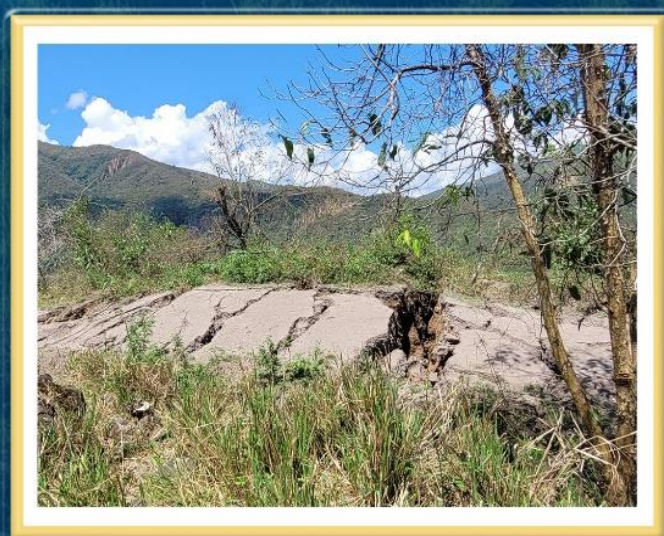


DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A7365

EVALUACIÓN DE PELIGRO GEOLÓGICO POR DESLIZAMIENTO EN EL CASERÍO SAN JUAN DE DIOS

Departamento Cajamarca
Provincia San Ignacio
Distrito San José de Lourdes



MARZO
2023

EVALUACIÓN DE PELIGRO GEOLÓGICO POR DESLIZAMIENTO EN EL CASERÍO SAN JUAN DE DIOS

Distrito San Juan de Lourdes, provincia San Ignacio, departamento Cajamarca

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

Equipo de investigación:

Luis Miguel León Ordáz

Elvis Rubén Alcántara Quispe

Referencia bibliográfica

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2023). Evaluación de peligro geológico por deslizamiento en el caserío San Juan de Dios, distrito San José de Lourdes, provincia San Ignacio, departamento Cajamarca. Lima: Ingemmet, Informe Técnico N° A7365, 31p.

ÍNDICE

| | |
|--|----|
| RESUMEN | 1 |
| 1. INTRODUCCIÓN | 2 |
| 1.1 Objetivos del estudio | 2 |
| 1.2 Antecedentes | 3 |
| 1.3 Aspectos generales..... | 3 |
| 1.3.1 Ubicación | 3 |
| 1.3.2 Accesibilidad | 4 |
| 1.3.3 Población..... | 4 |
| 1.3.4 Clima..... | 5 |
| 2. DEFINICIONES..... | 5 |
| 3. ASPECTO GEOLÓGICO | 7 |
| 3.1 Unidades litoestratigráficas | 7 |
| 4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS..... | 10 |
| 4.1 Modelo digital de elevaciones..... | 11 |
| 4.2 Pendiente del terreno | 11 |
| 4.3 Unidades Geomorfológicas | 13 |
| 4.3.1 Geoformas de carácter deposicional y agradacional..... | 13 |
| 5. PELIGROS GEOLÓGICOS | 15 |
| 6. CONCLUSIONES | 20 |
| 7. RECOMENDACIONES | 21 |
| BIBLIOGRAFÍA..... | 22 |
| ANEXO 1. MAPAS | 23 |
| ANEXO 2. MEDIDAS CORRECTIVAS..... | 27 |

RESUMEN

El presente informe técnico es el resultado de la evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa, realizado en el caserío San Juan de Dios, distrito San José de Lourdes, provincia San Ignacio, departamento Cajamarca. 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.

En la zona evaluada se identificaron depósitos de origen coluvio deluvial, conformado por bloques (20%) y gravas (35%) de formas subangulosos y subredondeados, en matriz areno limosa (45%); se presentan inconsolidados, lo que facilita la infiltración de agua de escorrentía e incrementa la saturación del terreno, generando inestabilidad. Estos depósitos se encuentran sobre un basamento de rocas sedimentarias de la Formación Inca-Chúlec (Ki-ich), que se encuentran muy fracturadas y altamente meteorizadas.

Geomorfológicamente se tiene las sub unidades: vertiente o piedemonte aluvial (V- al), con terreno de pendiente entre 1° a 5°, (M-rs); vertiente o piedemonte coluvial (V -cd); vertiente con depósito de deslizamiento (V-dd) y terraza fluvial (T-fl).

En área de estudio, se identificó un deslizamiento rotacional que se activó el 11 de agosto de 2022, ocasionando la pérdida de terrenos de cultivo de paltas (1/2 ha), pastos (2.7 ha); también afectó 2 viviendas y la vía que conduce del caserío de Juan de Dios a San José de Lourdes, en un tramo de 400 m.

El deslizamiento tiene un escarpe con una longitud de 270 m, con salto vertical de 2 a 5 m de forma irregular. El cuerpo del deslizamiento presenta una longitud de 200 m y un ancho promedio de 190 m.

Los factores condicionantes de los movimientos en masa son: a) pendiente del terreno entre 15° a >45°; b) depósito coluvio deluviales sin sistema de drenaje, esto permite la filtración y retención del agua, conlleva al aumento de peso de la masa inestable. El factor desencadenante fueron las lluvias intensas acaecidas en el mes de marzo 2022.

Por las condiciones litológicas, geomorfológicas y de geodinámica externa se considera como **Zona Crítica** y de **Peligro Alto** a movimientos en masa. El evento mencionado puede reactivarse por la presencia de lluvias intensas y/o prolongadas.

Finalmente se brindan las recomendaciones que se consideran importantes que las autoridades competentes y tomadores de decisiones pongan en práctica en el área evaluada. Se propone realizar un EVAR para la reubicación de viviendas afectadas, con la finalidad salvaguardar integridad física.

1. INTRODUCCIÓN

El Ingemmet, ente técnico-científico que desarrolla a través de los proyectos de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (DGAR) la “Evaluación de peligros geológicos a nivel nacional (ACT. 11)”, contribuye de esta forma con entidades gubernamentales mediante el reconocimiento, caracterización y diagnóstico del peligro geológico en zonas que tengan elementos vulnerables.

Atendiendo lo solicitado por la Municipalidad Distrital San José de Lourdes, mediante el Oficio N° 0305-2022-MDSJL/A, es en el marco de nuestras competencias que se realiza una evaluación de peligros geológicos por movimientos en masas en el caserío San Juan de Dios.

La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del Ingemmet designó a los Ingenieros Luis León Ordáz y Elvis Alcántara Quispe para realizar la evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa que afectan el caserío San Juan de Dios; los trabajos de campo se realizaron el día 13 de setiembre del 2022.

La evaluación técnica se basa en la recopilación y análisis de información existente de trabajos anteriores realizados por Ingemmet, los datos obtenidos durante el trabajo de campo (puntos de control GPS, fotografías terrestres y aéreas), 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 Distrital San José de Lourdes, donde se proporcionan resultados de la inspección y recomendaciones para la 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) Identificar, tipificar y caracterizar el movimiento en masa que presenta en la localidad de San Juan de Dios, distrito San José de Lourdes, provincia San Ignacio y departamento Cajamarca.
- b) Determinar los factores condicionantes y desencadenantes que influyen en la ocurrencia de los movimientos en masa.
- c) Proponer medidas de prevención, reducción y mitigación ante peligros geológicos identificados en los trabajos de campo.

1.2 Antecedentes

Se han recopilado todos los informes y reportes que abarquen los aspectos geodinámicos de la zona de estudio, los cuales se mencionan a continuación:

- Boletín N° 57, serie A, Carta Geológica Nacional, Julio de la Cruz W. (1995); Geología de los cuadrángulos Río Santa Águeda, San Ignacio y Aramango (hojas 10-f, 11-f y 11-g). Según la geología descrita a escala 1:100 000.
- Informe técnico (Geología ambiente y riesgo geológico), Zonas críticas por peligros geológicos y geohidrológicos en la región Cajamarca, Primer Reporte (Zavala & Barrantes, 2007), identificando en la provincia de San Ignacio 10 zonas críticas, encontrando procesos de movimientos en masa como: deslizamientos, flujos de detritos y derrumbes.
- Boletín N° 44, Serie C, Riesgo Geológico en la Región Cajamarca, (Zavala, et al. 2009), indican que el caserío San Juan de Dios (distrito San José de Lourdes), se encuentra en zona de media y alta susceptibilidad a movimientos en masa.

