se encuentran poco consolidados, producto de la actividad minera en la zona, además que, algunos rellenos funcionan como diques en las partes altas con el fin de retener el agua y generar cuerpos de agua para su posterior uso.



Fotografía 4. Vista hacia el este, se aprecian todos los rellenos artificiales que alcanza una altura de hasta 40 m.

5. PELIGROS GEOLÓGICOS Y/O GEOHIDROLÓGICOS

Los peligros geológicos reconocidos en la zona evaluada, corresponden a movimientos en masa de tipo flujo de detritos, deslizamientos y erosión de laderas (Proyecto Multinacional Andino: GCA, 2007). Estos procesos son resultado del proceso de modelamiento del terreno, así como la incisión sufrida en los cursos de 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 geometría y pendiente del terreno, tipo de roca, tipo de suelos, drenaje superficial-subterráneo y cobertura vegetal. Se tiene como “detonantes” las precipitaciones pluviales periódicas y extraordinarias que caen en la zona, así como la sismicidad que desestabilizan los taludes a cauda del movimiento.

5.1. Peligros geológicos por movimientos en masa en la quebrada Ananea

Para realizar la identificación en campo de los movimientos en masa, se contó con el acompañamiento de personal de la oficina de Defensa civil del Gobierno Regional de Puno, quienes comentaron los hechos ocurridos en la zona de estudio.

Los trabajos de minería en la quebrada Ananea vienen generando una geodinámica muy activa por la acumulación de material suelto de fácil remoción, que ante lluvias intensas estos van a ser removidos. Se aprecia en la quebrada rellenos por material de relave que se disponen en pilas, que alcanzan alturas de hasta 40 m aproximadamente, estos reducen el ancho del canal y algunos sectores ya no se reconoce el canal original del río (figura 3 y 4). Además, toda el agua de la Laguna y la quebrada están siendo transportados con motobombas a las zonas altas de sus rellenos para realizar los trabajos mineros (fotografía 5).



Figura 3. Aledaño al poblado se aprecia el talud, compuesto por rellenos de materiales de relaves depositados junto al canal de la quebrada Ananea, con una altura de 40 m.



Figura 4. Se aprecia el canal principal de la quebrada Sillacunca obstruida y con material de relaves.



Fotografía 5. Se aprecia que toda el agua de la quebrada viene siendo transportada a las partes altas de sus relaves.

En las laderas de los depósitos de relaves se puede apreciar deslizamientos y erosiones de laderas y colmatación de materiales finos en la laguna Sillacunca (Anexo 1: Mapa 5) el flujo de detritos ocurrido el 26 de noviembre del 2021, fue a causa de dos deslizamientos que obstruyeron el canal del río Ananea sumado a un desembalse de la laguna Sillacunca.

5.1.1. Deslizamiento en la quebrada Ananea

De acuerdo a lo comentado en los trabajos de campo, mencionan que el día 26 de noviembre del 2021, en coordenadas UTM: 444840 E; 8376268 S, se generaron dos deslizamientos en ambas márgenes de la quebrada, estos lograron represar la quebrada Ananea, el evento afecto 650 m de vía quedando destruida e intransitable (Figura 5), la que fue reconstruida, al momento de la inspección, la vía no presenta señales de lo ocurrido.



Figura 5. Fotografía tomada el día 26 de noviembre del 2021, se aprecian los deslizamientos en los depósitos de materiales de relaves ocasionados por una mala estructura de sus taludes y la infiltración de agua (Fuente: informe técnico N°019-2021-GR PUNO-ORGRDS).

Los deslizamientos se generaron sobre depósitos de relaves, los cuales no soportaron el peso del talud ni presentaron estabilidad, Las dimensiones no son reconocibles a la vista ya que inmediatamente ocurrido el suceso fueron reconstruidos (figura 6).



Figura 6. Foto tomada el día de la inspección, donde los deslizamientos ocurridos no son apreciables, por la reconstrucción de los taludes y de la vía Ananea – La Rinconada luego de ocurrido el evento.

5.1.2. Flujo de detritos en la quebrada Ananea

El mismo 26 de noviembre del 2021 se registró un flujo de detritos el cual afectó al poblado de Ananea, dejando 7 familias damnificadas, 24 familias afectadas, 2 vehículos y una moto que fueron arrastrados por el flujo, además de la captación de agua potable del centro poblado de Ananea y 3200 m de carreta.

