

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A7607

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR MOVIMIENTOS EN MASA DEL CENTRO POBLADO DE ICHOCA Y ALREDEDORES

Departamento: Ancash

Provincia: Huaraz

Distrito: Huaraz



MARZO
2025

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR MOVIMIENTOS EN MASA DEL CENTRO POBLADO DE ICHOCA Y ALREDEDORES

Distrito Huaraz, provincia Huaraz, departamento Ancash



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

Equipo técnico:

Norma Luz Sosa Senticala

Referencia bibliográfica

Sosa, N. (2025). *Evaluación de Peligros geológicos por movimientos en masa del centro poblado de Ichoca y alrededores*. Distrito y provincia de Huaraz, departamento Áncash. Lima: INGEMMET, Informe Técnico A7607, 48 p.

ÍNDICE

RESUMEN	5
1. INTRODUCCIÓN	6
1.1. Objetivos del estudio	6
1.2. Antecedentes y trabajos anteriores	6
1.3. Aspectos generales	8
a) Ubicación	8
b) Accesibilidad	8
c) Poblado	8
d) Clima	10
e) Uso de suelo	10
f) Zonificación sísmica	11
g) Fallas activas	11
2. DEFICIONES GEOLÓGICAS	12
3. ASPECTOS GEOLÓGICOS	15
3.1. Unidades litoestratigráficas	15
3.1.1. Formación Lloclla (Np-II/2)	15
3.1.2. Depósitos cuaternarios	17
a) Vertiente coluvio-deluvial (Q-cd):	17
b) Depósito aluvial (Q-al):	17
c) Depósito fluvial (Q-fl)	18
d) Depósito proluvial (Q-pl):	18
e) Depósito glaciar, fluvial (Q-glfl)	18
4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS	19
4.1. Pendientes del terreno	19
4.2. Índice topográfico de humedad	20
4.3. Unidades geomorfológicas	23
4.3.1. Geoformas de carácter tectónico degradacional y erosional	23
4.3.2. Geoformas de carácter depositacional y agradacional	24
5. PELIGROS GEOLÓGICOS	26
5.1. Peligros geológicos por movimientos en masa	26
5.1.1. Flujo del centro poblado de Ichoca	27
5.1.2. Erosión de laderas	35
5.2. Factores condicionantes	38
5.3. Factores desencadenantes	39

5.4.	Daños ocasionados por el flujo de detritos.....	39
6.	CONCLUSIONES.....	41
7.	RECOMENDACIONES	42
8.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	43

RESUMEN

El Ingemmet, ente técnico-científico que desarrolla a través de los proyectos de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (DGAR) la “Servicio de Asistencia técnica en evaluación de peligros geológicos a nivel nacional (ACT. 16)”, contribuye de esta forma con entidades gubernamentales en los tres niveles de gobierno mediante el reconocimiento, caracterización y diagnóstico del peligro geológico.

En el contexto litológico afloran en el Centro Poblado de Ichoca y alrededores, depósitos de conglomerados mal clasificados, con medidas de 0.08 a 3 mm clastos polimícticos de areniscas e intrusivos, con coloración gris a rojizos, Geotécnicamente estos depósitos se encuentran altamente meteorizadas (A4) a muy fracturada (F4). También se tienen depósitos coluvio-deluviales originados por deslizamientos y derrumbes, así como depósitos proluvial, aluvial y fluvial.

Las unidades geomorfológicas identificadas son colinas y lomadas en roca sedimentaria con pendiente de terreno fuerte a muy escarpada (15° a $>45^{\circ}$); asimismo geoformas de tipo coluvio deluvial y depósito de deslizamiento, con terrenos de pendiente moderada a fuerte (5° - 25°); el piedemonte aluvio torrencial presenta terrenos suaves a moderados (1° - 15°), las subunidades de terraza aluvial y fluvial con terrenos muy bajo a suaves ($<1^{\circ}$ - 5°).

Los factores condicionantes para la ocurrencia de movimientos en masa de tipo flujos de detritos, deslizamientos, derrumbes y erosión de ladera (cárcava) son la presencia de depósitos inconsolidados pertenecientes a movimientos en masa antiguos y recientes, ubicados sobre depósitos muy meteorizados y alterados. Además, la pendiente fuerte (15° - 25°) a muy escarpada ($>45^{\circ}$), de colinas y lomadas complementada por las modificaciones de los taludes por los cortes para construcción de carreteras, generan inestabilidad en el terreno. Como factor detonante, se tiene la ocurrencia de lluvias intensas y/o excepcionales, así como ocurrencia de sismos.

Los peligros geológicos identificados en el centro poblado de Ichoca, corresponden a movimientos en masa de tipo: flujos de detritos, deslizamientos, derrumbes y erosión de ladera (cárcava).

Por las condiciones geológicas, geomorfológicas, geohidrológicas y geodinámicas, el centro poblado de Ichoca y alrededores, donde ocurrió la reactivación de deslizamientos y flujos de detritos se considera como **Zona crítica** y de **Peligro Alto** ante la generación de flujo de detritos, deslizamiento, derrumbe y erosión de ladera, podrían reactivarse ante lluvias y/o sismos, que podrían ocasionar daños en los alrededores.

Finalmente, se brinda algunas recomendaciones a fin de que las autoridades competentes pongan en práctica, como reubicar las viviendas ubicadas al pie del huaico, revestir el canal de riego, así como la reubicación del depósito de basura del poblado de Pallasca, así como realizar el EVAR correspondiente.

1. INTRODUCCIÓN

El Instituto Geológico Minero y Metalúrgico -Ingemmet, ente técnico-científico desarrolla a través de los proyectos y actividades de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (DGAR) “Servicio de asistencia técnica en la evaluación de peligros geológicos a nivel nacional (ACT. 16)” contribuyendo de esta forma con entidades gubernamentales en los tres niveles de gobierno mediante el reconocimiento, caracterización y diagnóstico del peligro geológico.

En atención al oficio N° 000427-2024-MPHZ/A, y en el marco de las competencias del Ingemmet, se realiza la evaluación de peligros geológicos del centro poblado de Ichoca alrededores ubicados en el distrito y provincia de Huaraz, departamento Ancash.

La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del Ingemmet, designó a la Ingeniero Norma Sosa para realizar la evaluación técnica correspondiente, la cual se realizó el 29 de setiembre del 2024, en coordinación con las autoridades locales de la Municipalidad Distrital de Huaraz.

La evaluación técnica se basa en la recopilación y análisis de información existente de trabajos anteriores realizados por INGEMMET, el uso de los datos obtenidos durante el trabajo de campo en la presente evaluación (puntos de control GPS y fotografías terrestres y aéreas), el cartografiado geológico y geodinámico, con lo que finalmente se realizó la redacción del informe técnico.

Este informe se pone en consideración de la Municipalidad provincial de Huaraz, Gobierno Regional de Áncash, Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI), Centro de Operaciones de Emergencia Regional (COER-Huaraz) y el Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres-CENEPRED, donde se proporcionan resultados de la inspección y recomendaciones para la mitigación y reducción del riesgo de desastres, a fin de que sea un instrumento técnico para la toma de decisiones.

1.1. Objetivos del estudio

El presente trabajo tiene como objetivos:

- a) Evaluar y caracterizar los peligros geológicos por movimientos en masa del centro poblado de Ichoca y alrededores.
- b) Determinar los factores condicionantes y desencadenantes de la ocurrencia de peligros geológicos.
- c) Emitir recomendaciones pertinentes para la reducción y mitigación de los daños que pueden causar los peligros geológicos identificados en la etapa de campo.

1.2. Antecedentes y trabajos anteriores

Existen trabajos previos y publicaciones del Ingemmet, que incluyen sectores aledaños a las zonas de evaluación (informes técnicos) y otros estudios regionales

relacionados a temas de geología y geodinámica externa (boletines), de los cuales destacan los siguientes:

- A) Boletín N° 38, Serie C, Geodinámica e Ingeniería Geológica: “Riesgos Geológicos en la región Ancash” (Zavala et al., 2009). En el contiene el inventario de peligros geológicos en la región Ancash, en el cual se registró un total de 2129 ocurrencias.

Así mismo, el presente boletín muestra el mapa regional de susceptibilidad por movimientos en masa, a escala 1:500 000, donde el centro poblado de Ichoca se localiza en zonas de **susceptibilidad Media a Muy Alta**, (figura 1). 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) Boletín N° 76, Serie A, Carta Geológica Nacional: “Geología de los cuadrángulos de Huaraz, Recuay, La Unión, Chiquian y Yanahuanca” (1996); donde diferencia las unidades litoestratigráficas identificadas en la zona de estudio y alrededores que corresponden principalmente a la Formación Lloclla, así como depósitos cuaternarios.

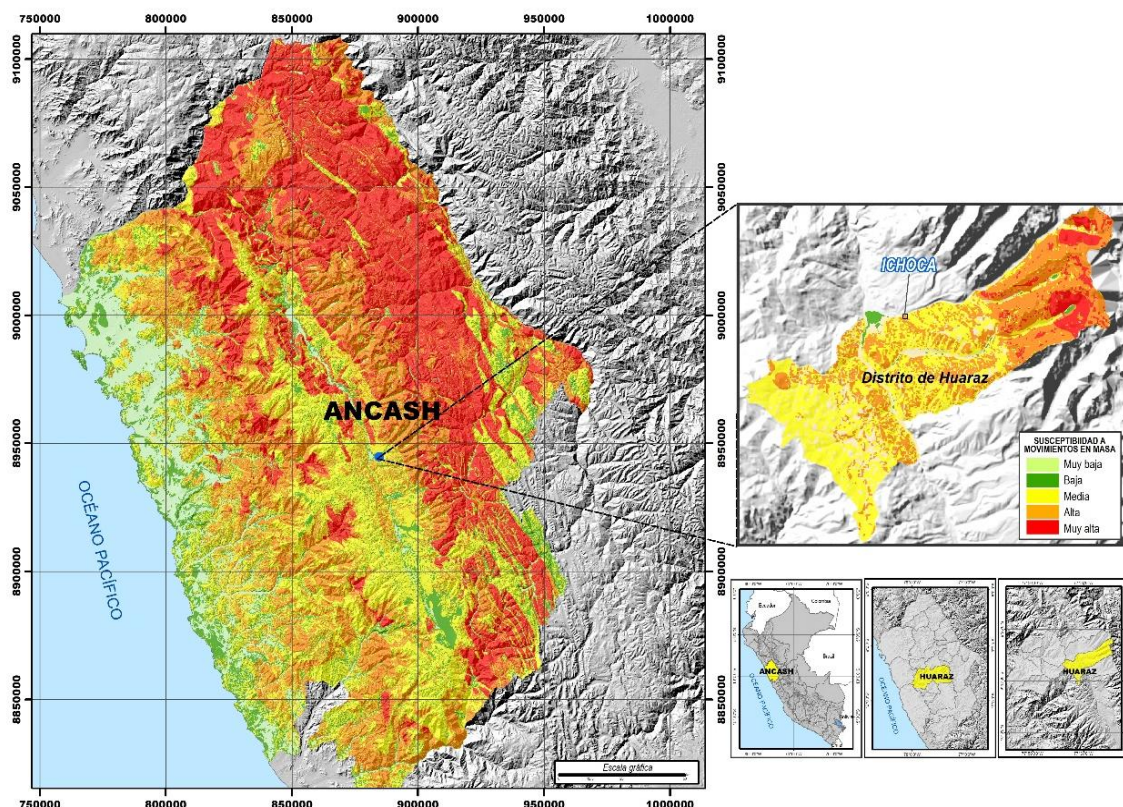


Figura 1. Susceptibilidad por movimientos en masa en el área de estudio y alrededores (Zavala et al., 2009).

1.3. Aspectos generales

a) Ubicación

El centro poblado de Ichoca, políticamente pertenece al distrito y provincia de Huaraz, departamento Ancash (figura 2).

Las coordenadas UTM (WGS84-Zona 18S) del área de estudio se muestran en el cuadro 1.

Cuadro 1. Coordenadas del área de evaluación

Vértice	UTM - WGS84 - Zona 18L		Geográficas	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
1	225653	8945902	-9.526915°	-77.498983°
2	226069	8945901	-9.526951°	-77.495197°
3	226070	8945423	-9.531271°	-77.495219°
4	225653	8945424	-9.531234°	-77.499015°
COORDENADA CENTRAL DE LA ZONA EVALUADA O EVENTO PRINCIPAL				
C	225713	8945786	-9.527967°	-77.498436°

b) Accesibilidad

El acceso al centro poblado de Ichoca, se realizó por vía terrestre desde la ciudad de Lima, mediante la carretera Panamericana; mediante la siguiente ruta (cuadro 2):

Cuadro 2. Rutas y accesos a las áreas evaluadas.

Ruta	Tipo de vía	Distancia (km)	Tiempo estimado
Lima - Barranca	Asfaltada	190	3 h 10 min
Barranca - Huaraz	Asfaltada	218	4 h 5 min
Huaraz – C.P. Ichoca	Asfaltada	4.5	16 min

c) Poblado

Según el Censo Nacional 2017: XII de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas, el centro poblado de Ichoca, del distrito de Huaraz presenta una población censada de 330; varones 330 y mujeres 370 habitantes distribuidos en un total de 283 viviendas respectivamente (cuadro 3):

Cuadro 3. Población y viviendas censadas.