1.3 Aspectos generales

1.3.1 Ubicación

El caserío San Juan de Dios, distrito San José de Lourdes, provincia San Ignacio y departamento Cajamarca (cuadro 1, figura 1), está ubicado en las siguientes coordenadas UTM WGS 84 – Zona: 17S:

Cuadro 1. Coordenadas del área de estudio, caserío San Juan de Dios.

| N° | UTM – WGS 84 - ZONA 17S | | COORDENADAS DECIMALES | |
|--|-------------------------|---------|-----------------------|-------------|
| | Este | Norte | Latitud | Longitud |
| 1 | 730200 | 9431380 | -5.140962° | -78.923401° |
| 2 | 730200 | 9430870 | -5.145573° | -78.923386° |
| 3 | 729710 | 9430870 | -5.145587° | -78.927803° |
| 4 | 729710 | 9431380 | -5.140976° | -78.927818° |
| COORDENADA CENTRAL DE LA ZONA EVALUADA O EVENTO PRINCIPAL | | | | |
| C | 729960 | 9431024 | -5.144185° | -78.925552° |

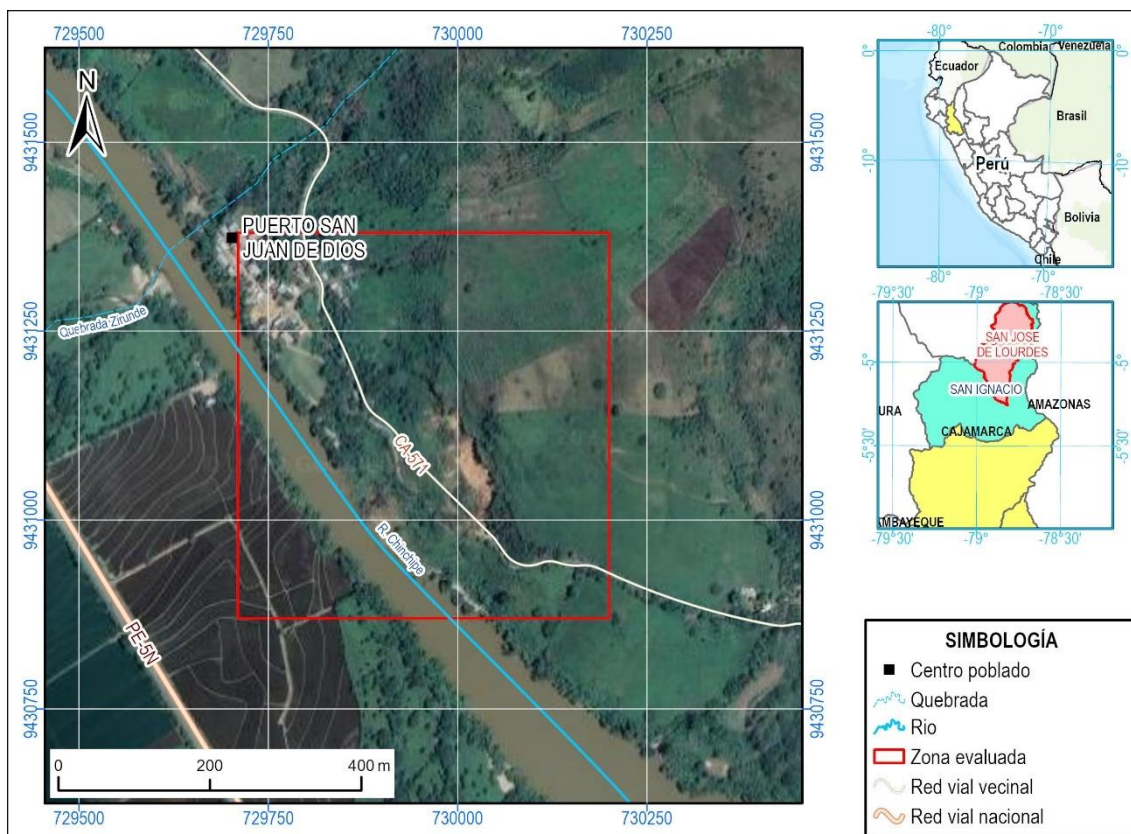


Figura 1. Ubicación caserío San Juan de Dios.

1.3.2 Accesibilidad

Se accede por vía terrestre desde Cajamarca hacia el caserío San Juan de Dios, a través de una vía asfaltada y sin asfaltar, tal como se detalla en la siguiente ruta (cuadro 2):

Cuadro 2. Rutas y acceso a la zona evaluada

| Ruta | Tipo de calles | Distancia (km) | Tiempo estimado |
|--------------------------------|--------------------------|----------------|-----------------------|
| Cajamarca – San Ignacio | Asfaltada y sin Asfaltar | 239.5 | 6 horas 20 minutos |
| San Ignacio – San Juan de Dios | Asfaltada y sin Asfaltar | 30 | 45 minutos |

1.3.3 Población

De acuerdo a la información censal más reciente (INEI, 2017), en el caserío San Juan de Dios tiene una población de 96 habitantes, distribuidos en 36 viviendas, con red de desagüe y energía eléctrica (cuadro 3).

Cuadro 3. Características caserío San Juan de Dios. Fuente: INEI - 2017.

| Descripción | Caserío San Juan de Dios – INEI |
|--|------------------------------------|
| Código de Ubigeo y Centro Poblado | 0609060070 |
| Longitud | -78.927890 |
| Latitud | -5.141035 |
| Altitud | 573 |
| Población | 96 |
| Vivienda | 36 |
| Agua Por Red Publica | no |
| Energía eléctrica en la vivienda | si |
| Desagüe por red publica | no |
| Institución Educativa Primaria | si |
| Alumnos | 25 |
| Institución Educativa Secundaria | no |
| Establecimiento de salud | no |
| Idioma o Lengua hablada con mayor frecuencia | Castellano |

1.3.4 Clima

Según el método de clasificación climática de Warren Thornthwaite (SENAMHI, 2020), la zona de estudio posee un clima Semiseco con humedad abundante todas las estaciones del año. Templado, C (r) B'.

En verano, el tiempo de esta área está determinado por la Alta de Bolivia, por el flujo de humedad del este y por factores locales. Mientras que, en el invierno, las DANAs pueden generar precipitaciones aisladas principalmente en las zonas altas del centro y sur del país; además, también son frecuentes las heladas en esta temporada debido al ingreso de vientos secos del oeste en altura.

Esta región presenta durante el año, en promedio temperaturas máximas de 21°C a 25°C y temperaturas mínimas de 7°C a 11°C. Los acumulados anuales de lluvias en estas zonas pueden alcanzar valores desde los 700 mm hasta los 2000 mm aproximadamente.

2. DEFINICIONES

El presente informe técnico está dirigido a las entidades gubernamentales en los tres niveles de gobierno, así como personal no especializado, que no son necesariamente geólogos; por ello se desarrollan algunas definiciones relevantes, considerando como base el Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas (2007), 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.

Arcilla: Suelo para ingeniería con tamaño de partículas menores a 2 micras (0,002 mm) que contienen minerales arcillosos. Las arcillas y suelos arcillosos se caracterizan por presentar cohesión y plasticidad. En este tipo de suelos es muy importante el efecto del agua sobre su comportamiento.

Coluvial: Forma de terreno o material originado por la acción de la gravedad.

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.

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

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 un contrapendiente de la superficie de la cabeza del deslizamiento hacia el escarpe.

Detonante: Acción o evento natural o antrópico, que es la causa directa e inmediata de un movimiento en masa. Entre ellos pueden estar, por ejemplo, los terremotos, la lluvia, la excavación del pie de una ladera, la sobrecarga de una ladera, entre otros.

Escarpe o 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.

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

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

Ladera: Superficie natural inclinada de un terreno.

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.

Movimiento en masa: Movimiento ladera abajo de una masa de roca, de detritos o de tierras (Cruden, 1991). Estos procesos corresponden a caídas, vuelcos, deslizamientos, flujos, entre otros. Sin.: Remoción en masa y movimientos de ladera.

Peligro o amenaza geológica: Proceso o fenómeno geológico que podría ocasionar la muerte, lesiones u otros impactos a la salud, al igual que daños a la propiedad, la pérdida de medios de sustento y de servicios, trastornos sociales y económicos, o daños ambientales.

Saturación: El grado de saturación refleja la cantidad de agua contenida en los poros de un volumen de suelo dado. Se expresa como una relación entre el volumen de agua y el volumen de vacíos.

Susceptibilidad: La susceptibilidad está definida como la propensión que tiene una determinada zona a ser afectada por un determinado proceso geológico, expresado en grados cualitativos y relativos. Los factores que controlan o condicionan la ocurrencia de los procesos geodinámicos son intrínsecos (la geometría del terreno, la resistencia de los materiales, los estados de esfuerzo, el drenaje superficial y subterráneo, y el tipo de cobertura del terreno) y los detonantes o disparadores de estos eventos son la sismicidad y la precipitación pluvial.

Zonas críticas: Son zonas o áreas con peligros potenciales de acuerdo a la vulnerabilidad asociada (infraestructura y centros poblados), que muestran una recurrencia, en algunos casos, entre periódica y excepcional. Algunas 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.

En el presente Glosario se describe según los términos establecidos en el Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas (2007) - Movimientos en masa en la región andina: una guía para la evaluación de amenazas.

3. ASPECTO GEOLÓGICO

El análisis se desarrolló en base al Boletín N° 57, serie A, Carta Geológica Nacional, Geología de los cuadrángulos Río Santa Águeda, San Ignacio y Aramango (hojas 10-f, 11-f y 11-g). Según la geología descrita a escala 1:100 000, (Julio de la Cruz W., 1995); también se realizó trabajos en campo, para caracterizar y delimitar las diferentes unidades litológicas considerando su grado de resistencia y susceptibilidad a procesos de erosión (mapa 1).

3.1 Unidades litoestratigráficas

En el sector evaluado se tienen los siguientes depósitos cuaternarios:

3.1.1 Depósito fluvial (Q-fl)

Están constituidos por bloques y gravas subredondeadas con presencia de arenas. Estos materiales están distribuidos a lo largo del cauce y en ambos márgenes del río Chinchipe, también recibe el aporte de materiales finos como limos y arcillas que provienen desde las laderas y que son transportados por la escorrentía en temporada de lluvias. Esta cobertura tiene espesores variables, se distribuye a ambas márgenes y en el cauce de del río Chinchipe (figura 2).



Figura 2. Se puede apreciar el área poblada del caserío San Juan de Dios, asentado sobre depósitos fluviales.

