

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A7594

ESTADO SITUACIONAL DEL DESLIZAMIENTO DE ASERRADERO

Departamento: Amazonas

Provincia: Utcubamba

Distrito: Jamalea



FEBRERO
2025

ESTADO SITUACIONAL DEL DESLIZAMIENTO DE ASERRADERO

*Distrito de Jamalca
Provincia Utcubamba
Departamento Amazonas*



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

Equipo técnico:

Lucio Medina Allcca

Walter Teofilo Pari Pinto

Referencia bibliográfica

Medina, L. & Pari, W. P. (2025). Estado situacional del deslizamiento de Aserradero. Distrito de Jamalca, provincia Utcubamba, departamento Amazonas. Lima: Ingemmet, Informe Técnico A7594, 49 p.

CONTENIDO

RESUMEN	5
1. INTRODUCCIÓN	6
1.1. Objetivos del estudio	6
1.2. Antecedentes y trabajos anteriores	6
1.3. Aspectos generales	7
1.3.1. Ubicación.....	7
1.3.2. Población.....	9
1.3.3. Accesibilidad.....	9
1.3.4. Clima.....	9
2. DEFINICIONES	10
3. ASPECTOS GEOLÓGICOS	13
3.1. Unidades litoestratigráficas	13
3.1.2. Grupo Mitu (PET-mi2).....	14
3.1.3. Grupo Pucará (TsJi-p2).....	14
3.1.4. Grupo Goyllarisquizga (Ki-g2).....	14
3.1.5. Formación Inca (Ki-i3).....	14
3.1.6. Grupo Pullucana (Ks-pu2).....	14
3.1.7. Formación Chúlec (Ki-chu3).....	14
3.1.8. Formación Cajamarca (Ks-ca3).....	14
3.1.9. Grupo Quilquiñán (Ks-qu2).....	14
3.1.10. Formación Celendín (Ks-ce3).....	15
3.1.11. Depósito coluvial del holoceno (Qh-cl).....	15
3.1.12. Depósito coluvial (Q-cl).....	15
3.1.13. Depósito coluviodeluvial (Q-cd).....	15
3.1.14. Depósito aluvial (Q-al).....	15
3.1.15. Depósito fluvial (Q-fl).....	15
4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS	15
4.1. Pendientes del terreno	15
4.2. Unidades geomorfológicas	16
4.2.1. Unidad de Montañas.....	16
4.2.2. Unidades de vertiente y piedemonte.....	17
4.2.3. Unidad de terraza.....	18
5. PELIGROS GEOLÓGICOS	18
5.1. Deslizamiento Aserradero	19
5.1.1. Factores condicionantes.....	20

5.1.2. Factores desencadenantes	20
6. PROSPECCIÓN GEOFÍSICA: MÉTODOS COMBINADOS DE TOMOGRAFÍA ELÉCTRICA Y SONDEOS ELÉCTRICOS VERTICALES	21
6.1. Generalidades	21
6.2. Metodología aplicada.....	22
6.2.1. Método geofísico de resistividad: Sondeo Eléctrico Vertical (SEV).....	22
6.2.2. Tomografía eléctrica – 2D	23
6.2.3. Equipos empleados	23
6.2.4. Trabajo de campo.....	24
6.2.5. Trabajo de gabinete.....	25
6.3. Resultados e interpretación.....	26
6.3.1. Tomografía eléctrica en deslizamiento Aserradero.....	26
6.3.2. Resistividad geoelectrica: sondeo eléctrico vertical (SEV)	30
6.3.3. Secciones geoelectricas	33
7. CONCLUSIONES.....	41
8. RECOMENDACIONES.....	43
9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	44
ANEXO 1: MAPAS	45

RESUMEN

El presente informe, es el resultado de la evaluación del estado situacional del deslizamiento de Aserradero ubicado en el distrito de Jamalca, provincia Utcubamba, departamento Amazonas. Con este trabajo, el Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico – Ingemmet a través de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico cumple con la función de brindar asistencia técnica en el tema de peligros geológicos a los tres niveles de gobierno (local, regional y nacional).