Este flujo de detritos fue causado por el desembalse de la laguna Sillacunca sumado al material represado generado por los deslizamientos mencionados en la quebrada Ananea, el desembalse ocurrido, fue debido a que los aliviaderos de la laguna Sillacunca se encontraron obstruidos por los trabajos de movimiento de materiales en el sector y que hasta el día de la inspección siguen obstruidos, además que, la vía Ananea – La Rinconada pasa entre la laguna y la quebrada, en este tramo no presenta canales por donde discurran las aguas de la laguna a la quebrada (figura 7, 8 y 9).



Figura 7. Vista tomada el día 26 de noviembre del 2021, se aprecia la laguna Sillacunca drenando sus aguas al río Ananea y la vía Ananea - La Rinconada afectada por no tener canales de drenaje (Fuente: informe técnico N°019-2021-GR PUNO-ORGRDS).



Figura 8. Vista tomada el día de la inspección, se aprecia la laguna Sillacunca con rellenos de materiales finos, además, se aprecian sus aliviaderos obstruidos y la falta de drenajes entre la vía y la quebrada.



Figura 9. Vista tomada el día de la inspección, se aprecia la laguna Sillacunca con sus aliviaderas obstruidos por los depósitos de materiales de relaves y mangueras por dónde sacan las aguas para sus trabajos.

El flujo generado de la laguna Sillacunca en su trayecto socavo el cauce de la quebrada y se abrió paso retomando su curso antiguo hasta llegar al represamiento del deslizamiento en coordenadas UTM: 444840 E; 8376268 S, donde se represó nuevamente sumándose a los materiales deslizados antes mencionados, al romper el nuevo dique, el desembalse generó un flujo de lodos que alcanzó al centro poblado de Ananea llegando hasta el estadio de futbol del poblado, a esa altura se depositaron los materiales trasladados reduciendo su carga y pudo encausarse nuevamente al río Ananea (figura 10 y 11).



Figura 10. Se aprecia las afectaciones que dejó en un grifo afectado por el flujo que llegó al centro poblado de Ananea (foto tomada del informe técnico N°019-2021-GR PUNO-ORGRDS).



Figura 11. El flujo paso por las calles del centro poblado y también entro a algunas viviendas, dejando en situación de damnificados (foto tomada del informe técnico N°019-2021-GR PUNO-ORGRDS).

El flujo arrastro bloques de hasta 1m de diámetro, gravas y lodo, recorrió aproximadamente una distancia de 6 km desde el primer represamiento en la laguna Sillacunca hasta el centro poblado Ananea, en el poblado se aprecia que alcanzó una altura de 50 cm (figura 11)

1.1.1. Factores Condicionantes

Factor Antrópico

- Los depósitos de material de relave fueron dispuestos sin ningún criterio técnico y se ubican junto al canal del río Ananea, compuestos principalmente por materiales sueltos e inconsolidados, los que son de fácil erosión y remoción ante precipitaciones pluviales intensas.

Factor geomorfológico

- La quebrada Ananea se encuentra circundada principalmente por depósitos de materiales de actividad minera, los cuales geomorfológicamente pertenecen a la unidad de origen antrópico, que presentan poca consolidación, además que, algunos funcionan como diques en las partes altas para guardar agua; cuyas laderas presentan pendientes moderadas (5°- 15°) a fuertes (15°- 25°); esto permite que el material suelto disponible se erosione fácilmente y se remueva pendiente abajo por efecto de la gravedad y acción de las aguas de escorrentía.

Factor hidrológico - hidrogeológico

- La infiltración de las aguas de escorrentía sobre los rellenos artificiales, esto por ser materiales sueltos y poco consolidados, sumado a las aguas del río Ananea que fueron trasladados hacia las partes altas de estos depósitos sin ningún criterio técnico.

1.1.2. Factores Desencadenantes

- Según Senamhi (2020), en la estación meteorológica Ananea, los días previo flujo de detritos del 26 de noviembre, se registró 50 mm acumulados de precipitación pluvial, por lo cual esta cantidad de lluvias pueden desencadenar nuevos eventos.