3.1.2 Depósito coluvio – deluvial (Q-cd)

Son depósitos formados por la acumulación intercalada de materiales de origen coluvial y deluvial (material con poco transporte), estos se encuentran interestratificados y no es posible diferenciarlos (Vílchez et al.,2019), estos depósitos están constituidos por bloques y gravas subangulosos y sub redondeados, heterométricos con un porcentaje mayor de matriz areno - limosa, por su composición y origen son altamente inestables (fotografía 1).



Fotografía 1. Deposito coluvio deluvial, compuestos por gravas y bloques subangulosos y subredondeados, dentro de una matriz areno – limosa.

Ficha descriptiva N° 1 - Fotografía 1. (Coordenadas UTM WS-84 -17S, **Norte:** 9431188 – **Este:** 730000)

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 checked="" type="checkbox"/> Coluvial | <input type="checkbox"/> Eólico |
| | <input type="checkbox"/> Aluvial | <input type="checkbox"/> Orgánico |
| | <input type="checkbox"/> Fluvial | <input type="checkbox"/> Artificial |
| | <input type="checkbox"/> Proluvial | <input type="checkbox"/> Litoral |
| | <input type="checkbox"/> Glaciar | <input type="checkbox"/> Fluvio glaciar |

GRANULOMETRÍA

| | |
|---------------------------------|----------|
| % | |
| <input type="text" value="20"/> | Bolos |
| <input type="text" value=""/> | Cantos |
| <input type="text" value="30"/> | Gravas |
| <input type="text" value=""/> | Gránulos |
| <input type="text" value="20"/> | Arenas |
| <input type="text" value="15"/> | Limos |
| <input type="text" value="10"/> | Arcillas |

FORMA

| |
|--|
| <input checked="" type="checkbox"/> Esférica |
| <input type="checkbox"/> Discoidal |
| <input type="checkbox"/> Laminar |
| <input type="checkbox"/> Cilíndrica |

REDONDES

| |
|---|
| <input type="checkbox"/> Redondeado |
| <input checked="" type="checkbox"/> Subredondeado |
| <input type="checkbox"/> Anguloso |
| <input checked="" type="checkbox"/> Subanguloso |

PLASTICIDAD

| |
|---|
| <input type="checkbox"/> Alta plasticidad |
| <input checked="" type="checkbox"/> Med. Plástico |
| <input type="checkbox"/> Baja Plasticidad |
| <input type="checkbox"/> No plástico |

| ESTRUCTURA | TEXTURA | CONTENIDO DE | % | LITOLOGÍA |
|---|--|---|---|--|
| <input type="checkbox"/> Masiva | <input checked="" type="checkbox"/> Harinoso | <input type="checkbox"/> Materia Orgánica | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> Intrusivos |
| <input checked="" type="checkbox"/> Estratificada | <input type="checkbox"/> Arenoso | <input type="checkbox"/> Carbonatos | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> Volcánicos |
| <input type="checkbox"/> Lenticular | <input type="checkbox"/> Aspero | <input type="checkbox"/> Sulfatos | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> Matamórficos |
| | | | <input checked="" type="checkbox"/> 100 | <input type="checkbox"/> Sedimentarios |

COMPACIDAD

SUELOS FINOS

Limos y Arcillas

| |
|-----------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Blanda |
| <input type="checkbox"/> Compacta |
| <input type="checkbox"/> Dura |

Arenas

| |
|--|
| <input checked="" type="checkbox"/> Suelta |
| <input type="checkbox"/> Densa |
| <input type="checkbox"/> Muy Densa |

SUELOS GRUESOS

Gravas

| |
|--|
| <input checked="" type="checkbox"/> Suelta |
| <input type="checkbox"/> Med. Consolidada |
| <input type="checkbox"/> Consolidada |
| <input type="checkbox"/> Muy Consolidada |

CLASIFICACIÓN TENTATIVA S.U.C.S.

SUELOS GRUESOS

| | |
|--|-----------------------------|
| <input type="checkbox"/> GW | <input type="checkbox"/> GC |
| <input type="checkbox"/> GP | <input type="checkbox"/> SW |
| <input type="checkbox"/> GM | <input type="checkbox"/> SP |
| <input checked="" type="checkbox"/> SM | <input type="checkbox"/> SC |

SUELOS FINOS

| | |
|--|-----------------------------|
| <input checked="" type="checkbox"/> ML | <input type="checkbox"/> CH |
| <input type="checkbox"/> CL | <input type="checkbox"/> OH |
| <input type="checkbox"/> OL | <input type="checkbox"/> PT |
| <input type="checkbox"/> MH | |

3.1.3 Depósito aluvial (Q-al)

Está constituido por gravas y arenas limosas; se los encuentra formado parte de conos de deyección o piedemonte que confluyen hacia los cursos principales de los ríos, en el sector evaluado los encontramos de este a oeste.

3.1.4 Depósito Fluvial (Q-fl)

Depósitos no consolidados heterométricos constituidos por bloques y gravas subredondeadas en matriz areno limosa, los cuales han sido transportados por la corriente del río Jahuay.

4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

Además de la cartografía regional de geomorfología, a escala 1:250 000 del boletín de riesgos geológicos de la región Amazonas, se utiliza un Modelo digital de elevaciones de fuente SRTM (NASA, 2020) optimizada a un detalle de 12.5m (AlosPalsar, 2011).

4.1 Modelo digital de elevaciones

El sector evaluado comprende cotas desde 559 m s.n.m. hasta los 662 m s.n.m., se clasificó en cinco niveles altitudinales, con la finalidad de visualizar la extensión con respecto a la diferencia de alturas. El deslizamiento se encuentra entre 570 m s.n.m. hasta los 632 m s.n.m. es decir con un desnivel de 62 m. (figura 3).

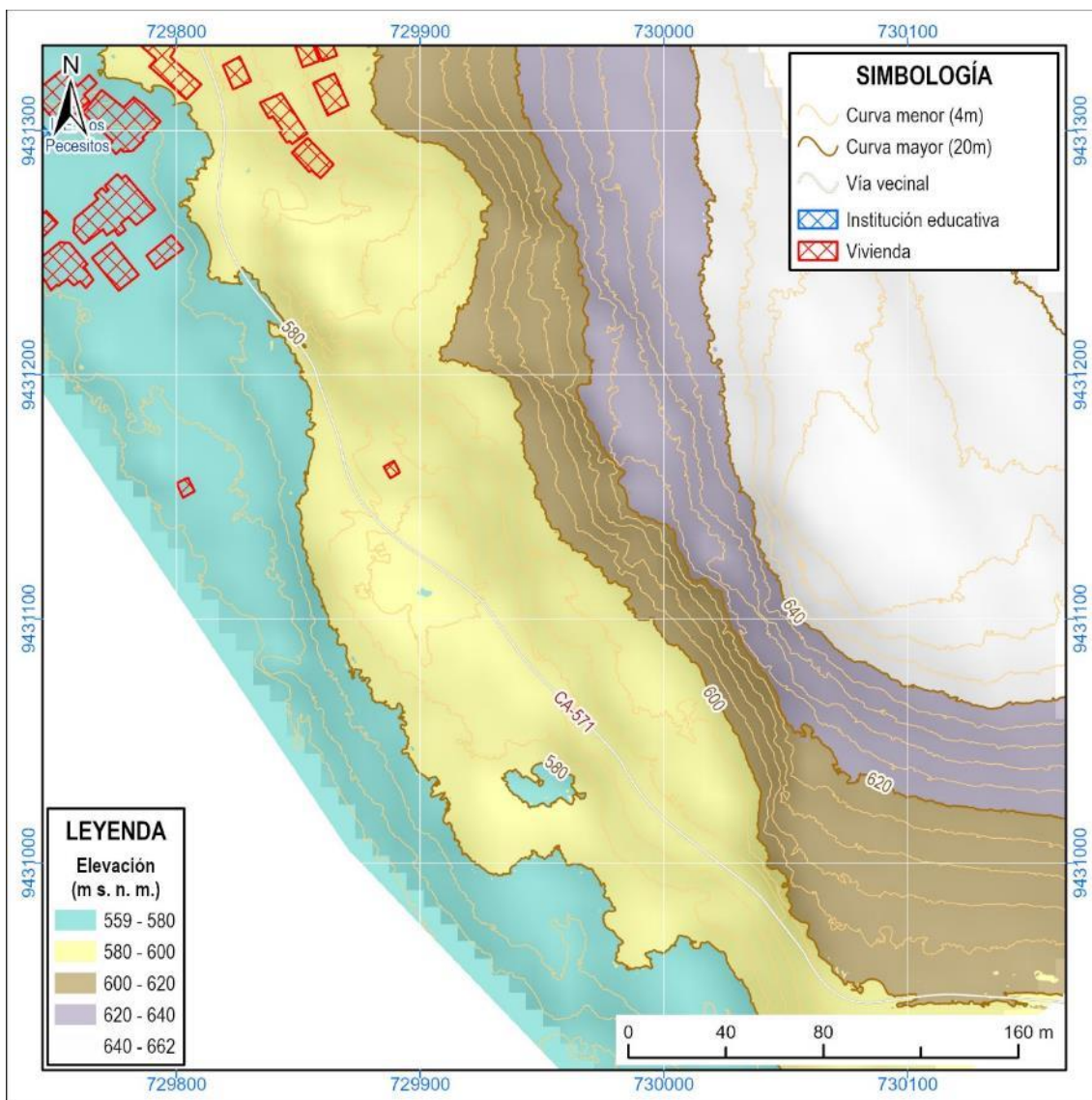


Figura 3. Modelo digital de elevaciones, caserío Santo Domingo.