Las rocas donde ocurrió el deslizamiento Aserradero están compuestas por calizas con escasas intercalaciones de lutitas de la Formación Quilquiñan; el buzamiento de los estratos se muestra a favor de la pendiente del terreno. En la parte superior del macizo se encuentra cubierto por depósitos coluviales generados por deslizamientos.

Geomorfológicamente el deslizamiento Aserradero ocurrió en una ladera de montaña modelada en roca sedimentaria compuesta principalmente por caliza con pendiente del terreno de 5° a 15° categorizada como moderada.

La zona donde ocurrió el deslizamiento a causa del sismo de magnitud 7.5 del 28 de noviembre de 2021 presenta una geodinámica muy activa. Se identificaron dos deslizamientos traslacionales inactivos latentes, un deslizamiento-flujo inactivo latente, un deslizamiento-flujo activo, un deslizamiento rotacional reactivado, un deslizamiento rotacional inactivo latente y seis procesos con erosión de laderas; lo que demuestra una geodinámica muy activa.

Según el análisis de imágenes de satélite y observaciones en campo, el deslizamiento Aserradero mide 5000 m de longitud en la escarpa principal, con 660 m de desnivel entre la escarpa principal y el pie del deslizamiento; el salto de la escarpa principal alcanza entre 20 m a 40 m, entre 150 a 200 m de desplazamiento horizontal, 4000 m de longitud en el eje principal y de 1000 m a 1900 m de ancho.

Por la masa deslizada del deslizamiento Aserrado, cruza la carretera Fernando Belaúnde Terry que une las principales ciudades de Chiclayo, Olmos, Chachapoyas, Moyobamba, Tarapoto entre otras; además, se observa viviendas dispersas nuevamente ocupadas por pobladores del centro poblado de Santa Rosa de Pagpa.

A partir de las observaciones en campo y estudios de prospección geofísica, los factores que condicionaron la ocurrencia del deslizamiento de Aserradero corresponden a: i) emplazamiento de depósitos de antiguos deslizamientos, ii) macizo sedimentario fracturado con estratificación a favor de la pendiente del terreno y iii) presencia de agua subterránea. Además, los factores desencadenantes fueron el movimiento sísmico de magnitud 7.5 del 28 de noviembre de 2021 y las precipitaciones pluviales prolongadas típicas en la zona.

El área que abarca el deslizamiento de Aserradero y sus alrededores, se considera como **Zona Crítica y de Peligro Muy Alto**; en caso de registrarse lluvias prolongadas y sismos fuertes el deslizamiento se podría reactivar.

Finalmente, en el informe de evaluación técnica se brinda recomendaciones que se consideran importantes que las autoridades competentes y tomadores de decisiones pongan en práctica en el área evaluada con la finalidad de minimizar los daños que se puedan generar.

1. INTRODUCCIÓN

El Ingemmet, ente técnico-científico desarrolla a través de los proyectos de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (DGAR) el “Servicio de asistencia técnica en la 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 (movimientos en masa) en zonas que tengan elementos vulnerables.

Atendiendo la solicitud Instituto Nacional de Defensa Civil, OFICIO N°000648-2023-INDECI-JEF INDECI; en el marco de nuestras competencias se realizó la evaluación del estado situacional del deslizamiento en el sector Aserradero en el distrito de Jamalca que fue activado por el sismo de magnitud 7.5 en noviembre del 2021.

La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del Ingemmet designó al ingeniero geólogo Lucio Medina Allcca e ingeniero geofísico Walter Pari Pinto realizar la evaluación y estado situacional in situ del deslizamiento en el sector Aserradero, la cual se llevó a cabo desde el 02 de noviembre al 16 de noviembre del 2023.