Centro poblado	Población			Número de viviendas
	Varones	Mujeres	Total	
Centro poblado de Ichoca	330	370	700	283

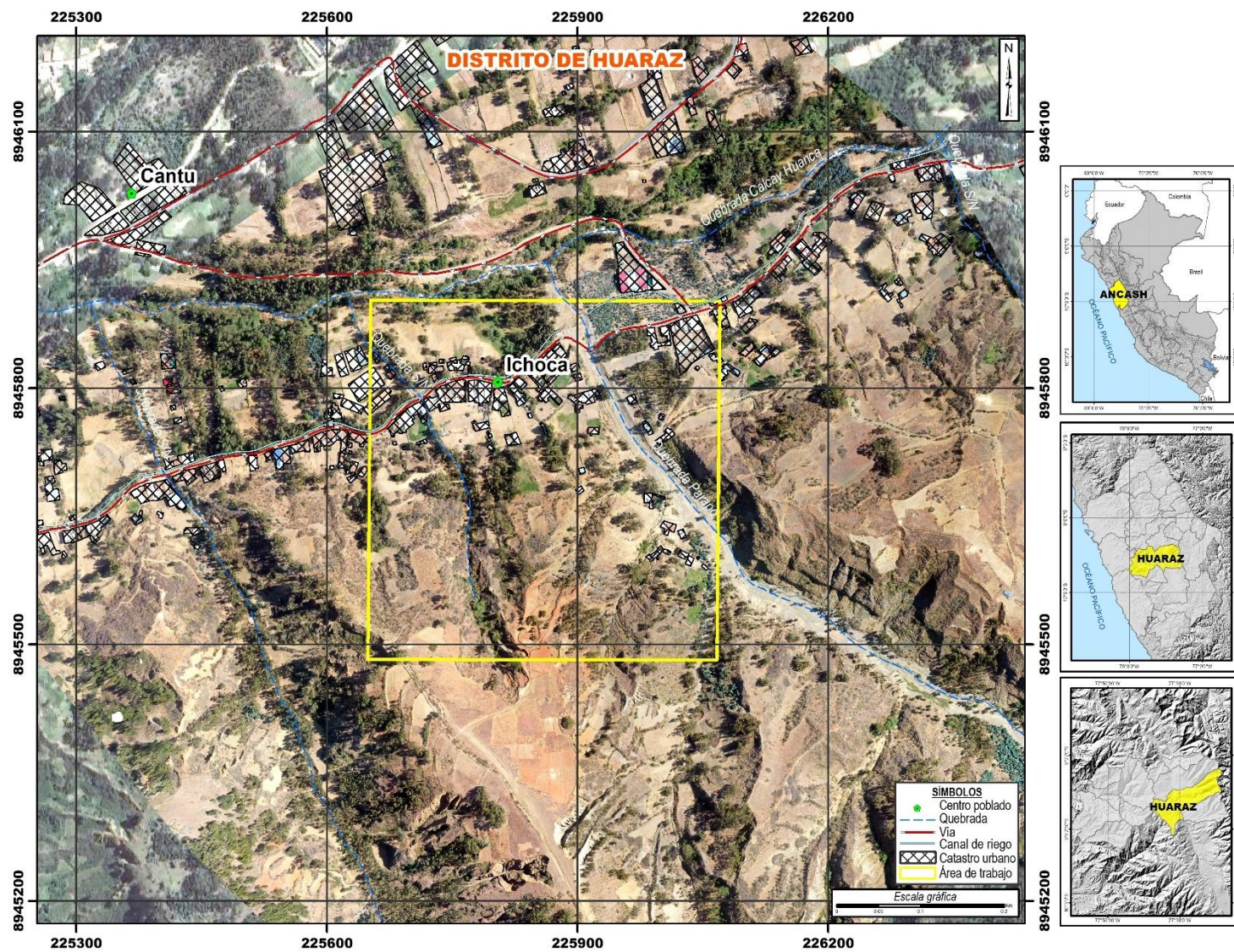


Figura 2. Ubicación del centro poblado de Ichoca y alrededores, distrito y provincia de Huaraz, departamento de Ancash.

d) Clima

En el Mapa climático del Perú, elaborado por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú - SENAMHI, se diferencia para el centro poblado de Ichoca del distrito de Huaraz, un clima semiseco, semifrío, con deficiencia de lluvias en otoño, invierno y primavera, con humedad relativa calificada como húmeda.

En cuanto a la cantidad de lluvia, según 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 raster y de satélite), la precipitación máxima registrada en el periodo julio, 2020 - julio 2024 fue de 35.0 mm, (figura 3). Cabe recalcar que las lluvias son de carácter estacional, es decir, se distribuyen muy irregularmente a lo largo del año, produciéndose generalmente de noviembre a abril.

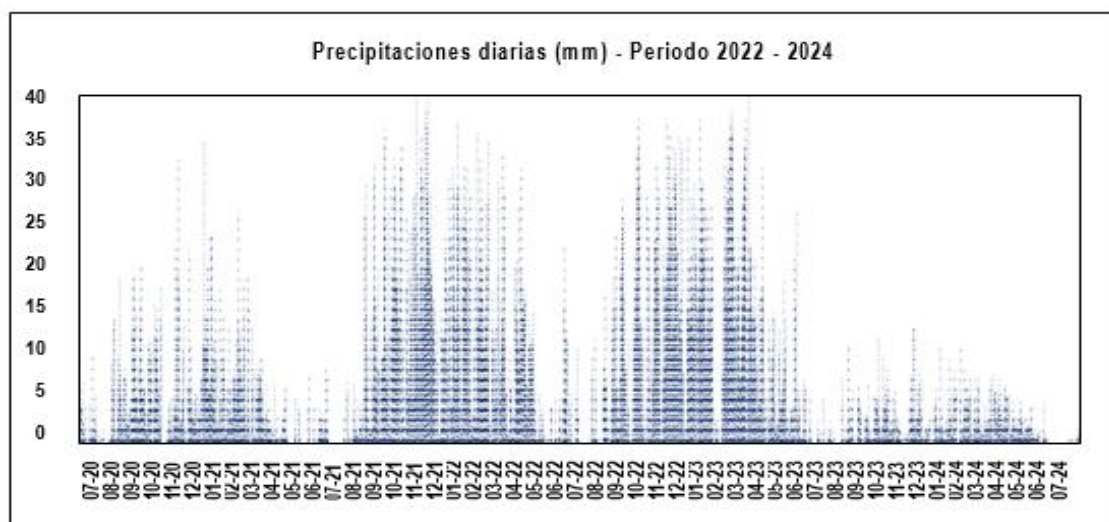


Figura 3. Precipitaciones máximas diarias en mm, distribuidas a lo largo del periodo julio, 2020 - julio, 2024. La figura permite analizar la frecuencia de las anomalías en las precipitaciones pluviales que inducen al desarrollo de la erosión del suelo. **Fuente:** Landviewer, disponible en: <https://crop-monitoring.eos.com/weather-history/field/8321220>.

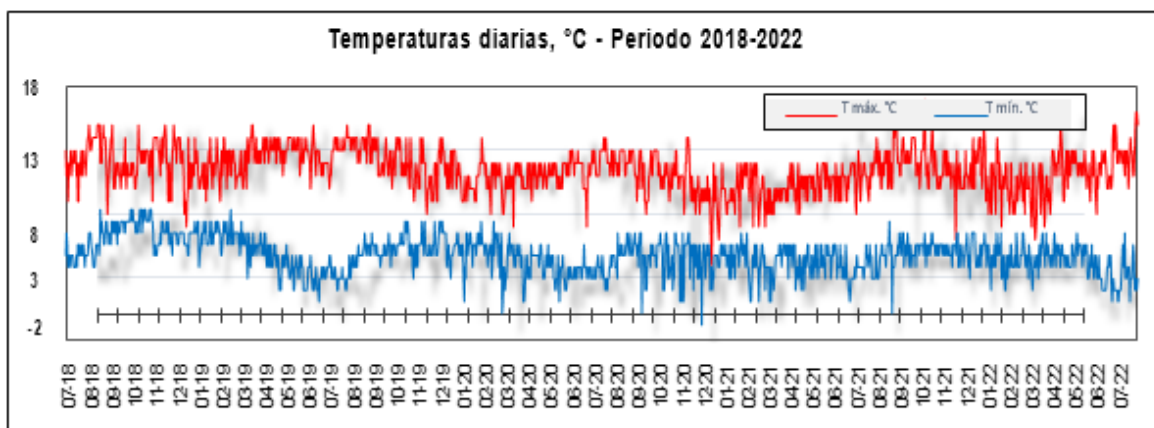


Figura 4. Temperaturas máximas y mínimas diarias, distribuidas a lo largo del periodo julio, 2018 – julio 2022. La figura permite analizar la variedad, saltos extremos de temperatura, duración y regularidad. **Fuente:** Landviewer, disponible en: <https://crop-monitoring.eos.com/weather-history/field/8321220>

e) Uso de suelo

En relación al uso del suelo, la ladera del centro poblado de Ichoca y alrededores, se encuentra asentada sobre una ladera de pendiente moderada no adecuada para habilitación urbana; así mismo se desarrolla la actividad agrícola.

f) Zonificación sísmica

Tomando como referencia, los niveles de zonificación sísmica en el Perú, el área de estudio se ubica en la Zona 3 (sismicidad alta) figura 4, localizada principalmente en la margen occidental de la Cordillera de los Andes, determinándose aceleraciones de 0.35 g (cuadro 4 y figura 5).

La zonificación propuesta, se basa en la distribución espacial de la sismicidad observada, las características generales de los movimientos sísmicos y atenuación de estos con la distancia epicentral, así como la información neotectónica. A cada zona se asigna un factor Z según se indica en el cuadro 4. Este factor se interpreta como la aceleración máxima horizontal en suelo rígido con una probabilidad de 10% de ser excedida en 50 años. El factor Z se expresa como una fracción de la aceleración de la gravedad (DS N° 003-2016-VIVIENDA).

Cuadro 4. Factores de zona Z

Zona	Z
4	0.45
3	0.35
2	0.25
1	0.10

g) Fallas activas

El centro poblado de Ichoca se ubica a 7.5 km al este, de la falla de la Cordillera de Blanca, es de tipo normal, el cual está cortando depósitos glaciares de la zona.

Sus movimientos son normales a ligeramente sinestrales, el sistema de fallas tiene una longitud de 190 km y cada una de las fallas que la conforman no tiene más de 8 km. Los saltos verificables son variables y están comprendidos entre 1 y 50 m.

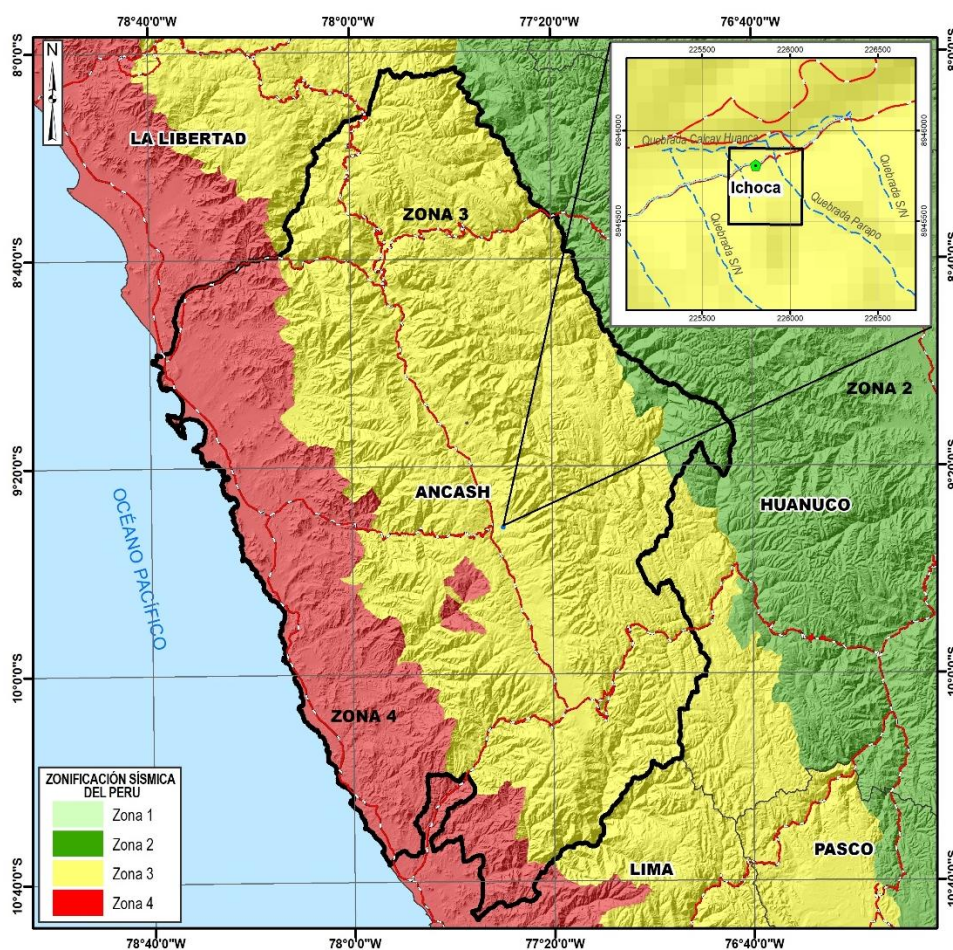


Figura 5. Zonificación sísmica del Perú.