4.2 Pendiente del terreno

La pendiente es uno de los factores dinámicos y particularmente de los movimientos en masa, ya que determinan la cantidad de energía cinética y potencial de una masa inestable (Sánchez, 2022), considerando un parámetro importante en la evaluación de procesos de movimientos en masa como factor condicionante.

Se puede decir que es más fácil que ocurran movimientos en masas en laderas y cauces de la quebrada, cuya pendiente principal varía entre media (5° a 15°) a fuerte ($>30^\circ$), generándose erosión en laderas (laminar, surcos y cárcavas), ya que a mayor pendiente el escurrimiento superficial es mayor y por ende la erosión hídrica o pluvial (Vílchez et. al., 2013). Se aprecia el terreno con pendiente variable (mapa 2), desde pendiente suave (1° a 5°) y hacia la parte superior, muy escarpada (25° a 45°) y muy escarpada ($<45^\circ$), (figura 4 y 5).



Figura 4. Variación de pendientes (terrenos inclinados de pendiente moderada y fuerte de 25° a 45°), en el caserío San Juan de Dios.

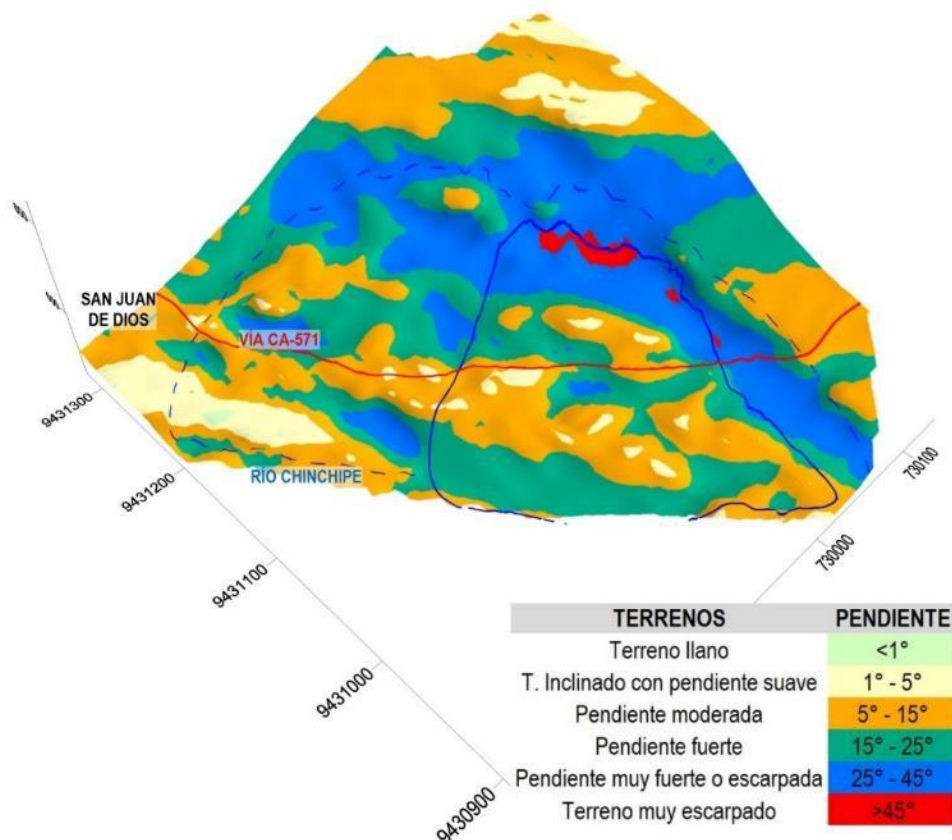


Figura 5. Modelo 3D de las pendientes del terreno afectado por deslizamiento (en línea azul) en el caserío de San Juan de Dios, utilizando el MDE obtenido con el levantamiento fotogramétrico.

4.3 Unidades Geomorfológicas

Para la caracterización de las unidades geomorfológicas en el sector evaluado, se consideraron criterios de control como: la homogeneidad litológica y caracterización conceptual en base a los aspectos del relieve en relación a la erosión, denudación y sedimentación (Vílchez et al.,2019); así también se ha empleado los trabajos de Villota (2005) y la clasificación de unidades geomorfológicas utilizadas en estudios de Ingemmet.

4.3.1 Geofomas de carácter deposicional y agradacional

Estas geofomas son el resultado del conjunto de procesos geomorfológicos constructivos, determinados por fuerzas de desplazamiento, como por agentes móviles, tales como: el agua de escorrentía, los glaciares y los vientos, los cuales tienden a nivelar hacia arriba la superficie de la tierra, mediante el depósito de materiales sólidos resultante de la denudación de los terrenos más elevados, en el sector evaluado encontramos las siguientes sub unidades (figura 6):

a. Unidad de Piedemonte

Superficie inclinada al pie de los sistemas montañosos, formada por caídas de rocas o por el acarreo de material aluvial arrastrado por corrientes de agua estacional y de carácter excepcional.

Sub unidad de vertiente o piedemonte aluvial (V -al)

Está formado por la acumulación de sedimentos acarreados por la corriente de aguas estacionales que han formado abanicos (abanico de pie de monte), en las zonas de estudio, la pendiente de esta subunidad varía de suave a moderada (1°- 15°).

Sub unidad de vertiente o piedemonte coluvial (V -c)

Corresponde a las acumulaciones de ladera originadas por procesos de movimientos en masa, prehistóricos, antiguos y recientes, que pueden ser tipo deslizamiento, avalancha de rocas y/o movimientos complejos.

Son vertientes formadas por la acumulación intercalada de materiales de origen coluvial y deluvial, que por su complicada interestratificación hacen muy difícil dividir uno del otro, es en esta subunidad que se origina el deslizamiento en la zona de evaluación.

En el sector evaluado en dirección sur este, del área urbana del caserío San Juan de Dios.

Sub unidad de vertiente con depósito de deslizamiento (V - dd)

Corresponde a las acumulaciones de ladera originadas por procesos de movimientos en masa antiguos y recientes, que pueden ser del tipo deslizamientos, avalancha de rocas y/o movimientos complejos. Generalmente su composición litológica es homogénea; con materiales inconsolidados a ligeramente consolidados, de corto a mediano recorrido relacionados a las laderas superiores adyacentes. Su morfología es usualmente convexa y su disposición semicircular a elongada en relación a la zona de arranque o despegue del movimiento en masa (Vílchez et al., 2019) en las zonas de estudio se ubica en dirección sur este del caserío San Juan de Dios).

Sub unidad de terraza fluvial (T-fl)

Geoforma de origen denudacional y/o depositacional, forma bancos o graderías de sedimentación aluvial, ubicada en ambos márgenes del río Chinchipe, conformado arenas y gravas inconsolidadas de fácil erosión.

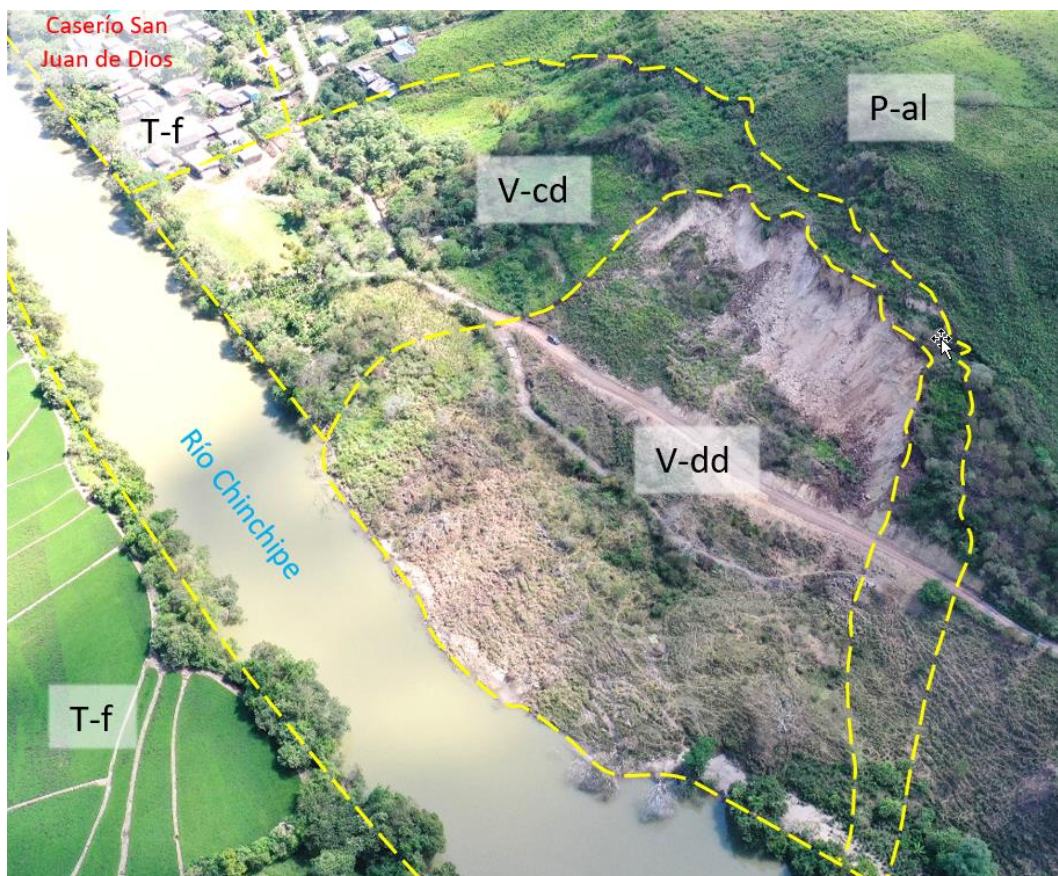


Figura 6. Se aprecia las geoformas identificadas en el caserío San Juan de Dios.