La evaluación técnica se realizó en tres etapas: i) pre-campo, mediante la recopilación de antecedentes, información geológica, geomorfológica entre otros; ii) etapa de campo a través de la observación directa, toma de datos (sobrevuelos con dron, puntos GPS, tomas fotográficas), cartografiado geológico y geomorfológico, así como recopilación de información y testimonios de la población local afectada; etapa final de gabinete, donde se realizó el procesamiento de toda información terrestre y aérea adquirida en campo, interpretación de imágenes satelitales, cartografiado y elaboración de mapas, figuras temáticas y redacción del informe.

Este informe se pone en consideración del Instituto Nacional de Defensa (entidad solicitante) e instituciones técnico normativas del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres – Sinagerd, como el Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastre - Cenepred, a fin de proporcionar información técnica de la evaluación en campo, conclusiones y recomendaciones que contribuyan con la reducción del riesgo de desastres en el marco de la Ley 29664 y la toma de decisiones.

1.1. Objetivos del estudio

El presente trabajo tiene como objetivos:

- a) Evaluar el estado situacional del deslizamiento de Aserradero mediante la prospección geofísica aplicando los Métodos combinados de Tomografía Eléctrica y Ensayos de Sondeos Eléctricos Verticales-SEV, a partir de la caracterización geológica del deslizamiento.
- b) Determinar los factores condicionantes y desencadenantes que influyen en el deslizamiento.
- c) Proponer alternativas de prevención, reducción y mitigación ante el peligro geológico evaluado en trabajo de campo.

1.2. Antecedentes y trabajos anteriores

Entre los principales estudios realizados a nivel local y regional, que involucra la zona de evaluación, tenemos:

- A) El Boletín N° 39 de la Serie C, Geodinámica e Ingeniería Geológica: “Riesgos geológicos en la región Amazonas” elaborado por Medina *et al.*, 2009. El estudio contiene información básica sobre los peligros geológicos registrados en la región

Amazonas y los factores que los condicionan para su ocurrencia. En el mapa que acompaña al mencionado boletín se observa que en el área evaluada se considerada de alta a muy alta susceptibilidad (Figura 1) a la ocurrencia de movimientos en masa; además, según la información del mapa 6, en la zona se registra el inventario de ocurrencias de deslizamientos, flujos, movimientos complejos y erosión de fluvial.

- B) Boletín N° 142 de la Serie A, Carta Geológica Nacional: Geología de los cuadrángulos de Aramango y Bagua Grande. Hojas: 11-g y 12-g donde se describen los aspectos geológicos y estructurales elaborado Chacaltana et al., 2011.
- C) Informe Técnico N° A7198: Represamiento y desembalse del río Utcubamba en el sector Aserradero. Describe las características parciales del deslizamiento detonado por el sismo del 28 de noviembre 2021; además de los efectos a causa del desembalse natural del depósito de deslizamiento.