Fuente: Norma sismorresistente NTE 030 del MVCS (2016).

2. DEFICIONES GEOLÓGICAS

En el informe se desarrollan 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. La terminología técnica utilizada, tiene 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), Los términos y definiciones se detallan a continuación:

Actividad: La actividad de un movimiento en masa se refiere a tres aspectos generales del desplazamiento en el tiempo de la masa de material involucrado: el estado, la distribución y el estilo de la actividad. El primero describe la regularidad o irregularidad temporal del desplazamiento; el segundo describe las partes o anexos de la masa que se encuentran en movimiento; y el tercero indica la manera como los diferentes movimientos dentro de la masa contribuyen al movimiento total. El estado de actividad de un movimiento en masa puede ser: activo, reactivado, suspendido, inactivo latente, inactivo abandonado, inactivo estabilizado e inactivo relicto (WP/WLI, 1993).

Activo: Movimiento en masa que actualmente se está moviendo, bien sea de manera continua o intermitente.

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

Caída: 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.

Caída de rocas: 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.

Condicionante: se refiere a todos aquellos factores naturales o antrópicos que condicionan o contribuyen a la inestabilidad de una ladera o talud, pero que no constituyen el evento detonante del movimiento.

Cárcava: tipo de erosión concentrada en surcos que se forma por el escurrimiento de las aguas sobre la superficie de las laderas.

Cohesión: parámetro de resistencia de un suelo que expresa la fuerza por la cual las moléculas homogéneas de un cuerpo se adhieren unas con otras (Holtz y Kovacs, 1991).

Derrumbe: son desprendimientos de masas de roca, suelo o ambas, a lo largo de superficies irregulares de arranque o desplome como una sola unidad, que involucra desde pocos metros hasta decenas y centenas de metros. se presentan en laderas de montañas de fuerte pendiente y paredes verticales a subverticales en acantilados de valles encañonados. También se presentan a lo largo de taludes de corte realizados en laderas de montaña de moderada a fuerte pendiente, con afloramientos fracturados y alterados de diferentes tipos de rocas; así como en depósitos poco consolidados.

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

Deslizamiento rotacional: Tipo de deslizamiento en el cual la masa se mueve a lo largo de una superficie de falla curva y cóncava. Los deslizamientos rotacionales muestran una morfología distintiva caracterizada por un escarpe principal pronunciado y, una contrapendiente de la superficie de la cabeza del deslizamiento hacia el escarpe principal.

Detonante (sin.: disparador, desencadenante, gatillante): 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 y la sobrecarga de una ladera.

Erosión: parte del proceso denudativo de la superficie terrestre que consiste del arranque y transporte de material de suelo o roca por un agente natural como el agua, el viento y el hielo, o por el hombre. De acuerdo con el agente, la erosión se puede clasificar en eólica, fluvial, glacial, marina y pluvial. Por su aporte, de acuerdo a las formas dejadas en el terreno afectado se clasifica como erosión en surcos, erosión en cárcavas y erosión laminar.

Erosión de laderas: se manifiesta a manera de láminas, surcos y cárcavas en los terrenos. Un intenso patrón de estos tipos de erosiones se denomina tierras malas o bad lands. Este proceso comienza con canales muy delgados cuyas dimensiones, a medida que persiste la erosión, pueden variar y aumentar desde estrechas y poco profundas (< 1 m) hasta amplias y de varios metros de profundidad.

Falla activa: importantes fuentes sismogénicas originadas en continente, estas estructuras son capaces de generar sismos con magnitudes de hasta 7 Mw. A diferencia de los sismos originados por la subducción de la placa de Nazca por debajo de la placa Sudamericana, las fallas geológicas activas presentan sismicidad superficial, es decir, tienen epicentros superficiales (<30 km aprox.), característica que hace de estas estructuras geológicas, sean muy peligrosas ante posibles reactivaciones, que pueden producir fenómenos de movimientos en masa y licuefacción de suelos.

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.

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.

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

Macizo rocoso Es el conjunto de material de roca in situ y sus discontinuidades. La presencia de discontinuidades de diverso tipo confiere al macizo un carácter heterogéneo y un comportamiento no continuo, condicionado por la naturaleza, frecuencia y orientación de los planos de discontinuidad de los cuales dependen el comportamiento geomecánico e hidráulico del mismo.

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 geológico: 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: 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.

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.

Zona de arranque: zona de despegue, zona de desprendimiento. Área dentro de la cual el material desplazado se encuentra por debajo de la superficie original del terreno.

3. ASPECTOS GEOLÓGICOS

La geología del área de estudio se describe teniendo como base el mapa geológico del cuadrángulo de Recuay, 20i4, escala 1:50,000 (Ramos, et al, 2024), así como la información contenida en el Boletín N° 76: “Geología de los cuadrángulos de Huaraz, Recuay, La Unión, Chiquian, y Yanahuanca” (Cobbing, et al., 1996), publicados por Ingemmet.

De igual manera, esta información se complementó con trabajos de interpretación de imágenes de satélite, vuelos de dron y observaciones de campo.

3.1. Unidades litoestratigráficas

Las unidades litoestratigráficas que afloran son principalmente de origen sedimentario, representada por la Formación LLoclla; así como depósitos recientes coluvio-deluvial, aluvial, fluvial, proluvial y glacio-fluvial, (**Anexo 1: Mapa 1**).

3.1.1. Formación LLoclla (Np-II/2)

Ramos, et al, (2024), describe para esta unidad depósitos de conglomerados mal clasificados, con clastos polimícticos de areniscas e intrusivos, con medidas de 0.08 a 3 mm con coloración gris a rojizos, (figura 6). Geotécnicamente estos depósitos se encuentran altamente meteorizadas (A4) y muy fracturado (F4).

Así mismo de identificaron dentro del área de estudio; un par de bloques rodados de roca intrusiva (granito), producto de avalanchas antiguas, (figura 7)



Figura 6. Vista con dirección al sureste del centro poblado de Ichoca, se observa laderas disectadas compuestas por conglomerados de la Formación Lloclla, de coloración rojiza.



Figura 7. Bloque de roca intrusiva (granito), de 6.3 m. de diámetro, ubicada entre las coordenadas UTM N 8945690, E 225725.

3.1.2. Depósitos cuaternarios

a) Vertiente coluvio-deluvial (Q-cd):

Se localizan al pie de laderas acumuladas por acción de la gravedad y acción de las aguas de escorrentía. Están compuestos principalmente por fragmentos líticos de rocas sedimentarias, subangulosos a subredondeados con diámetros que varían entre 0.03 a 0.25 m, envueltos en matriz limo arcilloso - arenoso, se disponen en forma caótica. Este depósito es producto de la meteorización de las rocas sedimentarias y removidos por procesos de movimientos en masa, (figura 8); que se presentan en el área de estudio.

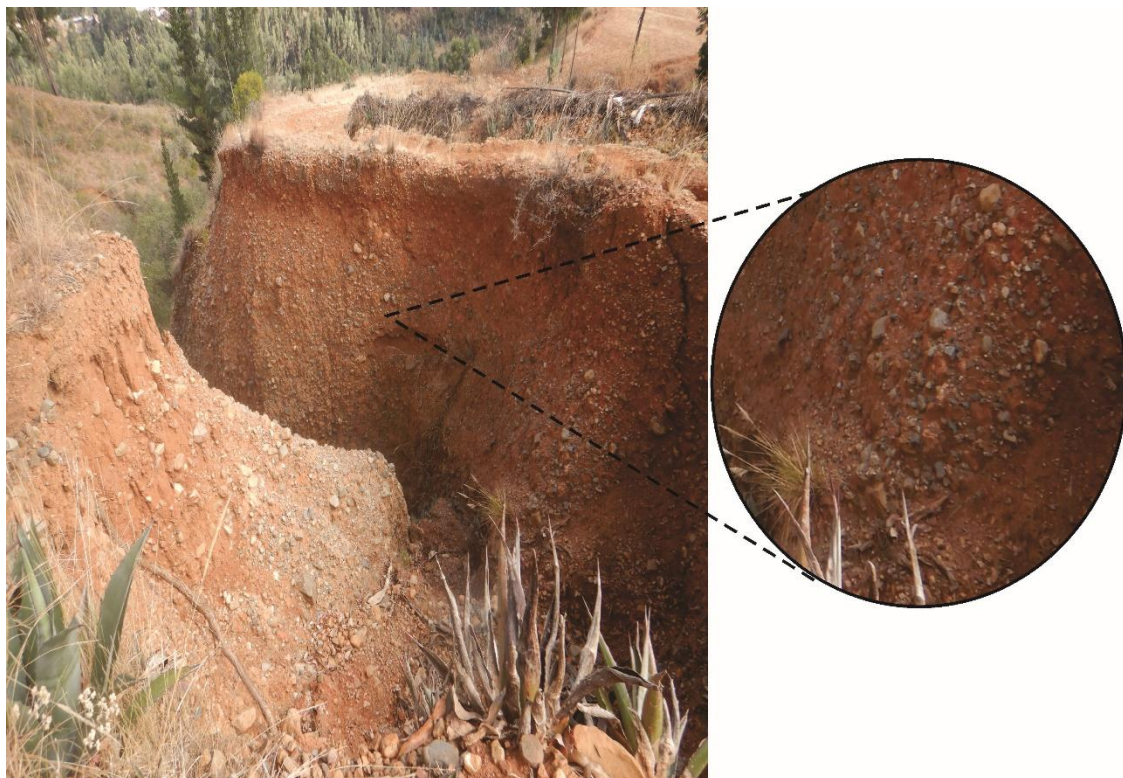


Figura 8. Vertiente coluvio-deluvial identificado a un lado de la vía ferrea, donde se observan bloques y gravas de naturaleza sedimentaria, subangulosas a redondeadas, envueltas en matriz limo arcillosa - arenosa .

b) Depósito aluvial (Q-al):

Son depósitos semi-consolidados, estos últimos generados por la acumulación de material transportado, ubicadas en las márgenes de las quebradas Calcay Huanca y Parapo. Este depósito corresponde a una mezcla heterogénea de gravas y arenas, redondeadas a subredondeadas, así como limos y arcillas; estos materiales tienen selección de regular a buena, presentándose niveles y estratos diferenciados que evidencian la actividad dinámica fluvial.

Su permeabilidad es media a alta y se asocia principalmente a terrazas aluviales, susceptibles a la erosión fluvial.

c) Depósito fluvial (Q-fl)

Corresponde a bloques y gravas redondeadas a subredondeadas de diferente composición envueltos en matriz arenosa y areno-limosa. Los bloques y gravas se componen de materiales aflorantes en gran parte del área de drenaje de la quebrada Calcay Huanca, correspondientes a rocas sedimentarias.

Estos terrenos son susceptibles a procesos de erosión e inundación en temporada de lluvias extraordinarias, intensas y/o prolongadas, como las generadas en los últimos años por el Fenómeno El Niño y Yaku.

d) Depósito proluvial (Q-pl):

Se originan a partir de los depósitos de flujos de detritos; la existencia de material detrítico suelto acumulado, es removido cuando ocurren precipitaciones pluviales intensas al saturarse, perdiendo su estabilidad y se movilizan torrente abajo por el cauce de quebradas (figura 9)

Están compuestos por material detrítico de formas subangulosos a subredondeados (suelos a medianamente consolidados); heterométricos, con diámetros variables entre 0.02 a 0.40 m; envueltos en una matriz de arenas y limos (baja plasticidad). Los materiales se disponen en forma caótica.



Figura 9. Se observa material de depósito proluvial, en la quebrada Parapo, producto de flujos de detritos (antiguos y recientes).

e) Depósito glacial, fluvial (Q-glfl)

Son depósitos que rellenan los fondos de valles y algunas planicies de piedemonte con inclinación al valle principal. Conforman un depósito masivo de gravas polimícticas en una matriz arenosa sin estratificación.

4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

Para el análisis geomorfológico, se utilizaron modelos digitales de terreno de 10 m de resolución (USGS) y de resolución 0.15 m de resolución obtenido mediante sobrevuelo con dron. También se realizó el análisis de imágenes satelitales para el estudio de la morfometría del relieve, complementada con los trabajos de campo.

Como parte de este análisis, se consideraron los rangos de pendiente establecidos por el Ingemmet (pendiente del terreno llano a muy escapado) y elaborados en base a los modelos digitales del terreno, así como la caracterización de las unidades geomorfológicas en el área de estudio (criterios de control como: la homogeneidad litológica y la caracterización conceptual en base a aspectos del relieve en relación a la erosión, denudación y sedimentación).

4.1. Pendientes del terreno

La pendiente del terreno, es un parámetro importante en la evaluación de procesos por movimientos en masa, actúa como factor condicionante y dinámico en la generación de movimientos en masa.

En el **Anexo 1: Mapa 2**, se presenta el mapa de pendientes de terreno, elaborado en base a la información del modelo de elevación digital (DEM) de 10 m de resolución (USGS), ver cuadro 5.

A partir de este mapa el centro poblado Ichoca y alrededores presenta terrenos con pendiente moderada a muy fuerte (5 - 45°). Este rango de pendientes es el resultado de una intensa erosión y desgaste de la superficie terrestre, en caso de sismos, lluvias o cualquier otra agente facilita la ocurrencia de movimientos en masa como derrumbes, deslizamiento y procesos de erosión.