5. PELIGROS GEOLÓGICOS

Los movimientos en masa son parte de los procesos de denudación que moldean el relieve de la tierra. Su origen obedece a una gran diversidad de procesos geológicos, hidrometeorológicos, químicos y mecánicos que se dan en la corteza terrestre.

Las lluvias, sismos y otros eventos (incluyendo la actividad antrópica), actúan sobre las laderas, desestabilizándolas y cambian el relieve a una condición más plana (Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas, PMA: GCA, 2007).

En el cerro Bado Viejo, al sur este del área poblada del caserío San Juan de Dios, se identificó un deslizamiento activo (mapa 4), que ocasionó la pérdida de terrenos de cultivo de paltas (1/2 ha), pastos (2.7 ha); también afectó 2 viviendas y la vía que conduce de San Ignacio al caserío San Juan de Dios, en un tramo de 400 m. (figura 7).

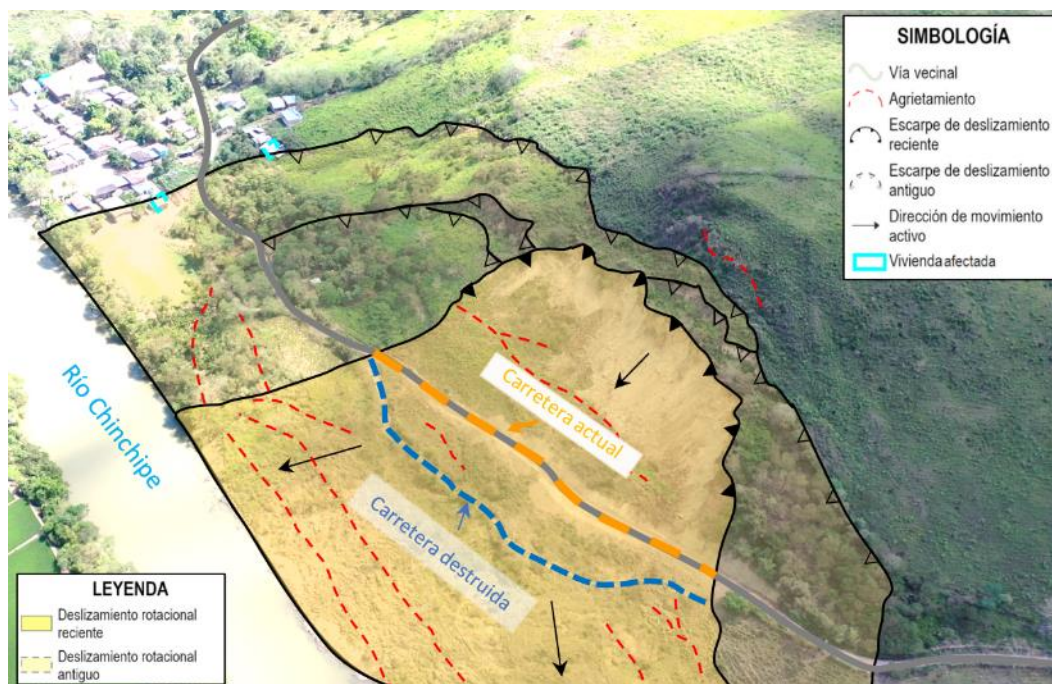


Figura 7. Vista panorámica del deslizamiento, se puede apreciar la carretera destruida por el movimiento (líneas azul discontinua) y la nueva carretera (línea anaranjada discontinua). (Coordenadas UTM WS-84 -17S, Norte: 9431024 – Este: 729960).

5.1 Deslizamiento en el caserío San Juan de Dios

5.1.1 Descripción

El peligro geológico identificado en el caserío San Juan de Dios, es un deslizamiento rotacional activo; ubicado a 195 m del área poblada (figura 8 y 9).

La reactivación se inició el 11 de agosto del 2022. El movimiento tiene una dirección de noroeste a suroeste.

Las características del deslizamiento reactivado:

- Estado de actividad: activo.
- Forma de la escarpa: irregular.
- Salto principal o desplazamiento vertical: 2 a 5 m.
- Longitud de la escarpa: 270m.
- Desnivel entre la escarpa principal y el pie del deslizamiento: 62 m.
- Superficie de rotura inferida: rotacional
- Longitud del eje principal del evento: 200 m.
- Ancho del evento: 190 m.
- Área del deslizamiento: 3.2 has.
- Avance del deslizamiento: retrogresivo.

En el cuerpo del deslizamiento se identificó agrietamientos de forma transversal y longitudinal con trayectos de hasta 70 m, con aperturas de entre 15 y 50 cm, con desplazamiento vertical hasta de 25 cm, en terrenos ocupados por pastos para ganadería (invernas) y cultivos agrícolas.



Figura 8. Vista del escarpe de deslizamiento, forma irregular.

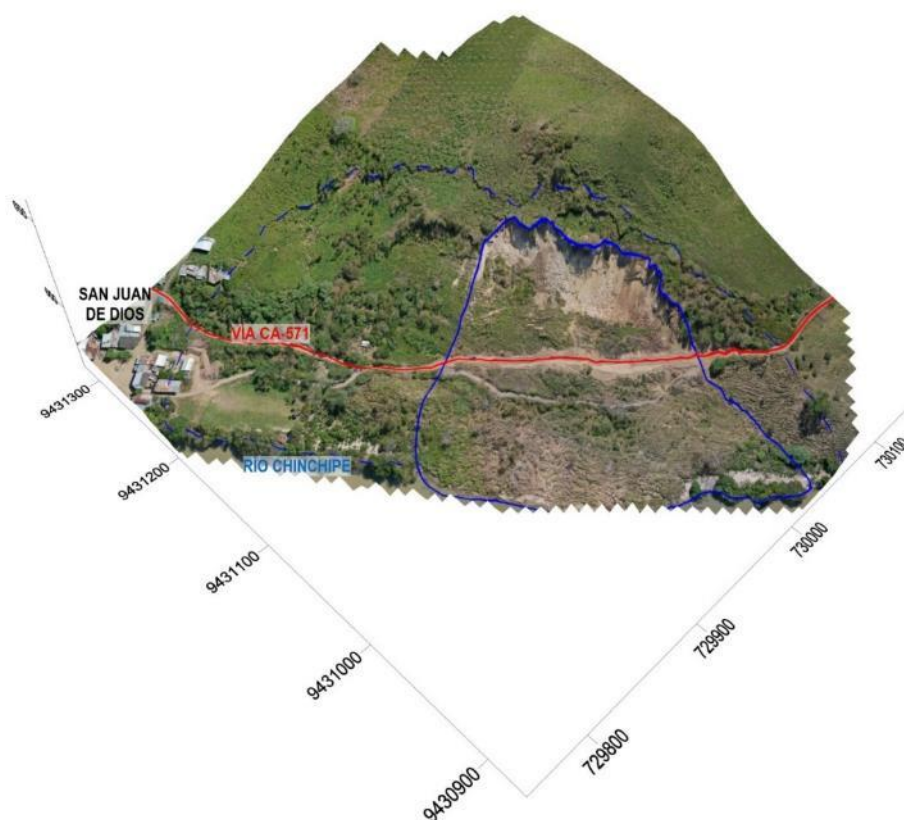


Figura 9. Modelo 3D de la zona caserío San Juan de Dios; deslizamiento antiguo (línea azul punteada), deslizamiento actual (línea azul continua) y en línea roja se grafica la vía vecinal afectada.

5.1.2 Análisis longitudinal del deslizamiento

Se ha tomado el Perfil A'-A'' (Mapa 4) para poder analizar la cinemática del deslizamiento (Figura 110), donde se observa el basamento de rocoso sedimentario de la Formación Inca-Chúlec, sobre el cual se encuentran depósitos coluvio deluviales, donde se originó el deslizamiento.

El deslizamiento es de tipo rotacional (figura 10), se activó por la saturación de los terrenos (ocupados con pastos para ganadería y cultivos agrícolas), por la falta de un sistema de drenaje adecuado, lo que aumentó la saturación del terreno. Todo ello generó la inestabilidad del terreno.

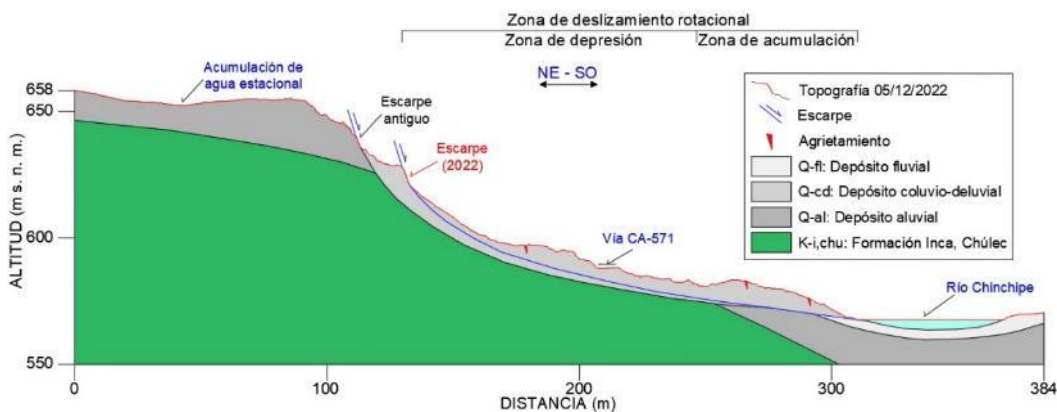


Figura 1. Perfil longitudinal A-A' del movimiento caserío San Juan de Dios.