6. CONCLUSIONES

1. El 26 de noviembre del 2021, la quebrada Ananea se activó y desencadenó un flujo de detritos, en su trayecto acarreó los materiales de la actividad minera, afectó 24 viviendas de las cuales 7 fueron destruidas, dejó 3200 m intransitables de la vía Ananea- La Rinconada y destruyó 630 m, además, 2 camionetas y 1 moto lineal fueron arrastradas por el flujo los que quedaron inservibles.
2. Debido a las condiciones geológicas, geomorfológicas y geodinámicas, la quebrada Ananea y la laguna Sillacunca son considerados como de **Peligro Alto a muy alto** a la ocurrencia de flujo de detritos (huaicos) que pueden ser desencadenados en temporada de lluvias intensas y excepcionales.
3. El flujo de detritos recorrió una distancia de 6km desde la laguna Sillacunca hasta el centro poblado de Ananea, arrastrando bloques de hasta 1 m de diámetro y en el centro poblado se aprecia que el flujo alcanzó una altura de 50 cm.
4. arrastro bloques de hasta 1m de diámetro, gravas y lodo, recorrió aproximadamente una distancia de 6 km desde el primer represamiento en la laguna Sillacunca hasta el centro poblado Ananea, en el poblado se aprecia que alcanzó una altura de 50 cm
5. Los factores condicionantes de los movimientos en masa son:
 - La quebrada Ananea, en parte se encuentran circundada por depósitos de origen antrópico, que consiste en acumulaciones de material de la actividad minera, estos se encuentran sueltos e inconsolidados y son de fácil erosión y remoción.
 - Geomorfológicamente las laderas de la unidad de origen antrópico presentan pendientes moderadas (5°- 15°) a fuertes (15°- 25°); donde los materiales sueltos son de fácil erosión y remoción pendiente abajo.
 - La infiltración de las aguas de escorrentía sobre los rellenos artificiales, sobrecargan los taludes y los desestabilizan.
6. El factor desencadenante para la ocurrencia de flujo de detritos en la quebrada Ananea, fueron las lluvias intensas registradas días antes al evento en el distrito de San Antonio de Putina (SENAMHI, 2020).

7. RECOMENDACIONES

1. Reubicar o reducir la altura de los depósitos de relaves a zonas que este fuera de la influencia del cauce de la quebrada Ananea, para realizar estos nuevos trabajos se deben hacer con personal técnico y con un análisis de estabilidad de taludes.
2. Realizar estudios de evaluación de riesgos (EVAR), que determinen el reasentamiento de la población afectada (ubicada en el cauce de la quebrada).
3. Implementar un Sistema de Alerta Temprana (SAT) para monitorear los huaicos que se generan en la quebrada Ananea. En la implementación se debe tener en cuenta la instalación de sensores, sistemas de comunicación, alarmas, entre otros, con el objetivo de tener avisos oportunos ante la ocurrencia de huaicos, para que la población pueda tomar las precauciones y salvaguardar sus vidas.
4. Realizar monitoreo visual y constante en la quebrada Ananea ante la posible reactivación de deslizamientos y represamiento por la ocurrencia de flujos, que pueden ser originados por precipitaciones pluviales intensas o excepcionales.
5. Solicitar estudios para la demarcación de la faja marginal del río Ananea, con la finalidad de evitar ocupaciones con depósitos de materiales en las márgenes del río.
6. Descolmatar continuamente y encausar la quebrada Ananea, respetando el cauce natural.
7. Realizar charlas de sensibilización y concientización sobre peligro y riesgo a las que se encuentran expuestos los pobladores de Ananea.