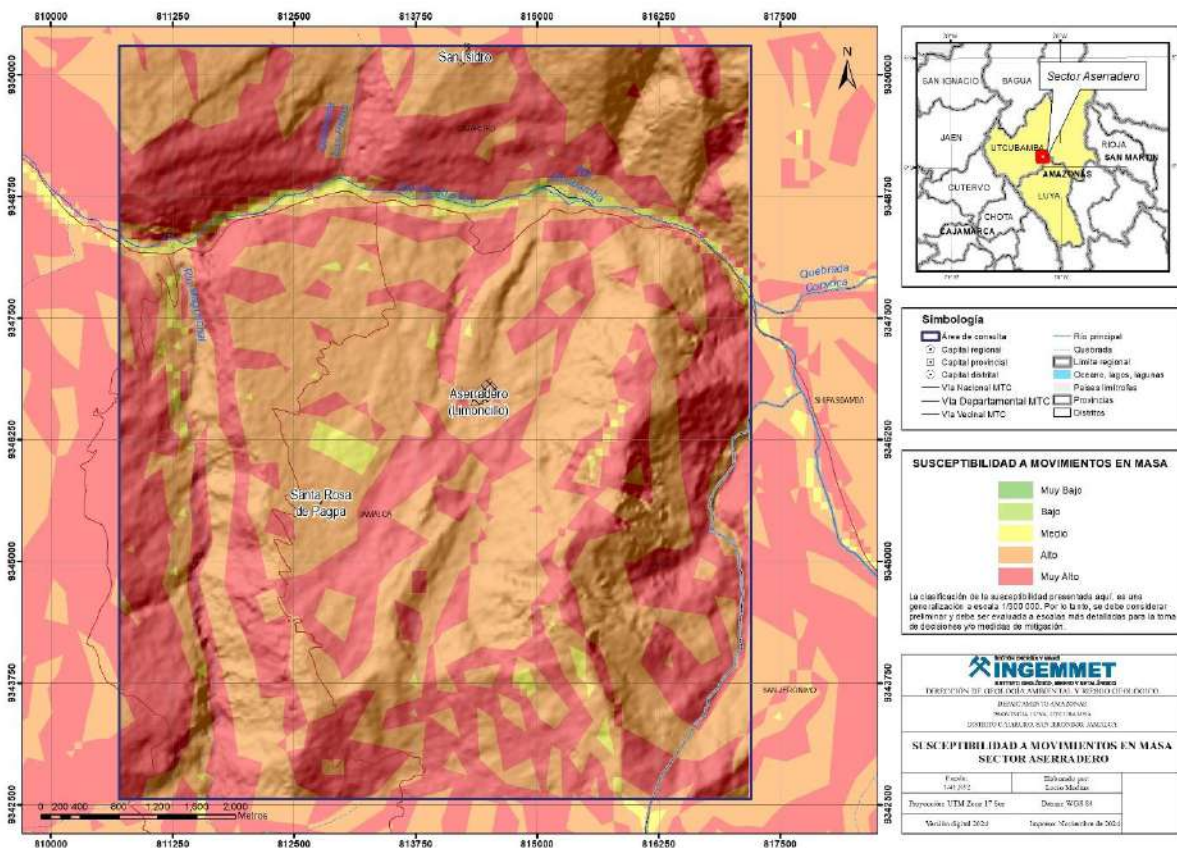


Figura 1. Susceptibilidad a movimientos en masa en el área del deslizamiento de Aserradero y alrededores

1.3. Aspectos generales

1.3.1. Ubicación

El área evaluada donde se generó deslizamiento a causa del sismo del 28 de noviembre de 2021, se ubica en el sector Aserradero, distrito de Jamalca, provincia Utcubamba y departamento de Amazonas (Figura 2). Las coordenadas UTM (WGS84 – Zona 17S) del área evaluada se muestran en la tabla 1:

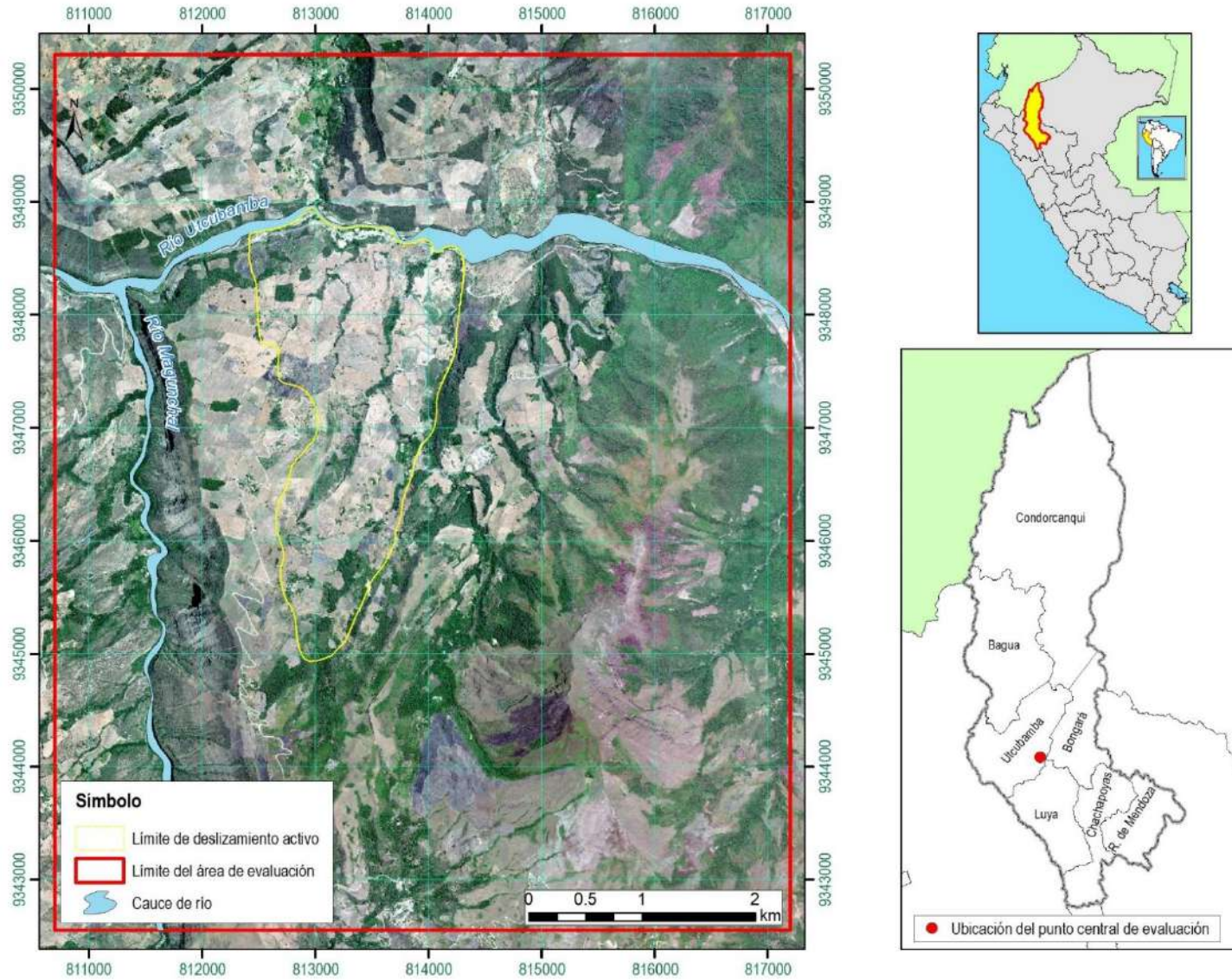


Figura 2. Ubicación y límite del área de evaluación

Tabla 1. Coordenadas del área de evaluación

N°	UTM - WGS84 - Zona 17L		Geográficas	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
1	817191	9350295	-5.870538°	-78.135733°
2	817191	9342552	-5.940496°	-78.135374°
3	810705	9342552	-5.940796°	-78.193902°
4	810705	9350295	-5.870835°	-78.194254°
COORDENADA CENTRAL DE LA ZONA EVALUADA O EVENTO PRINCIPAL				
C	813492	9347724	-5.893937°	-78.168990°

1.3.2. Población

Si el deslizamiento vuelve a reactivarse y represar el río Utcubamba, los pobladores afectados en forma directa e indirectamente según el Censo Nacional 2017: XII de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas, serían los ubicados aguas abajo del río como Magunchal, Salao y Puerto Naranjitos con 33, 310 y 360 habitantes respectivamente. Además, se debe precisar que la población antes de la reactivación del deslizamiento por el sismo del 28 de noviembre de 2021, fue de 100 habitantes en Santa Rosa de Pagpa y 97 en Pueblo Nuevo.