Factores condicionantes

- Litología y naturaleza incompetente de materiales, areniscas de grano medio a grueso muy fracturadas, moderadamente meteorizada.
- Ladera con pendiente escarpada a muy escarpada (25° a $>45^\circ$), muy susceptibles a erosionarse, lo que permite que masa inestable que tiene en la superficie se deslice cuesta abajo.
- Depósitos coluvio deluviales, sin sistema de drenaje, permite la filtración y retención del agua, lo cual genera aumento de peso de la masa, por lo tanto inestabilidad del terreno.

Factor detonante

- Lluvias intensas, como las acaecidas en el periodo lluvioso, que activan el deslizamiento.
- Sismo, es otro factor que podría generar la reactivación del deslizamiento.

Daños por deslizamiento

Los reportados por las autoridades de la Municipalidad Distrital San José de Lourdes:

- Carretera que conduce del caserío San Juan de Dios a San José de Lourdes afectada en 400 m, pastos en 5ha, plantaciones de palta ($\frac{1}{2}$ hectárea) y 2 viviendas (figuras 11 y 12).



Figura 11. Vía afectada por el deslizamiento (líneas rojas discontinuas).



Figura 12. Vivienda afectada (con grietas en la pared, líneas rojas discontinuas).

6. CONCLUSIONES

- a. En el caserío San Juan de Dios se ha cartografiado un deslizamiento activo, desencadenado el 11 de agosto del 2022, que afectó la vía San Juan de Dios a San José de Lourdes en un tramo de 400 m, 2 viviendas, pastizales (5 ha) y terrenos de cultivos (1/2 ha).
- b. Se identificaron depósitos de origen coluvio deluvial, conformado por bloques y gravas (subangulosas y subredondeadas), en matriz areno limosa, que se encuentran inconsolidados, estos depósitos se encuentran sobre un basamento de rocas sedimentarias de la Formación Inca, Chúlec.
- c. Geomorfológicamente se tiene las sub unidades: vertiente o piedemonte aluvial (V-al), con pendientes de 1° a 5°; vertiente o piedemonte coluvio deluvial (V -cd), con pendientes de 5° a 25°; vertiente con depósito de deslizamiento (V-dd) y terraza fluvial (T-fl).
- d. El deslizamiento es rotacional, el escarpe principal presenta una longitud de 270 m y un salto vertical entre 2 m a 5 m; el deslizamiento tiene una longitud de 200 m y un ancho de 190 m, ocupando un área de 3.23 hectáreas; en el cuerpo del deslizamiento se presentan grietas de hasta 70 m de largo con desplazamiento de 0.5 m a 0.20 m.
- e. Los factores condicionantes de los movimientos en masa son:
 - Pendiente del terreno de 15° a >45°; que permite que el material inestable en la ladera se desplace cuesta abajo.
 - Depósitos coluviales conformados por bloques y gravas, en una matriz areno limosa inconsolidada, de fácil erosión.
 - Los factores detonantes son: lluvias intensas.
- f. Por las condiciones geológicas, geomorfológicas y geodinámicas del caserío San Juan de Dios, se considera como **Zona Crítica y de Peligro Alto** a la ocurrencia de deslizamiento.

7. RECOMENDACIONES

- a. Reubicar las viviendas afectadas, ubicadas en la parte baja del deslizamiento.
- b. Restringir el asentamiento urbano u otro tipo de instalación dentro y en el entorno del deslizamiento.
- c. Evaluar técnicamente el cambio de trazo de la carretera, fuera del área deslizada.
- d. Construir zanjas de coronación en la parte posterior de la cabecera del deslizamiento, con una sección de concreto armado u otro material impermeable (como geomembranas), a fin de evitar filtraciones (Anexo 2A – Figura 12), además de programar continuos trabajos de mantenimiento en estos.
- e. Reforestar las laderas del sector evaluado con especies nativas.
- f. Evitar la deforestación en el con la finalidad de no dejar los terrenos denudados, expuestos a erosión.
- g. No ocupar las laderas con pendiente escarpada a muy escarpada con cultivos agrícolas, para evitar la sobre saturación de los terrenos.
- h. Elaborar un informe de evaluación de riesgos EVAR para determinar las medidas de control adecuadas a largo plazo.
- i. Realizar charlas de sensibilización y concientización sobre peligro y riesgo a las se encuentran expuestos los pobladores del caserío de San Juan de Dios.