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

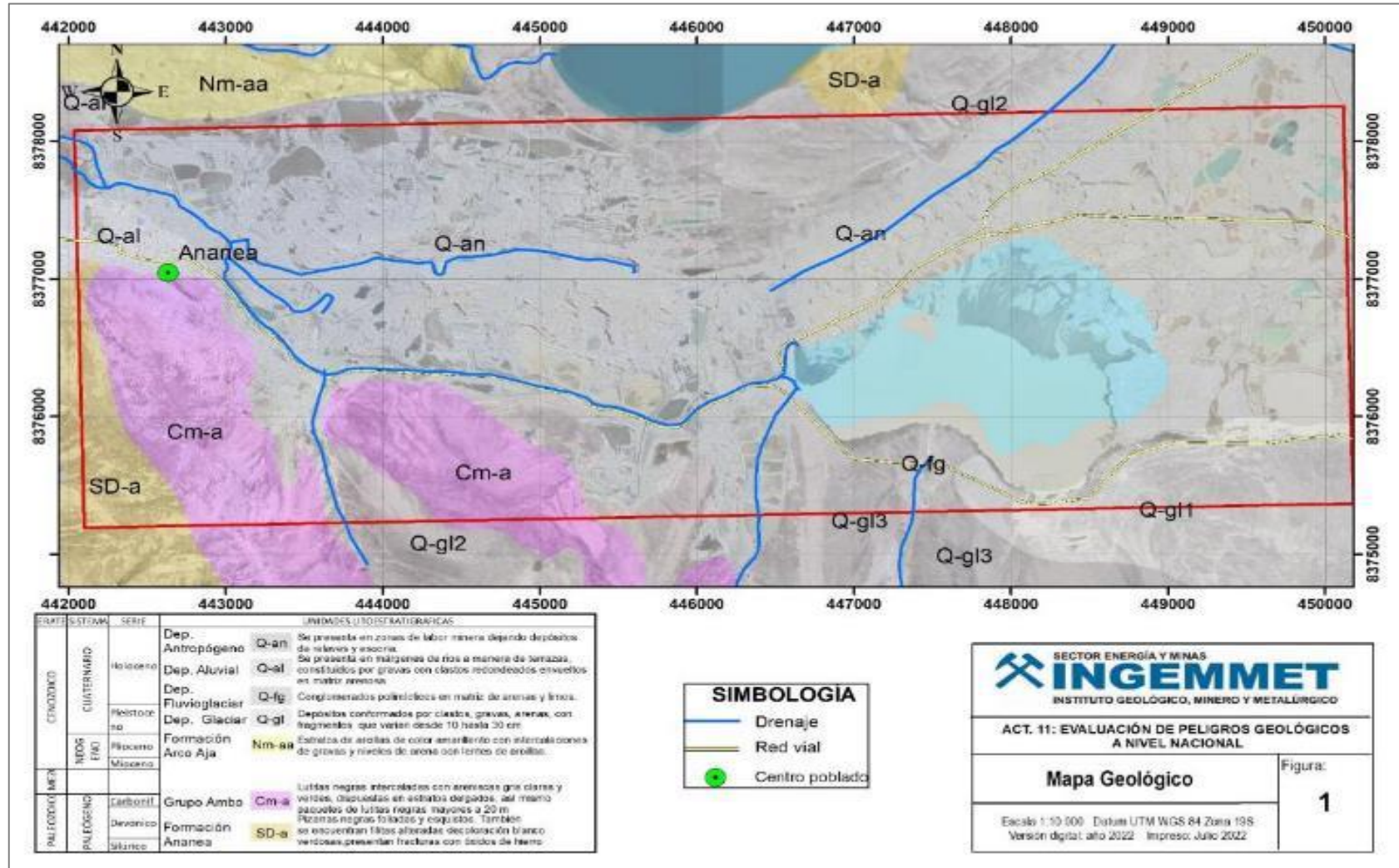


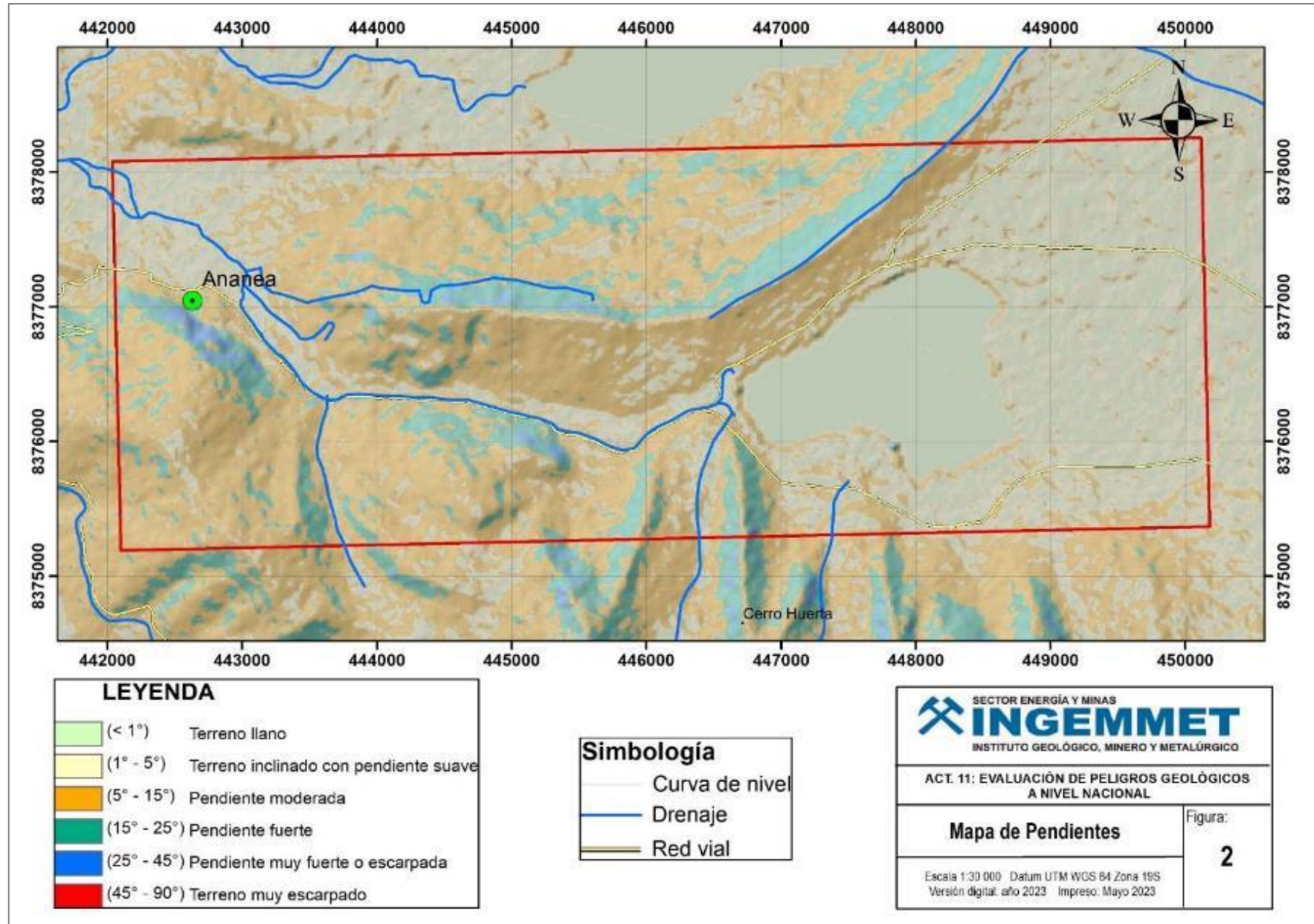
ING. JERSY MARIÑO SALAZAR
Director (e)
Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico
INGEMMET