Cuadro 5. Rango de pendientes del terreno

Pendiente	Rango	Descripción
0°-1°	Llano	Son terrenos llanos que corresponden a depósitos cuaternarios. Se distribuyen mínimamente en los cauces de quebradas. Estos terrenos pueden ser susceptibles a procesos de inundación fluvial durante lluvias excepcionales. Es común que se produzca en sus márgenes activas erosión fluvial y socavamiento de taludes.
1°a 5°	Inclinado-suave	Terrenos planos a ligeramente ondulados que se distribuyen a lo largo de las quebradas. Estos terrenos están sujetos a inundaciones de tipo fluvial y pluvial (especialmente cuando se presenta el fenómeno de El Niño). En este rango se asientan terrazas, ubicadas en ambas márgenes de la quebrada Calcay Huanca.
5°a 15°	Moderado	Terrenos con moderada pendiente que presentan buena distribución en las laderas de las montañas, así como en las vertientes con depósitos de deslizamientos y vertientes coluvio-deluviales. Estos terrenos están sujetos a deslizamientos, derrumbes y procesos de erosión de ladera. Sobre este rango En este rango se asienta parte del centro poblado de Ichoca

15°a 25°	Fuerte	Son pendientes que se distribuyen indistintamente en las laderas de las montañas; a su vez, estas inclinaciones condicionan la erosión de laderas en las vertientes o piedemontes, donde se registran procesos de deslizamientos, y derrumbes. Sobre este rango se asienta mínimamente el centro poblado de Ichoca.
25°a 45°	Muy fuerte a escarpado	Terrenos con distribución restringida a la zona de montañas que ocupan áreas muy grandes de la zona de estudio. Las laderas de las montañas en roca sedimentaria presentan pendiente del terreno muy fuerte a escarpado y en estas zonas se podrían generar procesos como deslizamientos, derrumbes y erosión de laderas.
>45°	Muy escarpado	Ocupa áreas muy reducidas y distribuidas a lo largo de laderas y cumbres de montañas. Estos terrenos están sujetos a caídas de rocas y derrumbes por la pendiente del terreno muy escarpado. Este rango de pendiente se localiza en toda la zona de estudio y condiciona la ocurrencia de los procesos mencionados anteriormente.

Fuente: Ingemmet (2009).

En la figura 10, se presenta el mapa de pendientes y elevaciones elaborado en base a información del modelo de elevación digital (DEM) de 0.15 m. de resolución obtenido de sobrevuelos de dron para la zona de estudio.

A nivel general en el área de estudio, la pendiente del terreno va de suave a muy escarpada (5 - >45°).

4.2. Índice topográfico de humedad

El índice topográfico de humedad (TWI) permite identificar los lugares potenciales donde se concentra la humedad o las zonas de acumulación de agua de escorrentía superficial. La obtención de este indicador fue realizada mediante una secuencia de análisis de modelos digitales de terreno (MDT) de alta resolución y precisión (obtenido de la fotogrametría del dron) y procesados en SAGA GIS.

Se observa el descenso de acumulación de agua desde la parte media - alta de la ladera donde está asentado el centro poblado de Ichoca, presentando acumulación de agua, desde donde discurre agua en varias direcciones. Para el centro poblado de Ichoca, se observa mayor cantidad de acumulación de agua en el sector donde se reactiva periódicamente los flujos, discurriendo hacia el noroeste, desembocando en la quebrada Calcay Huanca (figura 11); lo cual podría incrementarse producto de las precipitaciones pluviales, aumentando la inestabilidad y generar flujos (huaicos).

De la misma forma se observa al suroeste del centro poblado de Ichoca, acumulación de alta a moderada cantidad, hacia unas pequeñas quebradas, cabe mencionar que toda la zona evaluada presenta una importante cantidad de drenajes, que discurren ladera abajo en temporada de lluvias intensas.

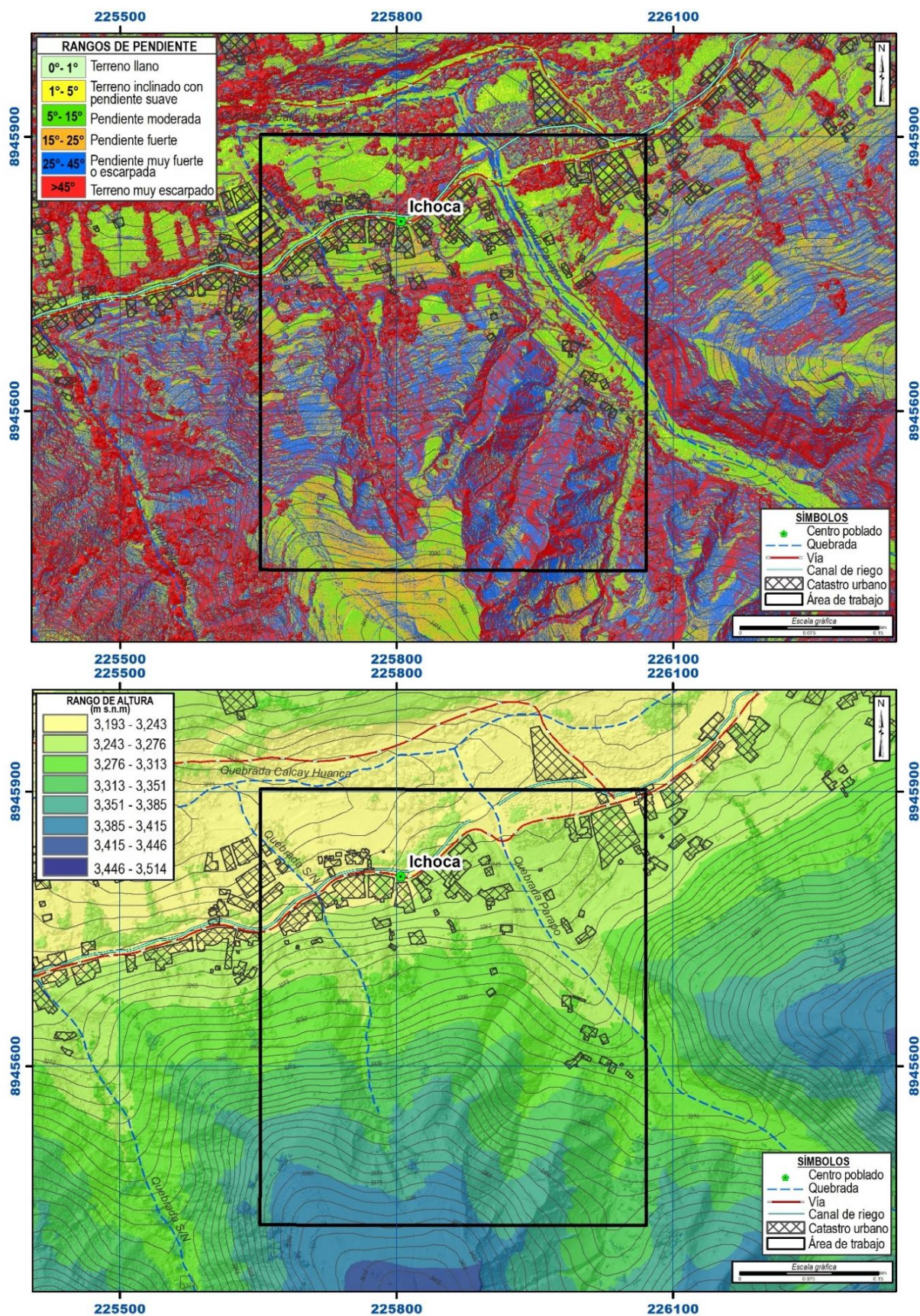


Figura 10. Pendiente del terreno (parte superior) y Elevación del terreno (parte inferior) elaborado en base a la información obtenida del levantamiento fotogramétrico con dron del centro poblado de Ichoca.

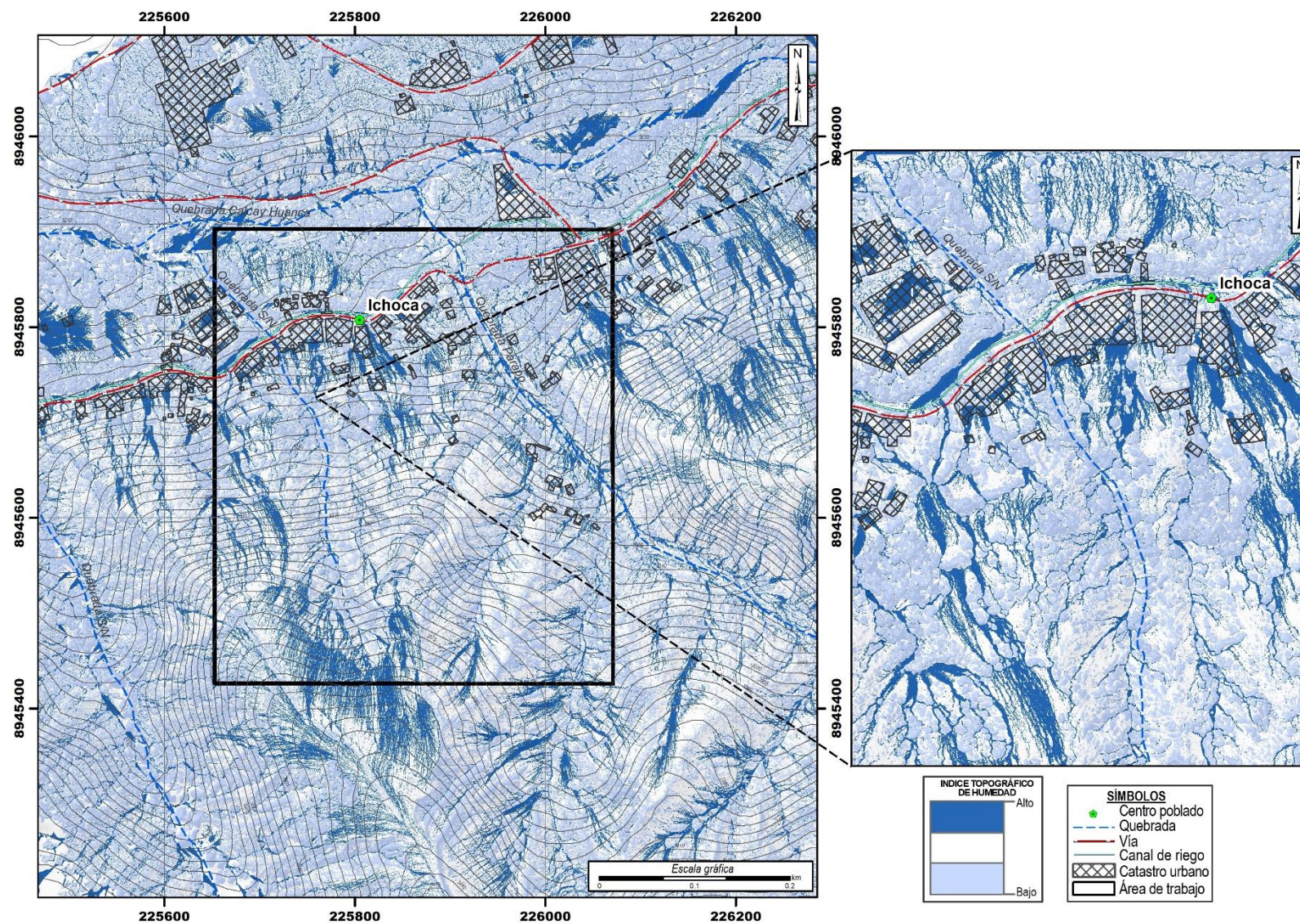


Figura 11. Mapa de la acumulación de agua (TWI) del centro poblado de Ichoca y alrededores.

4.3. Unidades geomorfológicas

Para la caracterización de las unidades geomorfológicas en el área de estudio (**Anexo 1: Mapa 3**), se consideraron criterios de control como: la homogeneidad litológica y caracterización conceptual en base a aspectos del relieve en relación con la erosión, denudación y sedimentación; además se usó como referencia el mapa geomorfológico regional a escala 1: 250000 elaborado por Ingemmet.

En la zona evaluada y alrededores se han diferenciado las siguientes geoformas (Ver cuadro 6).

Cuadro 6. Unidades y subunidades geomorfológicas

Unidades geoformas de carácter tectónico degradacional y erosional	
Unidad	Subunidad
Colinas	Colina y lomada sedimentaria (RCL-rs)
Unidades geomorfológicas de carácter depositacional o agradacional	
Unidad	Subunidad
Vertiente o piedemonte	Vertiente o piedemonte coluvio-deluvial (V-cd)
	Vertiente con depósito de deslizamiento (V-dd)
	Piedemonte aluvio-torrencial (P-at)
	Vertiente glacio-fluvial (V-glfl)
Planicie inundable	Terraza aluvial (T-al)
	Terraza fluvial (T-fl)

Fuente: Elaboración propia

4.3.1. Geoformas de carácter tectónico degradacional y erosional

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

Los paisajes morfológicos, resultantes de los procesos denudativos forman parte de las cadenas montañosas, colinas, superficies onduladas y lomadas. Dentro de este grupo se tiene la siguiente unidad:

A) Unidad de Colinas y lomadas:

Están representadas por colinas y lomadas de relieve complejo y en diferentes grados de disección, de menor altura que una montaña (menos de 300 metros desde el nivel de base local) y con inclinación de laderas promedio superior a 16% (FAO, 1968), conforman alineamientos de carácter estructural y denudativo. Esta unidad se ubica próxima a la unidad de montañas y viene a formar parte de las estribaciones andinas.