1.3.3. Accesibilidad

Para acceder al área de evaluación, se parte desde la ciudad de Lima siguiendo las siguientes rutas mencionadas en el cuadro 1:

Cuadro 1. Rutas y accesos

Ruta	Tipo de vía	Distancia (km)	Tiempo estimado
Lima – Trujillo	Asfaltada	564	9 horas 30 minutos
Trujillo – Bagua Grande	Asfaltada	541	10 horas 15 minutos
Bagua Grande - Aserradero	Asfaltada	42	1 hora

1.3.4. Clima

De acuerdo con la clasificación climática de Warrem Thornthwaite (SENAMHI, 2020), el área de estudio, presenta un clima de tipo semiseco, templado y húmedo durante todo el año.

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 enero 2020 – diciembre 2022 fue de 35.1 mm (Figura 3).

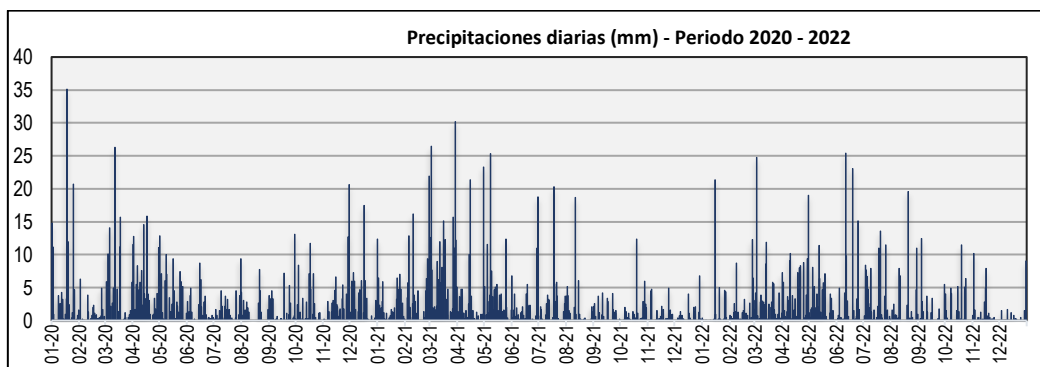


Figura 3. Precipitaciones máximas diarias en mm entre enero 2020 a diciembre 2022. Fuente: Landviewer.

La temperatura anual oscila entre un máximo de 35.0°C en verano y un mínimo de 14.0°C en invierno (Figura 4). Así mismo, presenta una humedad promedio de 72.64% durante casi todo el año, (Servicio aWhere).