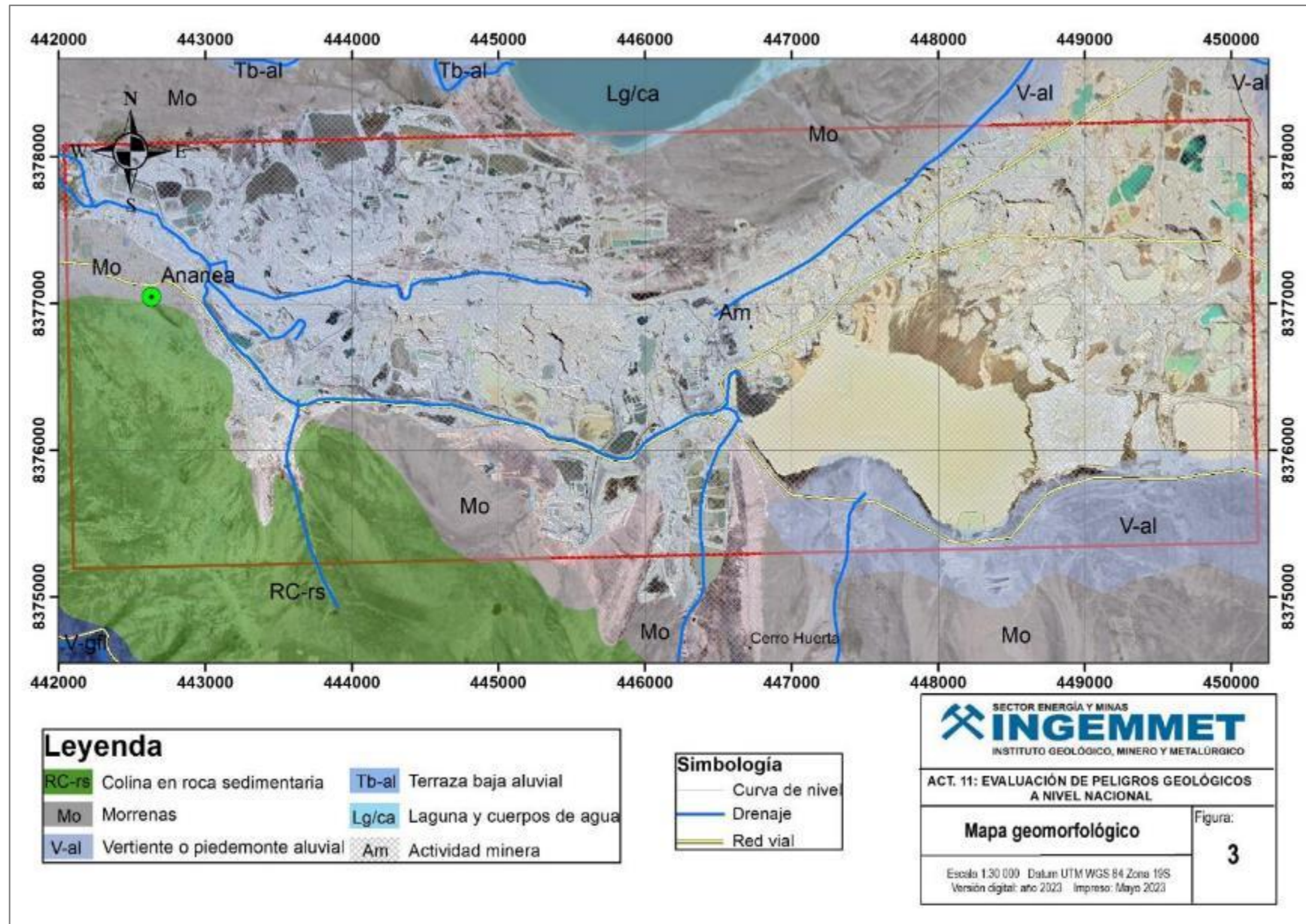
8. BIBLIOGRAFÍA

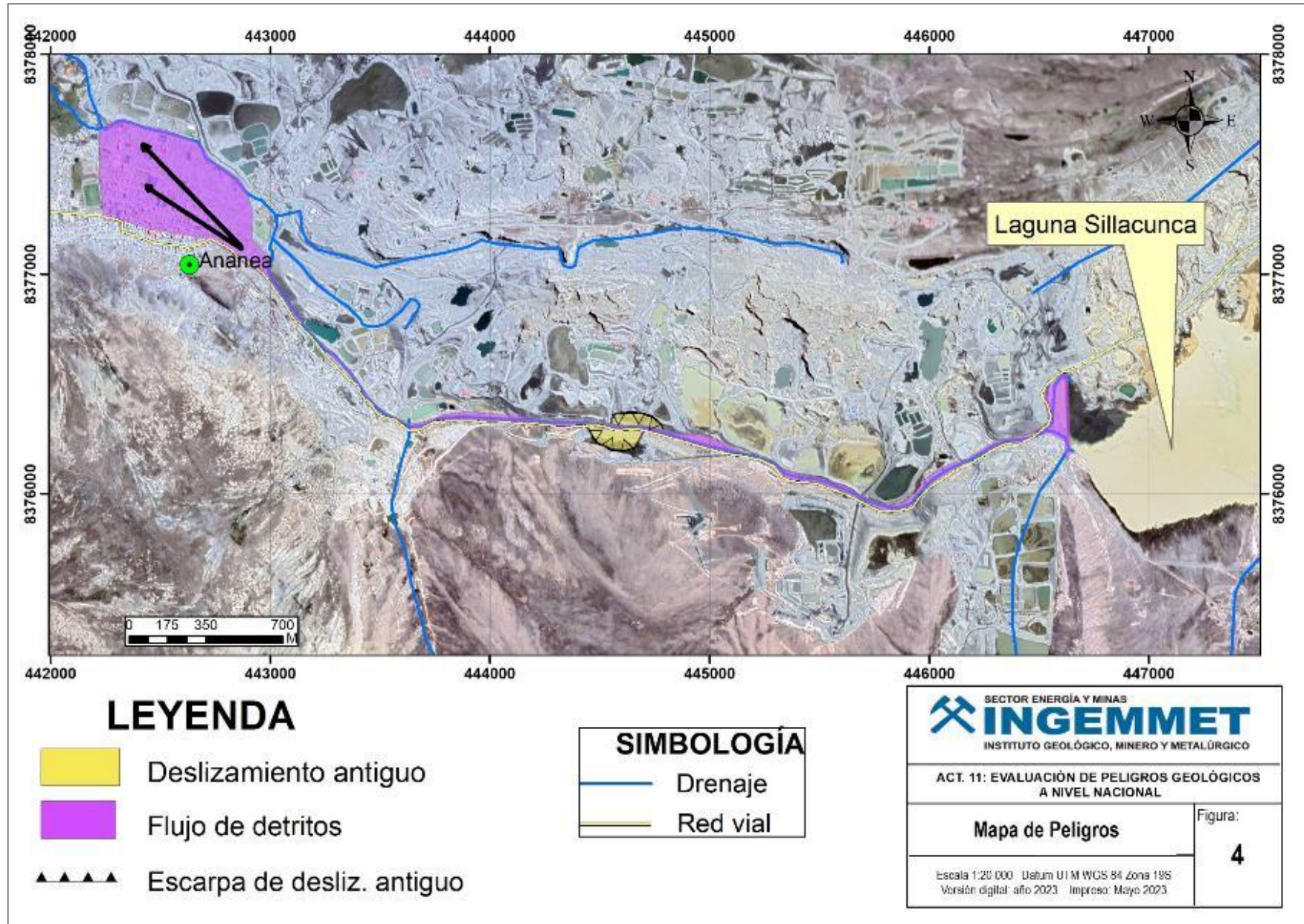
- Chávez, A.; Salas, G.; Cuadros, J.; Guitiérrez, E. (1996) - Geología de los cuadrángulos de Putina y La Rinconada (Hojas 30-x y 30-y). INGEMMET, Boletín N°66, Serie A: Carta Geológica Nacional, 178 p, 2 mapas.
<https://hdl.handle.net/20.500.12544/188>
- Cruden, D.M. & Varnes, D.J. (1996) - Landslides 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.
- Gomez, H. & Pari, W. (2020) - Peligro geol3gico en la regi3n Puno. INGEMMET, Bolet3n, Serie C: Geodin3mica e Ingenier3a Geol3gica, 77, 236 p., 9 mapas.
- Instituto Geol3gico Minero y Metal3rgico (2003) - Estudio de riesgos geol3gicos del Per3, Franja N3 3. Ingemmet, Bolet3n, Serie C: Geodin3mica e Ingenier3a Geol3gica, 28, 373 p.
- 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.
- Servicio Nacional de Meteorolog3a e Hidrolog3a (2021) – SENAMHI..
<https://www.senamhi.gob.pe/?p=estaciones>