Se asocian litológicamente a rocas de tipo intrusivo, volcánico, volcánico-sedimentario, metamórfico y sedimentario, cuyas edades van desde el Neoproterozoico al Neógeno.

- **Relieve de colinas y lomadas en rocas sedimentarias (RCL-rs)**

Corresponde a relieves en roca sedimentaria, reducidos por procesos denudativos, se encuentran conformando elevaciones alargadas, con laderas de pendiente fuerte (15° - 25°) a muy escarpado ($>45^{\circ}$), se localizan en la parte alta del centro poblado de Ichoca. Corresponde a conglomerados de la Formación Lloclla (figura 12).

4.3.2. Geoformas de carácter depositacional y agradacional

Estas geoformas son resultado del conjunto de procesos geomorfológicos a los que se les denomina “agradacionales o constructivos”. Son determinados por fuerzas de desplazamiento, como por agentes móviles, tales como: el agua de escorrentía, los vientos y glaciares. Tienden a nivelar hacia arriba la superficie de la tierra, mediante el depósito de materiales sólidos resultantes de la denudación de terrenos más elevados (Villota, 2005). Dentro de este grupo se tienen las siguientes unidades:

B) Unidad de piedemonte:

Los piedemontes corresponden a un conjunto de depósitos conformando una superficie inclinada y disectada que se extiende al pie de sistemas montañosos y que ha sido formada por la depositación sucesiva de materiales transportados por corrientes de agua que emergen desde los terrenos más elevados hacia las zonas más bajas y abiertas (Villota, 1991). Dentro de esta unidad se tienen las siguientes subunidades:

- **Vertiente o piedemonte coluvio deluvial (V-cd)**

Corresponde a terrenos de fuerte a muy escarpado pendiente (25° a 45°), estas geoformas se encuentran ampliamente desarrolladas sobre las laderas de las colinas y lomadas, fáciles de remover.

Sus cimas son de formas cóncavas convexas con baja pendiente menores de 15°

- **Vertiente con depósito de deslizamiento (V-dd)**

Laderas con acumulaciones originadas por procesos de movimientos en masa antiguos y recientes.

Su morfología es convexa y su disposición es semicircular a alargada en relación con la zona de arranque o despegue del movimiento en masa. Estas geoformas se observaron como cuerpos de deslizamientos antiguos y recientes (figura 12) depositadas en las laderas superiores, donde las pendientes van de fuerte a muy fuerte (15° - 45°).

- **Piedemonte aluvio-torrencial (P-at)**

Corresponden a planicies inclinadas a ligeramente inclinadas y extendidas, posicionadas al pie de las laderas, formadas por la acumulación de sedimentos acarreados por corrientes de agua estacionales, de carácter excepcional, así como lluvias ocasionales muy excepcionales que se presentan en el área de estudio.

Esta unidad se encuentran los depósitos dejados por flujos (avalancha de detritos, huaicos), que llegan próximos a las quebradas Parapo, Calcay Huanca y otros pequeños afluentes. (figura 12). En los materiales se distinguen bloques de roca con diámetros de 0.20 a 1 m, producto del acarreo proveniente de los flujos de detritos.

- **Vertiente glacio-fluvial (V-glfl)**

Compuesta por la acumulación de materiales de origen glaciar, los cuales han sido transportados y redepositados por escorrentías formadas por el deshielo del glaciar o por la concentración de precipitaciones pluviales; forman cursos de agua y transportan los materiales sueltos.

C) Unidad de Planicie:

Son superficies bajas, adyacentes al fondo del valle de los ríos y al mismo curso fluvial, sujetas a inundaciones recurrentes, ya sean estacionales o excepcionales. Morfológicamente, por lo general se distinguen como terrenos planos compuestos de material gravo-arenoso con limos, no consolidado y removible con cada subida estacional de caudal del río.

- **Terraza aluvial (T-al)**

Son porciones de terreno alargadas a ligeramente inclinadas (1° a 5°), con altura relativamente marcada. Se encuentran en ambos márgenes de las quebradas Calcay Huanca y Parapo (figura 12). Su composición litológica es resultado de la acumulación de fragmentos de roca de diferente granulometría (bolos, cantos, gravas con matriz de arenas y limos). Sobre estos terrenos se desarrollan extensas zonas de cultivo. Está sujeta a erosión fluvial en temporadas de lluvias excepcionales.

- **Terraza fluvial (T-fl)**

Superficies bajas, adyacentes a los fondos de valles principales y al mismo curso fluvial, sujetas a inundaciones recurrentes, ya sean estacionales o excepcionales. Morfológicamente se distinguen como terrenos planos compuestos de material gravo-arenoso con limos, no consolidado y removible con cada subida estacional del caudal quebrada Calcay Huanca.

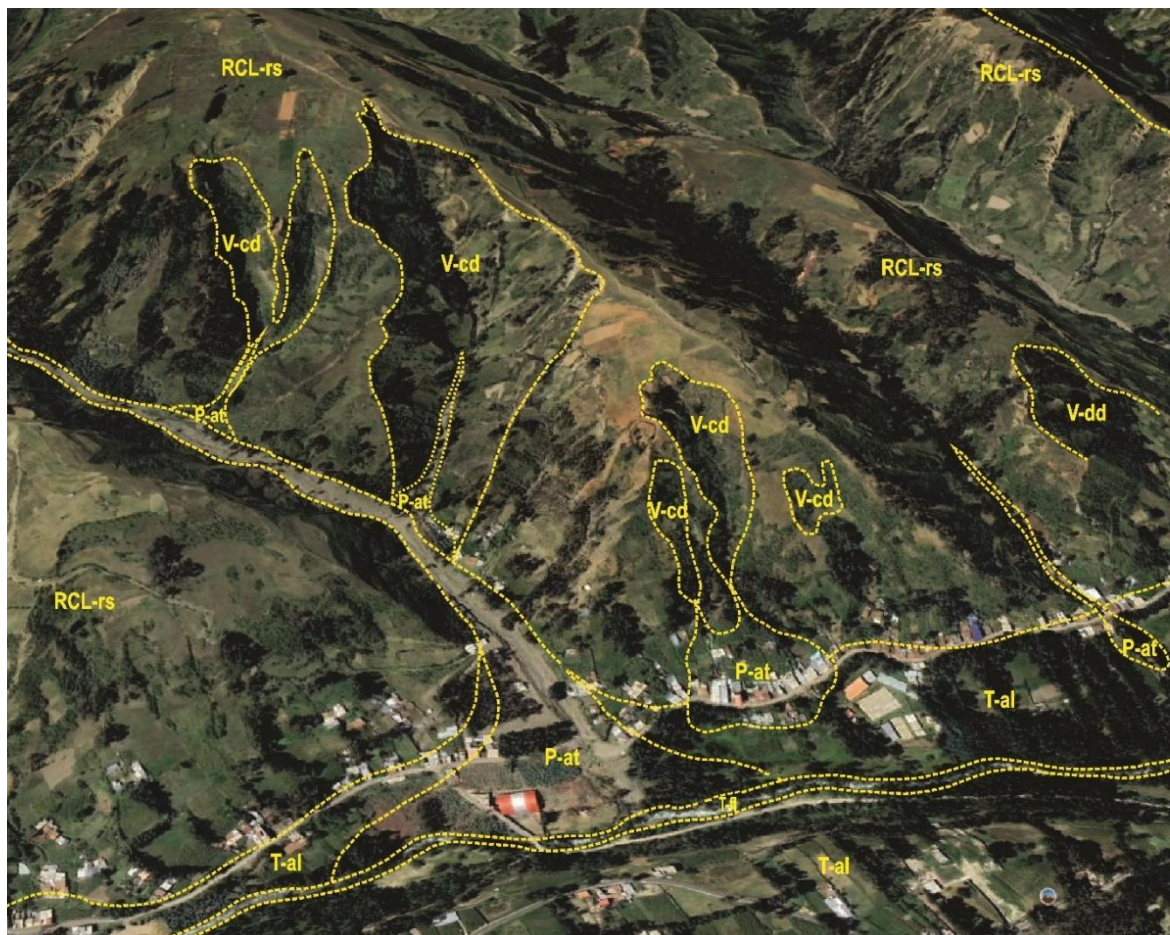


Figura 12. Vista aérea, se observa unidades geomorfológicas que se identificaron en el área de estudio: relieve de colina y lomada en roca sedimentaria (RCL-rs), vertiente coluvio- deluvial (V-cd), vertiente de deslizamiento (V-dd), terraza fluvial (T-fl) y terraza aluvial (T-al).

5. PELIGROS GEOLÓGICOS

Los peligros geológicos identificados en el centro poblado de Ichoca y alrededores, corresponden a movimientos en masa, tipo: flujo de detritos, derrumbe, deslizamiento, según el Proyecto Multinacional Andino: GCA, 2007 (**Mapa 4, Anexo 1**); así como otros peligros geológicos, tipo: erosión de laderas (cárcavas).

La cartografía geodinámica en la zona de estudio permitió diferenciar procesos de movimientos en masa antiguos y evidencias de movimientos activos, asociados a eventos de tipo deslizamiento, derrumbe y caída de rocas.

5.1. Peligros geológicos por movimientos en masa

La caracterización de estos eventos, se realizó en base a la información obtenida durante los trabajos de campo, donde se identificaron movimientos en masa, basado en la observación y descripción morfométrica in situ; de igual modo se tomó datos GPS, fotografías a nivel de terreno y levantamiento fotogramétrico con dron, a partir del cual se obtuvo un modelo digital de terreno y un ortomosaico con una resolución de 0.15 y 0.05 cm/píxel respectivamente, complementada con el análisis de imágenes satelitales.

El inventario de peligros geológicos realizado por Ingemmet, (2019), identificó en este sector flujos de detritos, entre la intersección de la vía y la quebrada Parapo (código de inventario: 145141096), ubicado en la margen izquierda de la quebrada . Cabe mencionar que a 1.3 km al noreste del Ichoca, se identificó una zona crítica por flujo de detritos, en el sector de Platano.

5.1.1. Flujo del centro poblado de Ichoca

De acuerdo con los testimonios de los pobladores, en la quebrada se detonaron flujos de detritos (huaicos) en los años 2018, 2022 y 2023 (producto del fenómeno del Niño), este último evento acarreó material de la quebrada, generando preocupación en las dos viviendas ubicadas en las márgenes de la misma, así como la vía de acceso y el canal de riego.

Las observaciones y trabajos de campo evidencian que el basamento de conglomerado se encuentra muy fracturado con un notorio grado de meteorización (altamente meteorizado), (fotografía 1), factores que contribuyen a la acumulación de materiales coluvio-deluviales y formando suelos arenosos.

Es así, que en el cauce de la quebrada se observa material detrítico suelto producto de la meteorización de las rocas y de flujos antiguos, los cuales alcanzan dimensiones de hasta 1 m de diámetro, con formas subangulosas a subredondeadas por su escaso transporte de material.



Fotografía 1. Vista de la quebrada S/N por donde discurre el flujo reactivado en diciembre del 2023, nótese que el flujo se desplaza en dirección a la Calcay Huanca.

El flujo de detritos reactivado va en dirección noroeste, el cual cuenta con las siguientes coordenadas de inicio y depositación (cuadro 7):

Cuadro 7. Puntos de recorrido de flujo

FLUJO REACTIVADO (25/12/2023)	COORDENADAS UTM – WGS-84		
	Norte	Este	Cota (m s.n.m.)
Ápice (Inicio)	8945630	225767	3268
Deposito (pie del flujo)	8945817	225681	3211

En la figura 13 se muestra un diagrama del comportamiento geodinámico de la quebrada S/N hacia el centro poblado Ichoca.

Entre los procesos geodinámicos que se presentan, estos inician hacia las cabeceras con erosión de ladera, localizado en las coordenadas UTM N 8945438, E 225816, de cota 3372 m . Se extiende a lo largo de 184m en un área aproximada de 1.124 ha, sobre laderas con pendientes $>25^\circ$. Este evento se está desarrollando sobre depósitos de conglomerados de la Formación Lloclla.

Por otro lado, se observa además un depósito de derrumbe en las coordenadas N 8945449, E 225820.

Ambas erosiones y remociones, aportaron de material detrítico que se canalizó en la quebrada, y posteriormente fue acarreado y removido por las lluvias, generando el flujo de detritos (huaico).). Cabe mencionar que el centro educativo I.E.86079-Ichoca, se ubica en la margen izquierda.