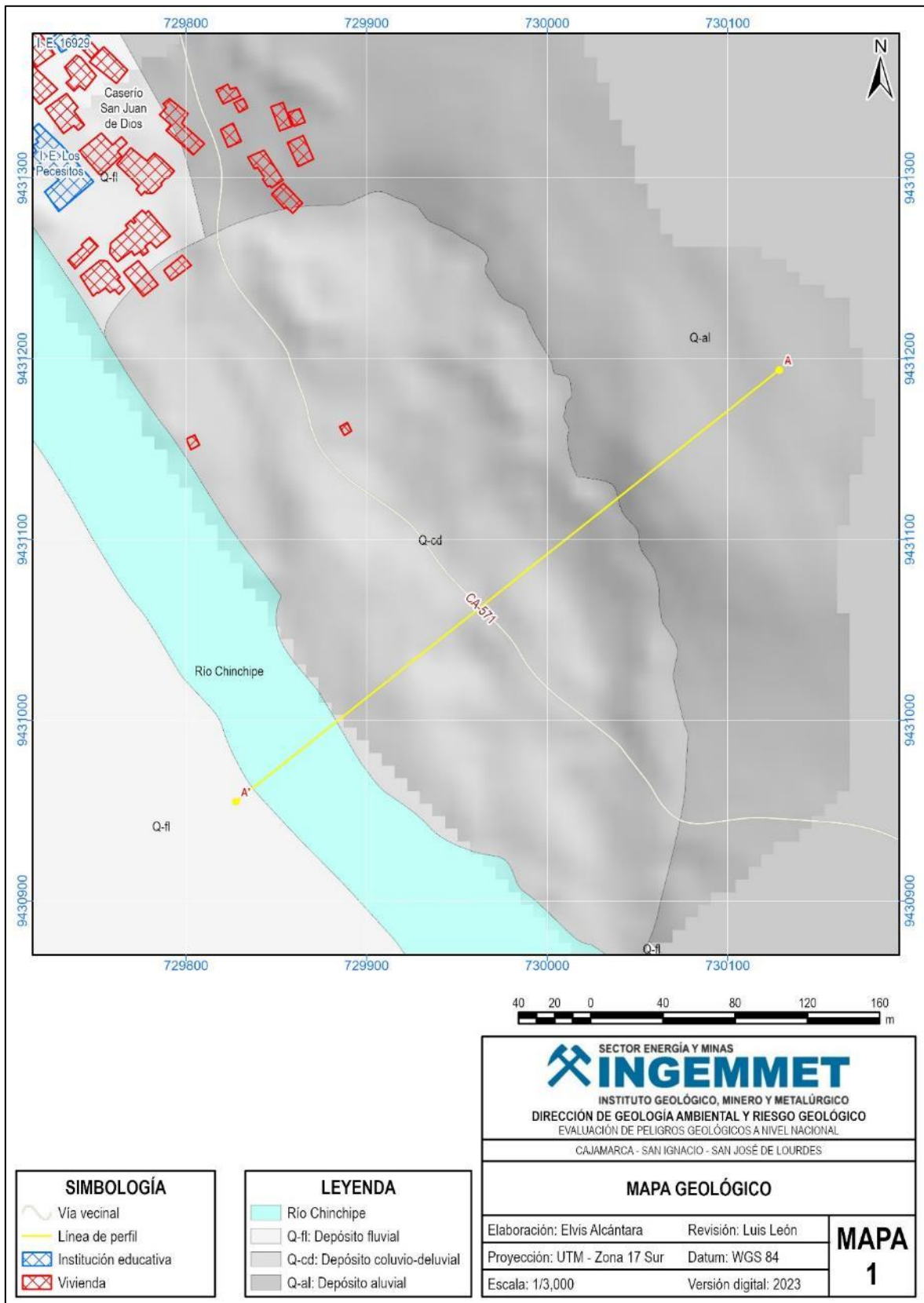

LUIS MIGUEL LEON ORDAZ
Ingeniero Geólogo
Reg.CIP. N° 215610

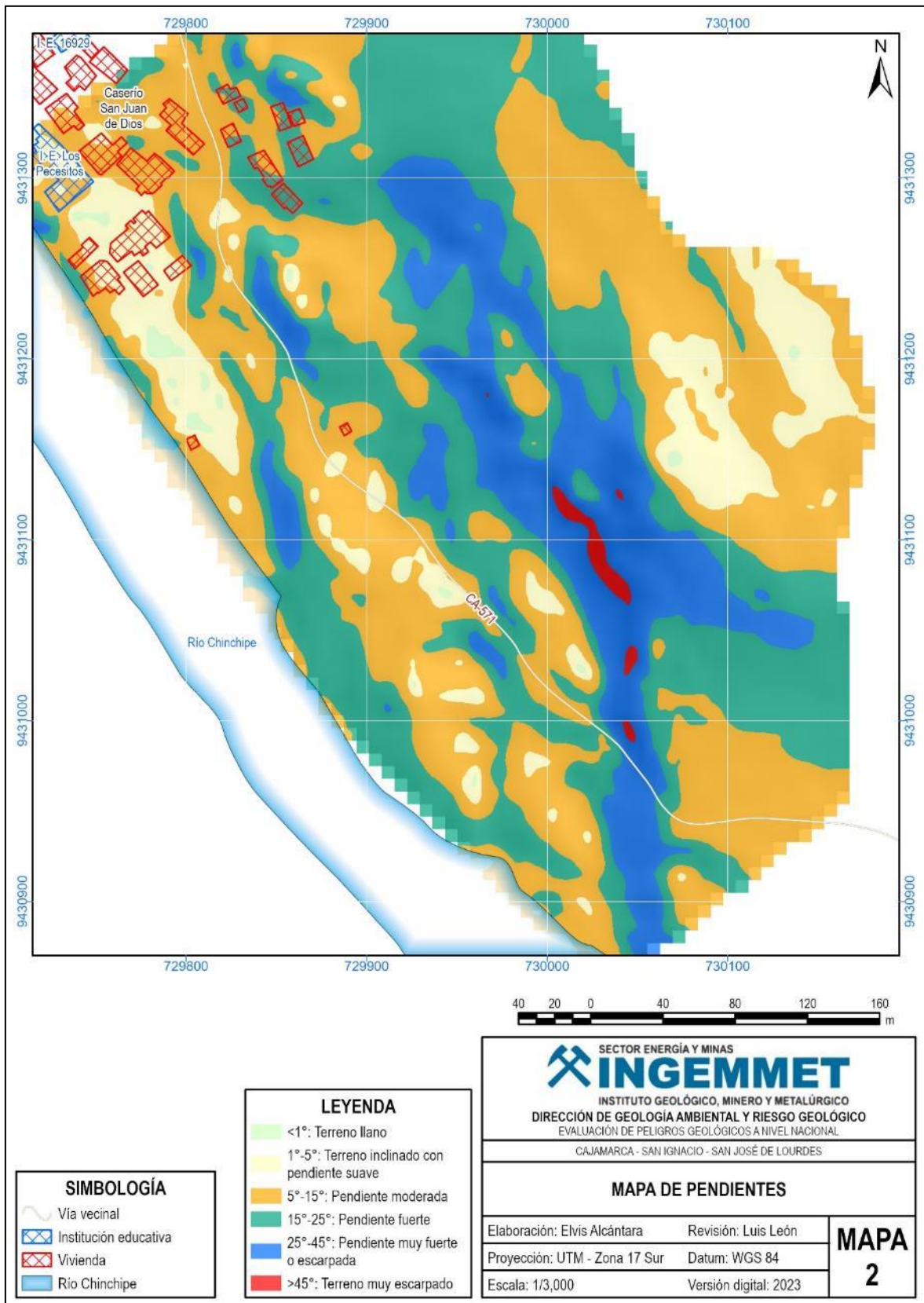

Ing. LIONEL V. FIDEL SMOLL
Director
Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico
INGEMMET