- Rodr3guez, R.; Fabi3n, C.; Choquehuanca, S.; S3nchez, E & Del Castillo, B. (2021)
- Geolog3a de los cuadr3ngulos de Putina (hojas 30x1, 30x2, 30x3, 30x4) y La Rinconada (hojas 30y1, 30y3, 30y4). INGEMMET, Bolet3n, Serie L: Actualizaci3n Carta Geol3gica Nacional (Escala 1:50 000), 5, 70p, 7 mapas.
<https://repositorio.ingemmet.gob.pe/handle/20.500.12544/1500> \ "files
- V3lchez, M. & Sosa, N. (2015) – Zonas cr3ticas por peligros geol3gicos en la regi3n Cusco. Informe t3cnico geolog3a ambiental. Ingemmet, 100 p.
<https://repositorio.ingemmet.gob.pe/handle/20.500.12544/2026>
- V3lchez, M.; Sosa, N.; Pari, W. & Pe3a, F. (2020) - Peligro geol3gico en la regi3n Cusco. Ingemmet. Bolet3n, Serie C: Geodin3mica e Ingenier3a Geol3gica, 74, 155 p.
<https://repositorio.ingemmet.gob.pe/handle/20.500.12544/2564>
- Villota, H. (2005) - Geomorfolog3a aplicada a levantamientos edafol3gicos y zonificaci3n f3sica de tierras. 2. ed. Bogot3: Instituto Geogr3fico Agust3n Codazzi, 210 p.