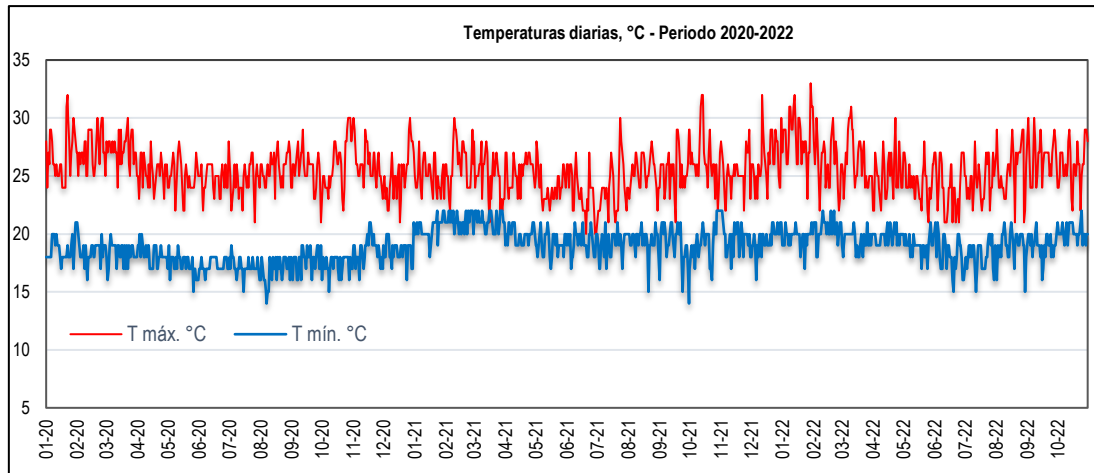


Figura 4. Temperaturas máximas y mínimas diarias durante el mes de enero 2020 a diciembre 2022.
Fuente: <https://crop-monitoring.eos.com/weather-history/field/10221786>.

2. DEFINICIONES

El presente informe técnico está dirigido a entidades gubernamentales en los tres niveles de gobierno, así como personal no especializado, no necesariamente geólogos; en el cual se desarrolla diversa terminología y definiciones vinculadas a la identificación, tipificación y caracterización de peligros geológicos, para la elaboración de informes y documentos técnicos en el marco de la gestión de riesgos de desastres. Todas estas denominaciones tienen como base el libro: “Movimientos en masa en la región andina: una guía para la evaluación de amenazas” desarrollado en el Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas (2007), donde participó la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del Ingemmet. Los términos y definiciones se detallan a continuación:

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 sectores 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.

Aluvial. Génesis de la forma de un terreno o depósito de material debida a la acción de las corrientes naturales de agua.

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.

Buzamiento. Ángulo que forma la recta de máxima pendiente de un plano con respecto a la horizontal y puede variar entre 0° y 90°.

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

Coluvio-deluvial: Forma de terreno o depósito formado por la acumulación intercalada de materiales de origen coluvial y deluvial (material con poco transporte), los cuales se encuentran interestratificados y por lo general no es posible diferenciarlos.

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

Deluvial: Es un tipo de depósito sedimentario que se forma a través de la acumulación de sedimentos transportados por la gravedad, como rocas, suelos y otros materiales, en una zona específica.

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.

Deslizamiento traslacional. Es un tipo de deslizamiento en el cual la masa se mueve a lo largo de una superficie de falla plana u ondulada. En general, estos movimientos suelen ser más superficiales que los rotacionales y el desplazamiento ocurre con frecuencia a lo largo de discontinuidades como fallas, diaclasas, planos de estratificación o planos de contacto entre la roca y el suelo residual o transportado que yace sobre ella (Cruden y Varnes, 1996).

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 m de profundidad.

Erosión fluvial. Este fenómeno está relacionado con la acción hídrica de los ríos al socavar los valles, profundizarlos, ensancharlos y alargarlos. Ocurre cuando periodos con abundantes o prolongadas precipitaciones pluviales, en las vertientes o quebradas, aumentan el caudal de los ríos principales o secundarios que drenan una cuenca.

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.

Factor condicionante. Se refiere al factor natural o antrópico que condiciona o contribuye a la inestabilidad de una ladera o talud, pero que no constituye el evento detonante del movimiento.

Factor detonante o desencadenante. 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.

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

Fractura. Estructura de discontinuidad menor en la cual hay separación por tensión, pero sin movimiento tangencial entre los cuerpos que se separan. Los rangos de fracturamiento rocoso, dependiendo del espaciamiento entre las fracturas, pueden ser: maciza, poco fracturada, medianamente fracturada, muy fracturada y fragmentada.

Inactivo abandonado. Estado de actividad de un movimiento en masa en el cual la causa de la inestabilidad del movimiento ha dejado de actuar (WP/WLI, 1993).

Inactivo estabilizado. Movimiento en masa cuyo desplazamiento ha cesado debido a la ejecución de obras correctivas o de control (Cruden y Varnes, 1996).

Inactivo latente. Movimiento en masa actualmente inactivo, pero en donde las causas o factores contribuyentes aún permanecen (WP/WPI, 1993).