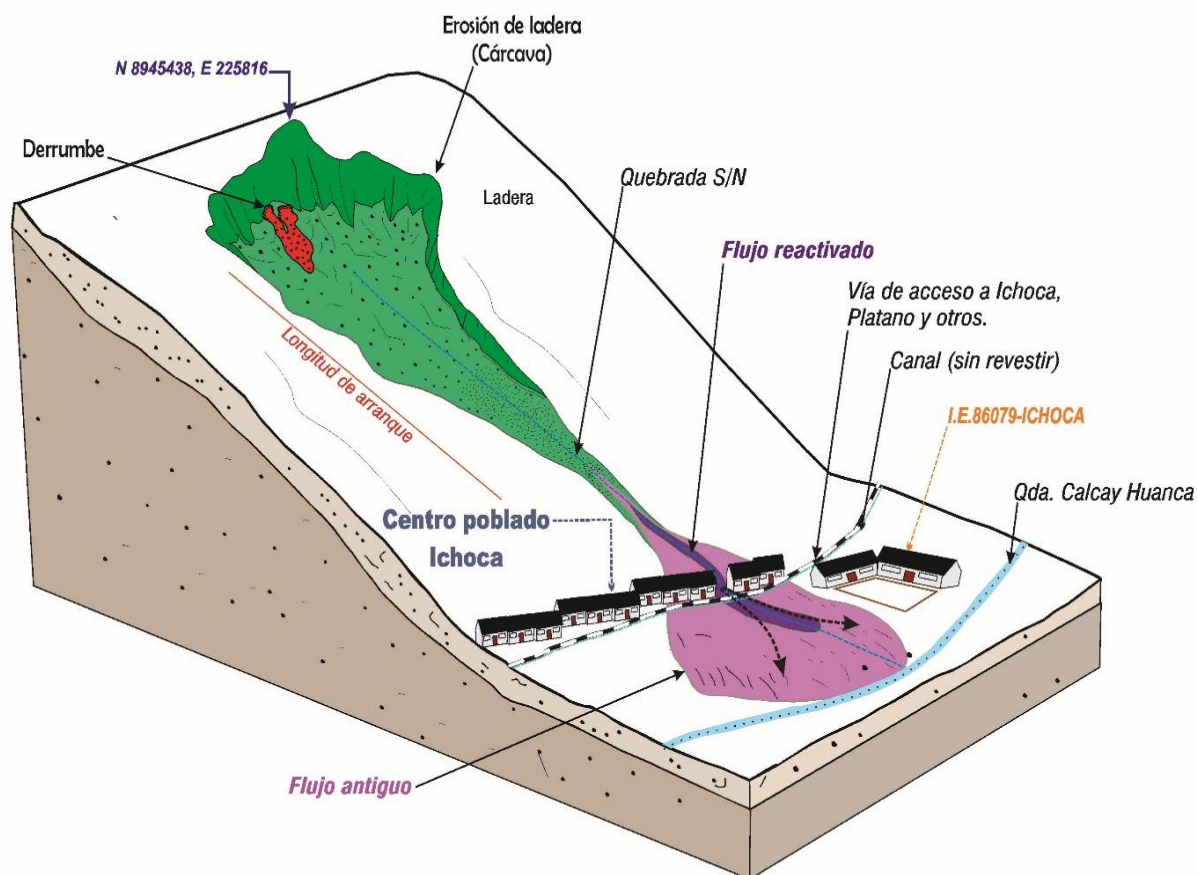


Figura 13. Diagrama interpretativo de procesos de erosión de ladera y derrumbe en Ichoca, que aportan de material para el flujo de detritos acumulado en forma de abanico (polígono de color morado)

Características visuales del Flujo de detritos

El flujo de detritos identificado en la ladera del centro poblado de Ichoca, presenta las siguientes características (figura 14):

- | | |
|--|--------------------------------------|
| - Estado de actividad: | Reactivado |
| - Forma del depósito: | Abanico |
| - Flujo de material: | Canalizado |
| - Material: | >50% grueso |
| - Dimensión del depósito: | 2.661 m ² .(reactivación) |
| - Pendiente promedio del terreno: | >25° |
| - Ancho del evento reactivado: | 13 m |
| - Longitud de arranque: | 184 m |
| - Desnivel entre la longitud de arranque y el pie del flujo: | 190 m |
| - Abarca un área aproximada de: | 1.124 ha |

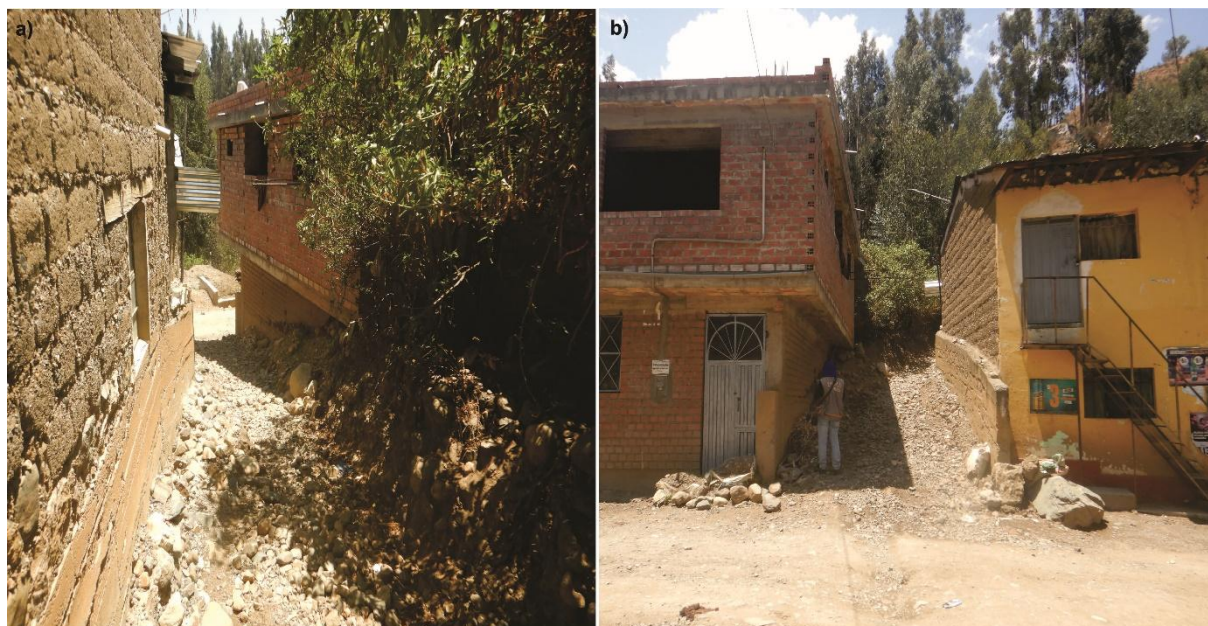


Figura 14. Quebrada reactivada el 25 de diciembre del 2023: a) vista con dirección al norte, donde se observa el material desplazado y la angosta quebrada, b) vista al sur donde se visualiza las dos viviendas una de adobe y otra de material noble, ubicadas en ambas márgenes de la quebrada; actualmente seca y ya cuenta con trabajos de descolmatación.

En la figura 15 se muestran dos imágenes, en las que se pueden ver, al lado izquierdo, una fotografía del 25 de diciembre del 2023, posterior al evento, donde se observa el depósito de bloques de roca con diámetros de 0.20 a 1 m, arrastrado por el flujo de detritos, así como su colmatación en cauce de quebrada, puertas y veredas de las viviendas adyacentes.; tal como se observa en la fotografía del lado derecho, donde están presentes una localización al raz de la quebrada y con especie de muro de adobe (B) que protege a la vivienda ahí localizada. Además, en estas tomas, se puede observar en dichas viviendas huellas dejadas por el flujo, el cual llegó a 1.8 m.

Asimismo, se hace una comparación de imágenes de la parte baja de la vía, el cual discurre en dirección al centro educativo N°86079 Ichoca, hasta donde llegó el flujo reactivado el 25 de diciembre del 2023 (figura 16), teniendo de referencia la fotografía del 2023. Al momento de generarse el flujo, el canal de riego que pasa por un costado de la vía fue obstruido por el material desplazado, depositándose en la plataforma del centro educativo en mención.



Figura 15. Vista donde de la quebrada reactivada el 25 de diciembre del 2023, según información del Diario Santo Domingo (lado izquierdo de la imagen), donde se evidencia el material removido desde la parte alta de la quebrada; así mismo se observó que el huaico llegó a 1.80 m según los rasgos evidenciados en las paredes de las viviendas ubicadas en sus márgenes, a lado derecho de la imagen actual de la quebrada, donde se observó que la quebrada había pasado por un proceso de limpieza de la quebrada y la vía.



Figura 16. Vista con dirección al norte, donde el canal de riego fue obstruido por el material que se desplazó con el flujo 2023, no se visualiza el canal. En la vista derecha se aprecia que la plataforma del centro educativo N°86079 Ichoca por donde se ingresa en el área que fue ocupada por el huaico 2023.

En la actualidad se puede ver el nivel al que llegó el flujo, tomando en referencia la vivienda de concreto, ubicada en la margen derecha de la quebrada entre las coordenadas UTM N 8945788 , E 225719, en cuyas paredes, el flujo llegó alcanzar niveles de 2.45, 1.90 m, y 1.87m (figura 17); y espesores de depositación de hasta 70 cm. Dichos depósitos de flujos, según los pobladores alcanzaron el metro de diametro.

Se menciona, que la vivienda de material de adobe, ubicada en la margen izquierda de la quebrada, entre las coordenadas UTM N 8945784, E 225711, al momento del paso del flujos, ya contaba con un muro de contension longitud de 7m y alto de 1.6m (figura 18), protegiendola y desviando los depósitos de flujos; siendo que esta vivienda es mas antigua que la de concreto, según la información de algunos pobladores de la zona.

De igual modo, el centro poblado de Ichoca cuenta con un canal de riego, denominado Auky Tacllon Piqui – Ichoca, con un ancho que varia de 1.5 a 0.80 m, profundidad visible de 0. 80 a 0.35 m; situado de manera contigua a la carretera vía Huaraz – Ichoca - Platano, el cual no cuenta con revestimiento, y que fue obstruido por dos dias debido al flujo. De presentarse un evento de mayores dimensiones podría volver a afectar a la poblacion que se encuentra aguas abajo, así como postes de tendido electrico (Figura 19). Cabe indicar que en este punto, se instaló un muro de contención y una pared de concreto, sobre el cauce del canal, con la finalidad de proteger a la infraestructura.



Figura 17. En la actualidad se visualiza la altura a la que llego el flujo, teniendo en referencia que la la frontera de la vivienda tiene una altura de 2.45 m; se evidencia bloques de 25 a 45 cm.



Figura 18. Vista de vivienda de adobe de dos pisos, ubicado en la margen izquierda de la quebrada S/N, el cual cuenta con un muro de contención de concreto de 7 m. longitud, 1.6 m. alto.



Figura 19. Canal de riego sin revestimiento, ubicado entre la vía, a 5 m de las viviendas y postes de tendido eléctrico, en un tramo del canal de riego el cual fue afectado por el huaico, se construyó un muro de concreto. Metros abajo se observa que algunas viviendas cuentan con pases de madera de acceso vehicular a sus viviendas

5.1.2. Erosión de laderas

Las cárcavas que se tienen en las laderas aledañas al centro poblado de Ichoca, generan material coluvio-deluvial (areno, limo arcilloso), se caracteriza por la presencia de asentamientos en el terreno, con amplitudes que varían entre 73 y 168 m y longitudes de 20 a 640 m (figuras 20-21).

La laderas sobre las que se desarrollan estos eventos, se encuentran compuestas por conglomerados, gravas y bloques, en matriz limo arcillosa; propensos a la erosión y generación de cárcavas.

La formación de erosiones de ladera en esta área esta condicionada por varios factores:

- **Escorrentía superficial:** El agua de lluvia u otros flujos de agua pueden correr por la superficie de la ladera, generando surcos y cárcavas a medida que erosionan y arrastran los sedimentos limo arcillosos.
- **Pendiente pronunciada:** La ladera tiene una pendiente empinada de alta a escarpada 15° a $>45^\circ$, aumenta la velocidad del agua de escorrentía y por ende la erosión, lo cual acelera el proceso.
- **Inestabilidad del terreno:** La presencia de sedimentos coluvio-deluviales indica que el terreno ya ha experimentado procesos de movimiento de masas. La inestabilidad del terreno puede conducir a la formación de surcos o cárcavas a medida que los sedimentos son arrastrados y erosionados por la acción del agua.
- **Ciclos de humedad y sequedad:** Estos ciclos pueden contribuir a la formación de cárcavas. El agua puede infiltrarse en los sedimentos limo arcillosos, provocando su expansión, y luego, durante períodos secos, la contracción puede resultar en grietas y desmoronamientos que amplifican la formación de cárcavas.



Figura 20. Vista con dirección al norte, donde se observa erosión de ladera de tipo carcava, ubicado entre las coordenadas UTM N 8945448, E 225879.