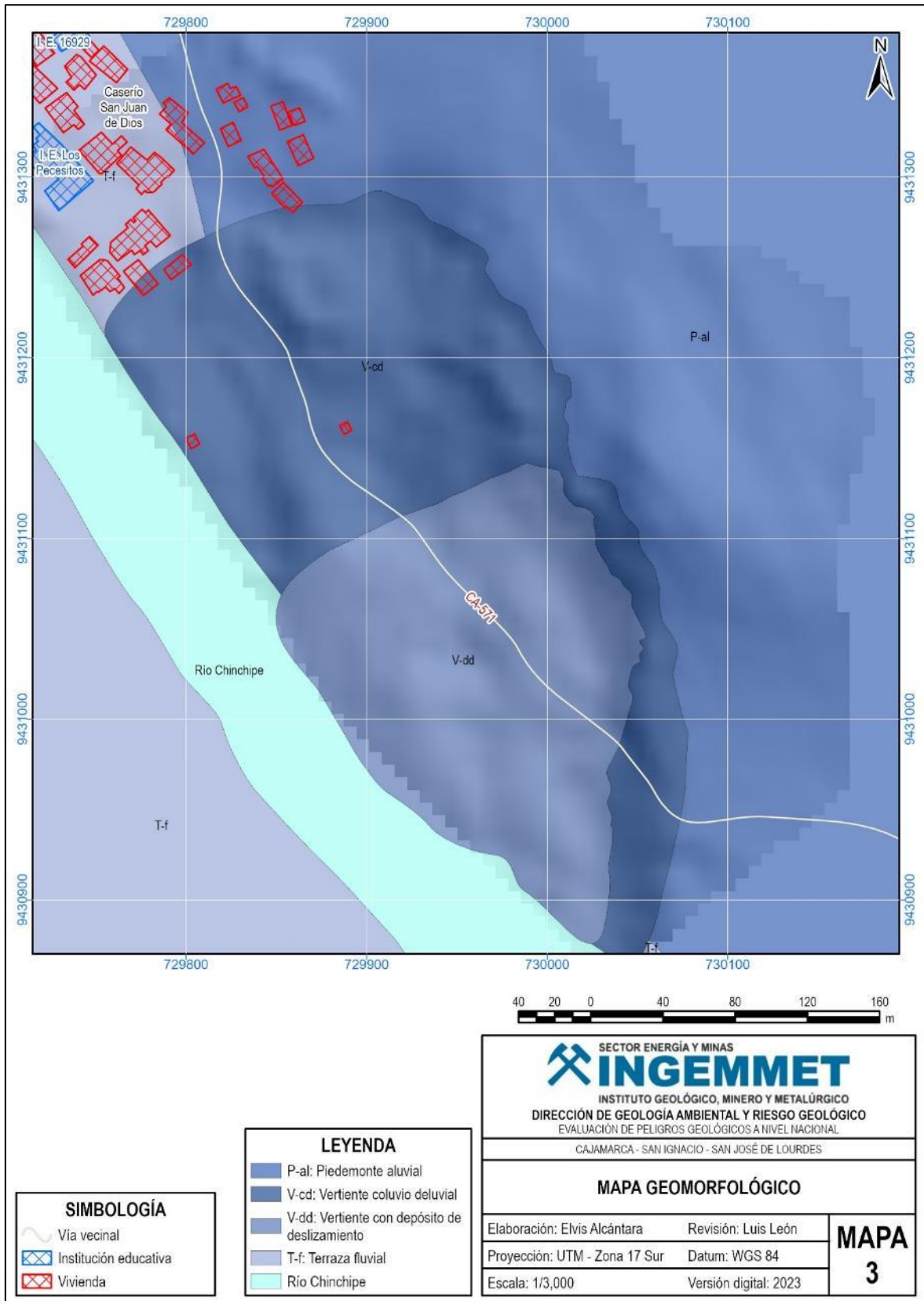
BIBLIOGRAFÍA

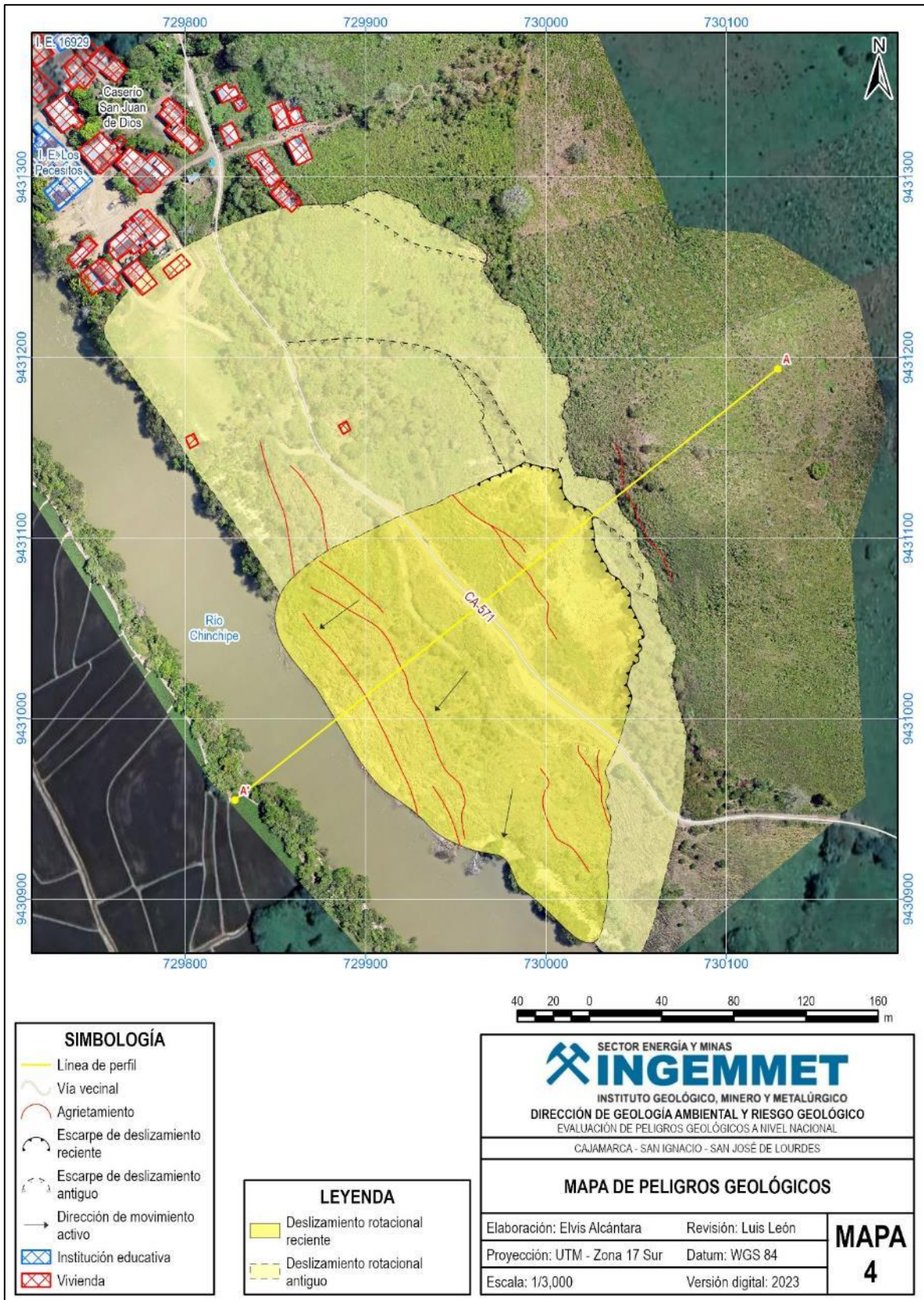
- De la Cruz (1995), Geología de los cuadrángulos de Río Santa Agueda (10-f), San Ignacio (11-f) y Aramango (11-g), Boletín, Serie A: Carta Geológica Nacional N° 57, 162p.
- INEI. (2018). Directorio Nacional de Centros Poblados Censos Nacionales 2017. Instituto Nacional de Estadística e Informática.
https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1541/index.htm
- Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas. (2007), Movimientos en Masa en la Región Andina: Una guía para la evaluación de amenazas. Servicio Nacional de Geología y Minería, Publicación Geológica Multinacional, N° 4, 432 p., 1 CD-ROM.
- Senamhi. (2020). Climas del Perú - Mapa de Clasificación Climática Nacional.
<https://www.senamhi.gob.pe/?p=mapa-climatico-del-peru>.
- Suárez Díaz, J. (1998). Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales (Ltda, Ed.; 1a ed.). Publicaciones UIS.
- Suárez Díaz, J. (2007). Deslizamientos - Técnicas de Remediación (1a ed.). Erosion.com.
- Villota, H. (2005) - Geomorfología aplicada a levantamientos edafológicos y zonificación física de tierras. 2. ed. Bogotá: Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 210 p
- Zavala, et al. (2009); Riesgo geológico en la Región Cajamarca. INGEMMET. Boletín. Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, No. 39, 205 p.
- Zavala & Barrantes, (2007), Informe técnico N° A6551, Geología ambiente y riesgo geológico, Zonas críticas por peligros geológicos y geohidrológicos en la región Cajamarca, Primer Reporte, 105 p.

ANEXO 1. MAPAS









ANEXO 2. MEDIDAS CORRECTIVAS

En el sector evaluado para la mitigación de los peligros geológicos, se debe controlar la infiltración del agua hacia afuera del cuerpo de deslizamiento. Los métodos de estabilización de los deslizamientos, que contemplan el control del agua, tanto superficial como subterránea, son muy efectivos y generalmente más económicos que la construcción de grandes obras de contención, desactivan y disminuyen la presión de los poros, considerada el principal elemento desestabilizantes en laderas. El drenaje reduce el peso de la masa y al mismo tiempo aumenta la resistencia de la ladera (Suarez, 1998). Las medidas de drenaje recomendadas son:

a. Drenaje Superficial

Las zanjas construidas permiten la recolección de aguas superficiales, captan la escorrentía tanto de la ladera, como de la cuenca de drenaje arriba del talud y desvía el agua a las quebradas adyacentes al cuerpo de deslizamiento, evitando su infiltración, captando el agua de escorrentía, llevándola a un sitio lejos del deslizamiento. Éstas deben ser construidas en la parte superior al escarpe principal del deslizamiento (figura A1). En las obras construidas - zanjas de drenaje es necesario impermeabilizar la caja hidráulica captando y evitando totalmente la infiltración de las aguas de escurrimiento la ladera, según las imágenes adjuntas.

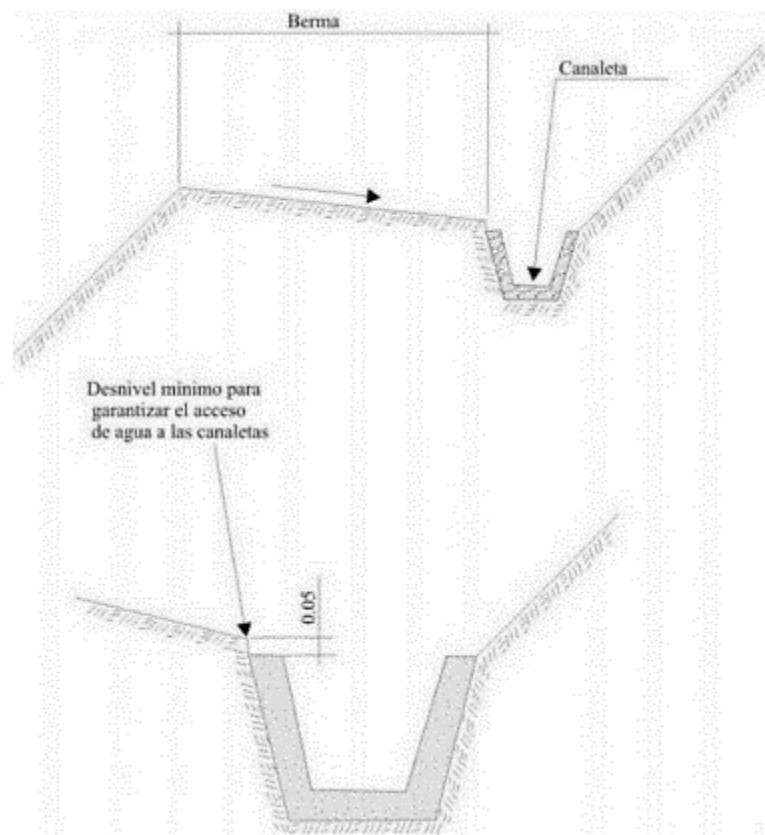


Figura A1. Detalle una canaleta de drenaje superficial (zanjas de coronación). Tomado de INGEMMET (2000).

b. Revegetación y bioingeniería

Los árboles y arbustos de raíz profunda aportan una resistencia cohesiva significativa a los mantos de suelo más superficiales y al mismo tiempo, facilitan el drenaje subterráneo, (figura A2). reduciendo en esta forma la probabilidad de deslizamientos poco profundos (Suárez Díaz, 2007).

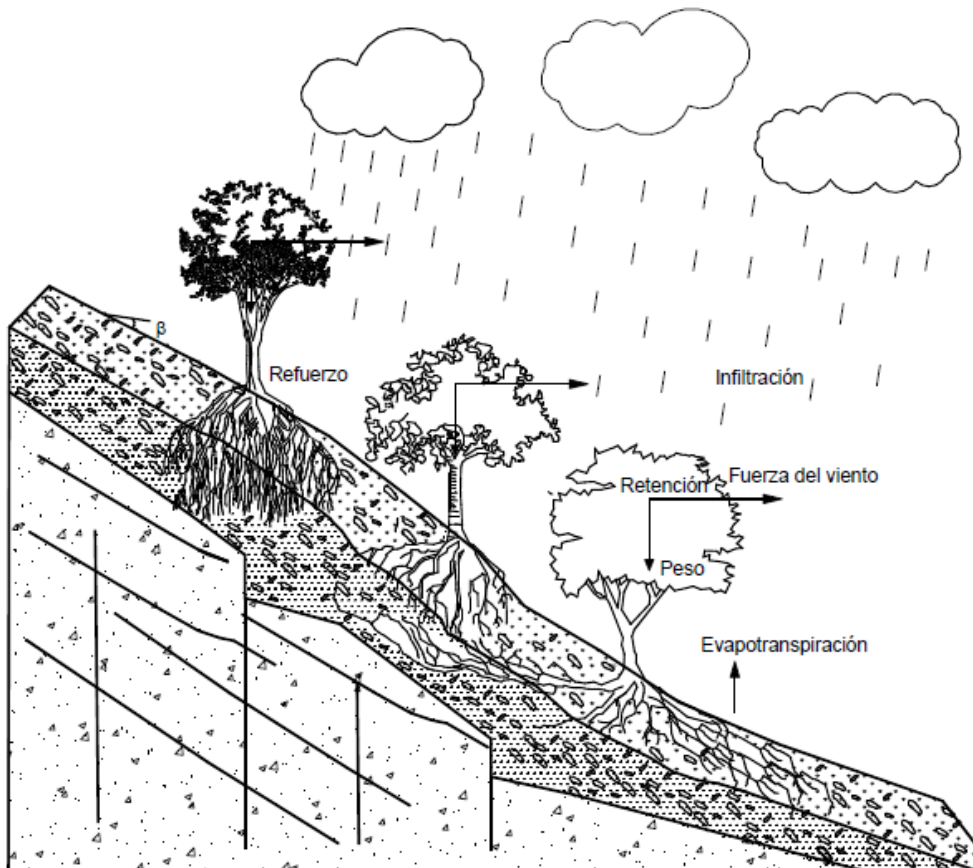


Figura 2. Estabilización de taludes utilizando vegetación. Fuente: Suarez, Díaz 2007.