ANEXO 1: MAPAS









ANEXO 2: DESCRIPCIÓN DE FORMACIONES SUPERFICIALES
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 type="checkbox"/>	Proluvial	<input type="checkbox"/>	Litoral		
			<input type="checkbox"/>	Glaciar	<input checked="" type="checkbox"/>	Fluvio glaciar		
GRANULOMETRÍA			FORMA	REDONDES	PLASTICIDAD			
	%							
<input type="checkbox"/>	20	Bolos	<input checked="" type="checkbox"/>	Esférica	<input type="checkbox"/>	Redondeado	<input type="checkbox"/>	Alta plasticidad
<input type="checkbox"/>		Cantos	<input type="checkbox"/>	Discoidal	<input checked="" type="checkbox"/>	Subredondeado	<input checked="" type="checkbox"/>	Med. Plástico
<input type="checkbox"/>	50	Gravas	<input type="checkbox"/>	Laminar	<input type="checkbox"/>	Anguloso	<input type="checkbox"/>	Baja Plasticidad
<input type="checkbox"/>		Gránulos	<input type="checkbox"/>	Cilíndrica	<input checked="" type="checkbox"/>	Subanguloso	<input type="checkbox"/>	No plástico
<input type="checkbox"/>	15	Arenas						
<input type="checkbox"/>	15	Limos						
<input type="checkbox"/>		Arcillas						
		ESTRUCTURA		TEXTURA		CONTENIDO DE	%	LITOLOGÍA
<input checked="" type="checkbox"/>		Masiva	<input type="checkbox"/>	Harinoso	<input type="checkbox"/>	Materia Orgánica	<input type="checkbox"/>	Intrusivos
<input type="checkbox"/>		Estratificada	<input type="checkbox"/>	Arenoso	<input type="checkbox"/>	Carbonatos	<input type="checkbox"/>	Volcánicos
<input type="checkbox"/>		Lenticular	<input checked="" type="checkbox"/>	Aspero	<input type="checkbox"/>	Sulfatos	<input type="checkbox"/>	50 Matamórficos
							<input type="checkbox"/>	50 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		

DESCRIPCIÓN DE FORMACIONES SUPERFICIALES 2

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 checked="" type="checkbox"/>	Artificial		
			<input type="checkbox"/>	Proluvial	<input type="checkbox"/>	Litoral		
			<input type="checkbox"/>	Glaciar	<input type="checkbox"/>	Fluvio glaciar		
GRANULOMETRÍA		FORMA		REDONDES		PLASTICIDAD		
	%							
<input type="checkbox"/>	20	Bolos	<input checked="" type="checkbox"/>	Esférica	<input type="checkbox"/>	Redondeado	<input type="checkbox"/>	Alta plasticidad
<input type="checkbox"/>		Cantos	<input type="checkbox"/>	Discoidal	<input checked="" type="checkbox"/>	Subredondeado	<input checked="" type="checkbox"/>	Med. Plástico
<input type="checkbox"/>	60	Gravas	<input type="checkbox"/>	Laminar	<input type="checkbox"/>	Anguloso	<input type="checkbox"/>	Baja Plasticidad
<input type="checkbox"/>		Gránulos	<input type="checkbox"/>	Cilíndrica	<input type="checkbox"/>	Subanguloso	<input type="checkbox"/>	No plástico
<input type="checkbox"/>	10	Arenas						
<input type="checkbox"/>	10	Limos						
<input type="checkbox"/>		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"/>	50 Matamórficos	
						<input type="checkbox"/>	50 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 checked="" 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			