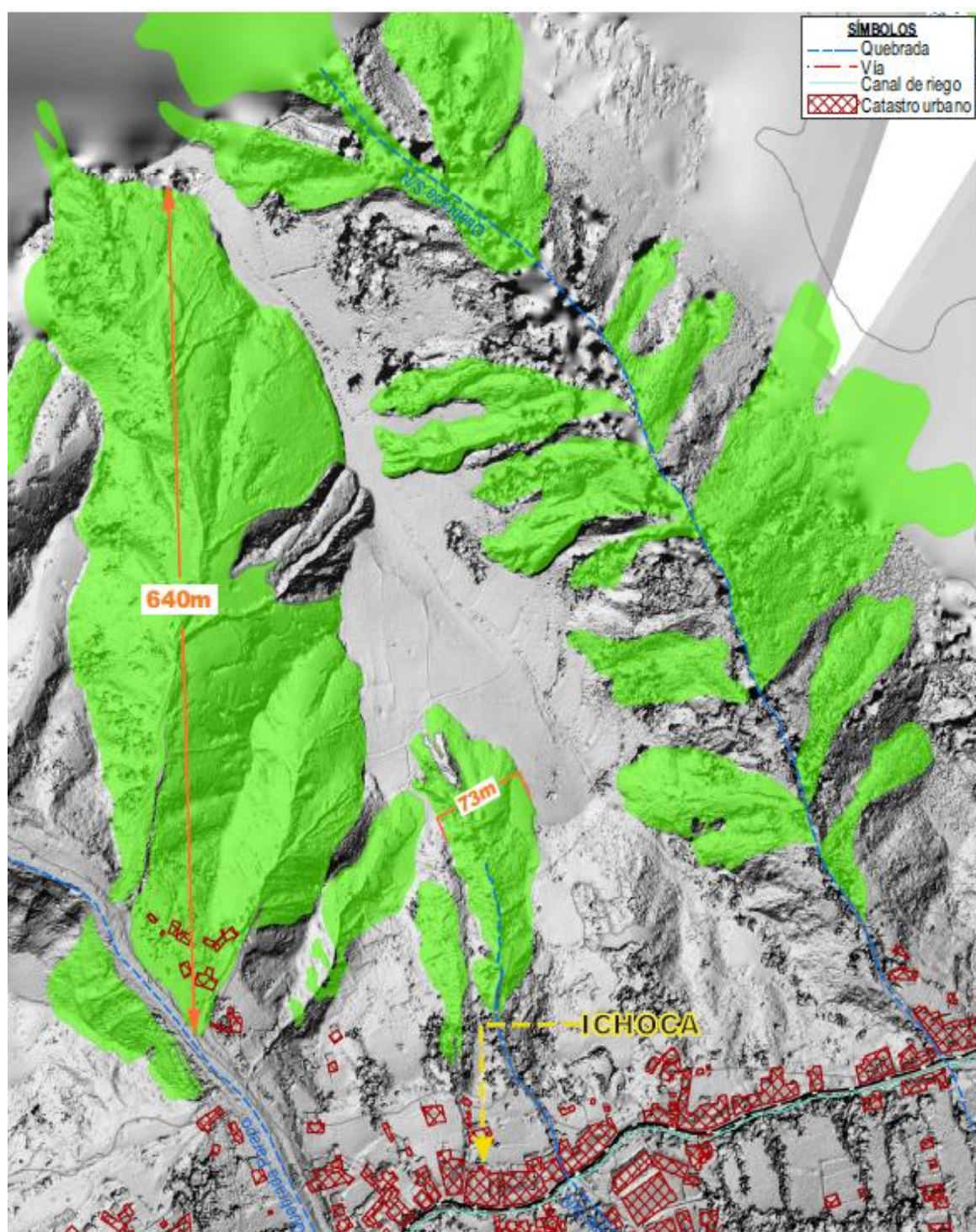


Figura 21. Procesos de erosión de ladera, de tipo carcavas (poligonos de color verde), que se encuentran en las laderas de la parte alta del centro poblado de Ichoca y alrededores.



Figura 22. Vista de las cárcavas identificados en las laderas de la parte alta de Ichoca y alrededores.

5.2. Factores condicionantes

Son todos aquellos factores naturales o antrópicos que condicionan o contribuyen a la inestabilidad de una ladera o talud, pero que no constituyen el evento detonante del movimiento; se detallan en el cuadro 8:

Cuadro 8. Factores condicionantes de los procesos por movimientos en masa.

FACTORES	CARACTERÍSTICAS
Litológico	<ul style="list-style-type: none"> • Conglomerados mal clasificados, con clastos polimícticos de areniscas e intrusivos, de coloración gris a rojizos. • Geotécnicamente estos depósitos se encuentran altamente meteorizadas (A4) y muy alterada.
Geomorfológico	<ul style="list-style-type: none"> • La subunidad geomorfológica de colinas y lomadas en roca sedimentaria presenta laderas de pendiente fuerte (15°-25°) a muy escarpado (>45°), por lo cual son susceptibles a la ocurrencia de deslizamientos, derrumbes y/o caídas de rocas.

	<ul style="list-style-type: none"> Las subunidades de vertiente con depósito de deslizamiento, coluvio-deluvial y piedemonte aluvio torrencial originados por procesos de movimientos en masa, antiguos y/o recientes. presentan terrenos de pendiente moderada (5°-15°) a fuerte (15°-25°). Están asociada a la ocurrencia de movimientos en masa de tipo deslizamiento, derrumbe y procesos de erosión de ladera. La subunidad de terraza fluvial se presenta baja a media (5°-15°), geodinámicamente asociada a flujos.
Antrópico	<ul style="list-style-type: none"> Modificaciones de los taludes a través de los cortes de ladera, generando inestabilidad en el terreno.

5.3. Factores desencadenantes

Corresponden a eventos naturales o antrópicos, que son la causa directa e inmediata de un peligro geológico. Entre ellos pueden estar, por ejemplo: los terremotos; las lluvias (lluvia acumulada de larga duración o lluvias intensas de corta duración); la excavación del pie de una ladera y la sobrecarga de una ladera. Los cuales se detallan en el cuadro 9:

Cuadro 9. Factores desencadenantes por movimientos en masa.

FACTORES	CARACTERISTICAS
Precipitaciones	<ul style="list-style-type: none"> Precipitaciones pluviales Intensas y/o excepcionales, principalmente entre los meses de diciembre a abril.
Sismos	<ul style="list-style-type: none"> La presencia de sismos de gran magnitud, que según el Mapa de distribución de Máximas Intensidades Sísmicas (Alva & Meneses, 1984), el área de estudio se encuentra ubicada en la zona 3 que corresponde a sismicidad alta.
Actividad antrópica	<ul style="list-style-type: none"> Canales de riego que no presentan revestimiento; lo que está aportando con la saturación de terreno. Construcción de viviendas en cauce de quebrada que estrangulan y reducen el cauce

5.4. Daños ocasionados por el flujo de detritos

- Afectó a dos viviendas.
- Afectó 10 m de la vía Ichoca – Huaraz.
- Afectó 14 m del canal de riego (sin revestimiento).
- Podría afectar a el centro educativo N° 86079.
- Podría afectar dos de postes de tendido eléctrico.
- Podría afectar un pozo séptico (ubicado en la margen derecha) (figura 23).
- Podría afectar nuevamente las viviendas ubicadas al pie del flujo.



Fotografía 23. Pozo séptico, de más de 10 años de antigüedad, exclusivo uso para el centro poblado de Ichoca, ubicado en las coordenadas N8945834, E 225667.

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, se emiten las siguientes conclusiones:

1. Los peligros geológicos identificados en el centro poblado de Ichoca, corresponden a movimientos en masa de tipo: flujos de detritos, deslizamientos, derrumbes y erosión de ladera (cárcava).
2. El flujo de detritos, es el principal peligro en la zona, y corresponde a un evento reactivado en diciembre del 2023; el cual causó daños en dos viviendas, 14m de canal de riego y otras infraestructuras del centro poblado de Ichoca, tales como la obstrucción de la vía Ichoca – Huaraz en 13 m. De reactivarse nuevamente podría afectar al centro educativo N° 86079, dos postes de tendido eléctrico, un pozo séptico y podría afectar nuevamente las viviendas ubicadas al pie del flujo.
3. Tal como se muestra en figuras y registro fotográfico en la zona, se puede observar el alcance de flujo con altura de hasta 1.8m que afectaron a las viviendas (puertas y veredas) colmatadas de material en el 2023, con bloques y lodo. De igual modo se observa que la construcción de viviendas en cauce o adyacentes al mismo, estrangulan e interfieren en el recorrido de flujo natural.
4. Con el muro de contención al lado izquierdo de la quebrada, se protegió la vivienda de adobe; sin embargo, la construcción de otras viviendas en el cauce, estrangularon el recorrido normal de flujo.
5. Los factores que condicionan la ocurrencia de peligros geológicos en la zona de estudio, son la presencia de depósitos inconsolidados pertenecientes a movimientos en masa antiguos y recientes, ubicados sobre macizo rocoso muy meteorizado. Además de la presencia de colina y lomadas sedimentarias con laderas de pendiente fuertes (15°-25°) a muy escarpado (>45°), así como las modificaciones de los taludes a través de los cortes de carreteras, generando inestabilidad en el terreno.
6. Los factores desencadenantes para la ocurrencia de movimientos en masa en el centro poblado de Ichoca y alrededores corresponden a lluvias excepcionales como las registradas en los meses de marzo – abril (ejemplo, umbrales de 35 mm por día) y la actividad antrópica (canales de riego sin revestimiento), riego indiscriminado y la construcción de viviendas en cauce, son los principalmente considerados.
7. Por las condiciones expuestas el área evaluada se considera como **Zona crítica** con **Peligro Alto** ante la generación de flujo de detritos, deslizamiento, derrumbe y erosión de ladera.

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 recomendaciones permitirá darle mayor seguridad a la población e infraestructura expuesta a los peligros antes mencionados.

1. Reubicar las dos viviendas ubicadas en las márgenes de la quebrada, las que se muestran en las figuras 17 y 18.
2. Prohibir la construcción de nuevas viviendas y/o infraestructura en el cuerpo del flujo de detritos del centro poblado de Ichoca.
3. Reforestar la parte alta y media de la ladera, con el objetivo, de evitar que se desarrollen los procesos de erosiones de ladera; con ello se reducirá la acumulación de material suelto en la ladera y en el cauce de la quebrada.
4. Instalación de trinchos y construcción de barreras escalonadas a lo largo de la pequeña quebrada, con la finalidad de evitar el avance de la erosión de fondo y ensanchamiento de la quebrada.
5. Revestir el canal de riego, para evitar la saturación del suelo.
6. Realizar limpieza y descolmatación periódica de la quebrada, con carácter de urgente en temporadas de avenida, con el fin de evitar la acumulación de material.
7. En las laderas del centro poblado de Ichoca y alrededores, evitar realizar cortes del talud, de realizarse deben ser con dirección técnica, para no generar inestabilidad.
8. Considerar la colocación de señalética en vías de acceso y áreas en peligro, en el tramo de corte de carretera (indicar coordenadas), advirtiendo la posible ocurrencia de huaico en el centro poblado Ichoca.
9. Realizar charlas de sensibilización y concientización sobre el peligro al que se encuentran expuestos los pobladores del distrito de Pallasca.
10. Realizar una Evaluación del Riesgo de Desastres Originados por Fenómenos Naturales (EVAR)


Ing. NORMA LUZ SOSA SENTICALA
Especialista en Peligros
Geológicos
INGEMMET


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

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Cobbing, J., Sánchez, A., Martines, W. & Zarate, H. (1996) - Geología del cuadrángulo de Huaraz, Recuay, La Unión, Chiquian y Yanahuanca (hojas 20-h, 20-i, 20-j, 21-i, 21-j). INGEMMET Boletín, Serie A: Carta Geológica Nacional (Escala 1: 100 000), 280 p.

Instituto Nacional de Defensa Civil. Dirección de Preparación (2017). Escenario sísmico para Lima Metropolitana y Callao: Sismo 8.8 Mw, 54 p
<https://www.indeci.gob.pe/wp-content/uploads/2019/01/201711231521471-1.pdf>

Instituto Nacional de Recursos Naturales. Intendencia de Recursos Hídricos. Unidad de Glaciología y Recursos Hídricos, Instituto Geológico Minero y Metalúrgico INGEMMET, (2003). Informe de evaluación del estado de los glaciares en la cabecera de la laguna Palcacocha. 24 p.

Radio Santo Domingo – Huaraz, 102.1 FM: file:///D:/Norma/2024/Act11/4.%20Yungar-%20Ancash/3.%20ICHOCA/Antecende/Huaraz_%20huaico%20afecta%20vías%20de%20acceso%20y%20viviendas%20en%20centro%20poblado%20de%20Ichocha.html

Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas (2007). Movimientos en masa en la región andina: una guía para la evaluación de amenazas. Santiago: Servicio Nacional de Geología y Minería, 432 p., Publicación Geológica Multinacional, 4.

Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (2024) – SENAMHI. Disponible en: <https://www.senamhi.gob.pe/?p=estaciones>

Villota, H. (2005). Geomorfología aplicada a levantamientos edafológicos y zonificación física de tierras. 2. ed. Bogotá: Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 210 p.

Zavala, B., Valderrama, P., Pari, W., Luque, G., (2009) Riesgos Geológicos en la región Ancash, Boletín N° 38, Serie C, Geodinámica e Ingeniería Geológica, 280 p., 18 mapas.
<https://repositorio.ingemmet.gob.pe/handle/20.500.12544/243>

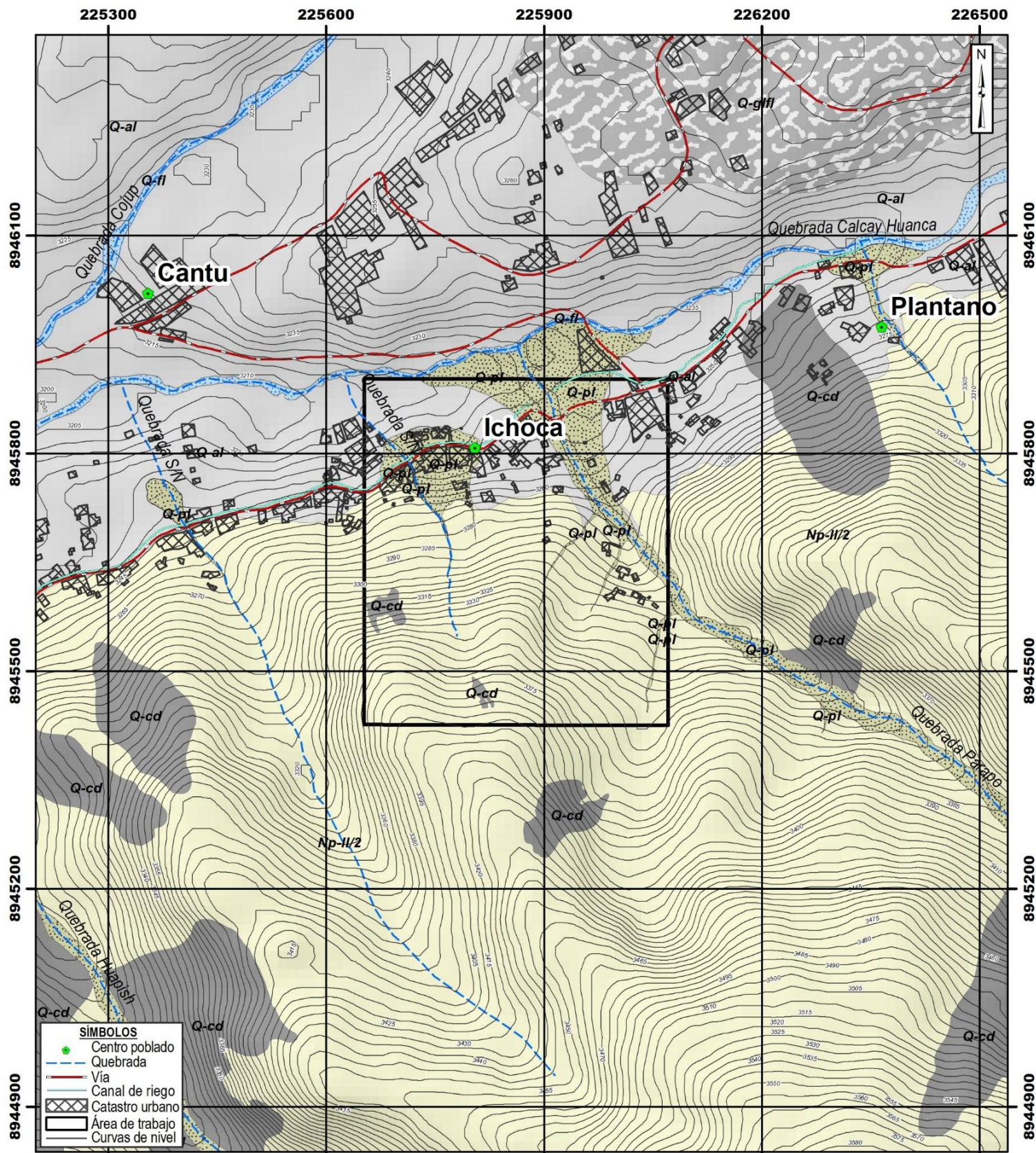
ANEXO 1: MAPAS

Mapa 1. Mapa geológico

Mapa 2. Mapa de pendientes de terreno

Mapa 3. Mapa geomorfológico

Mapa 4. Cartografía de peligros geológicos



LEYENDA		
Era	Sistema	Unidades litoestratigráficas
Cenozoico	Cuaternario	Q-al Depósito aluvial
		Q-cd Depósito coluvio-deluvial
		Q-fl Depósito fluvial
		Q-pl Depósito proluvial
		Q-gfl Depósito glaciar, fluvial
Neógeno		Np-II/2 Formación Lloclla



SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INSTITUTO GEOLOGICO, MINERO Y METALURGICO

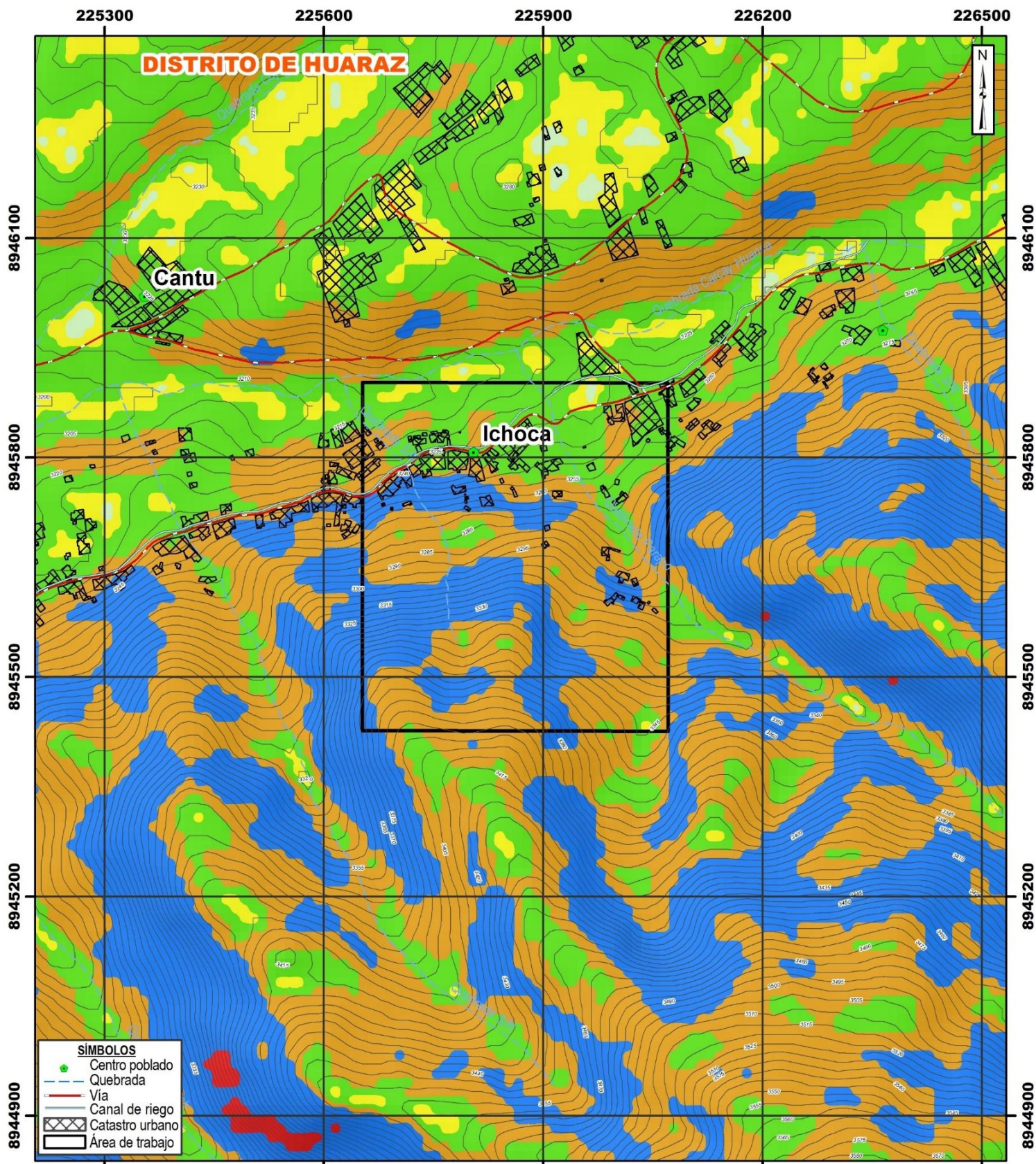
DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

DEPARTAMENTO: ANCASH
PROVINCIA: HUARAZ
DISTRITO: HUARAZ

GEOLOGÍA DEL SECTOR ICHOCA

Escala: 1/7,000	Elaborado por: Sosa, N.
Proyección: UTM Zona 18 Sur Datum: WGS 84	
Versión digital 2024	Impreso: Diciembre, 2024

01



RANGOS DE PENDIENTE

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

SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
 INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

DEPARTAMENTO: ANCASH
 PROVINCIA: HUARAZ
 DISTRITO: HUARAZ

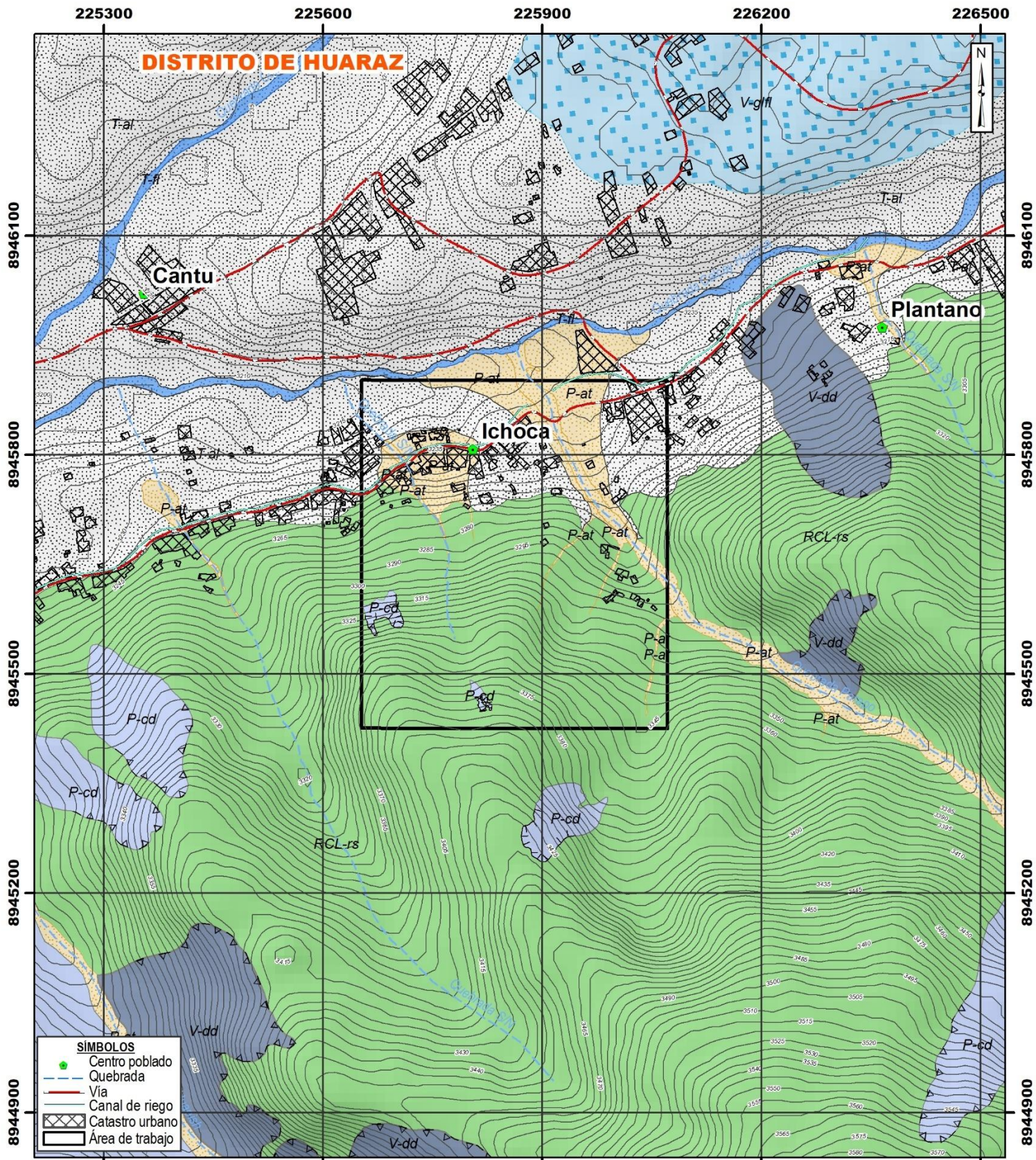
PENDIENTE DEL CENTRO POBLADO DE ICHOCA

Escala: 1/7,000 Elaborado por: Sosa, N.

Proyección: UTM Zona 18 Sur Datum: WGS 84

Versión digital 2025 Impreso: Enero, 2025

02



LEYENDA		
Unidad	Código	Unidades geomorfológicas
Colinas	RCL-rs	Colina y lomada sedimentaria
	P-cd	Piedemonte coluvio-deluvial
Vertiente o piedemonte	V-dd	Vertiente con depósitos de deslizamiento
	P-at	Piedemonte aluvio-torrencial
Planicie	V-gfl	Vertiente glacio-fluvial
	T-al	Terraza aluvial
	T-fl	Terraza fluvial



SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INSTITUTO GEOLOGICO, MINERO Y METALURGICO

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

DEPARTAMENTO: ANCASH
PROVINCIA: HUARAZ
DISTRITO: HUARAZ

GEOMORFOLOGÍA DEL CENTRO POBLADO DE ICHOCA

Escala: 1/7,000

Proyección: UTM Zona 18 Sur Datum: WGS 84

Versión digital 2025

Elaborado por: Sosa, N.

Impreso: Enero, 2025

03