Inactivo relicto. Movimiento en masa que claramente ocurrió bajo condiciones geomórficas o climáticas diferentes a las actuales, posiblemente hace miles de años (Cruden y Varnes, 1996).

Ladera. Superficie natural inclinada de un terreno.

Licuefacción. Pérdida de la resistencia al corte de un suelo debido a un incremento rápido de la presión de poros del agua. El caso más común se presenta cuando ocurre un sismo en suelos granulares finos saturados con baja densidad relativa. Sin.: licuación.

Lutita. Roca sedimentaria de grano muy fino, de textura pelítica, es decir integrada por detritos clásticos constituidos por partículas de tamaños de la arcilla y del limo.

Meteorización. Se designa así a todas aquellas alteraciones que modifican las características físicas y químicas de las rocas y suelos. La meteorización puede ser física, química y biológica. Los suelos residuales se forman por la meteorización in situ de las rocas subyacentes. Los rangos de meteorización se clasifican en: roca fresca, ligeramente meteorizada, moderadamente meteorizada, altamente meteorizada, completamente meteorizada y suelo residual.

Movimiento complejo. Tipo de movimiento en masa que involucra una combinación de uno o más de los tipos principales de movimientos, ya sea dentro de las diferentes partes que componen la masa en movimiento, o en los diferentes estados de desarrollo del movimiento (Varnes, 1978). Los más comunes son: deslizamiento-flujo, derrumbe-flujo, deslizamiento-caída de rocas, deslizamiento-flujo, deslizamiento-reptación, entre otros.

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.

Reactivado. Movimiento en masa que presenta alguna actividad después de haber permanecido estable o sin movimiento por algún periodo de tiempo.

Retrogresivo. Tipo de actividad de un movimiento en masa, en el cual la superficie de falla se extiende en la dirección opuesta al movimiento del material desplazado (Cruden y Varnes, 1996).

Runup. Desplazamiento hacia arriba del pie de un deslizamiento que ocurre cuando la masa de este movimiento en masa alcanza una ladera opuesta a la zona de arranque.

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.

Suspendido. Movimiento en masa que se desplazó durante el último ciclo anual de las estaciones climáticas, pero que en el momento no presenta movimiento (Varnes, 1978).

Talud. Superficie artificial inclinada de un terreno que se forma al cortar una ladera, o al construir obras como por ejemplo un terraplén.

Velocidad. Para cada tipo de movimiento en masa se describe el rango de velocidades, parámetro importante ya que ésta se relaciona con la intensidad del evento y la amenaza que puede significar. De acuerdo con Cruden y Varnes (1996), las escalas de velocidades corresponden a: extremadamente lenta, muy lenta, lenta, moderada, rápida, muy rápida y extremadamente rápida.

Zona crítica. Zona o área con peligros potenciales de acuerdo a la vulnerabilidad asociada (infraestructura y centros poblados), que muestran una recurrencia, en algunos casos, entre periódica y excepcional. Pueden presentarse durante la ocurrencia de lluvias excepcionales y puede ser necesario considerarlas dentro de los planes o políticas nacionales, regionales y/o locales sobre prevención y atención de desastres.

3. ASPECTOS GEOLÓGICOS

La información base considerada para el análisis de los aspectos geológicos corresponde al boletín N° 142 de la serie A, elaborado por Chacaltana et al., (2011) y al mapa geológico de Bagua Grande–Hoja-12g-II a escala 1:50,000 de la Serie A, actualizado por Valdivia et al., (2012). Además, se realizó trabajos de interpretación de imágenes satelitales, fotos aéreas y observaciones de campo.

3.1. Unidades litoestratigráficas

Las unidades litoestratigráficas están compuestas por:

3.1.1. Complejo del Marañón (CA-cm-gn,esq,crct)

Corresponde a rocas metamórficas, las más antiguas expuestas en la zona. Están compuestas por esquistos gris verdosos y micaesquistos. Menos frecuentes se encuentran gneis y cuarcitas. Asociados a vetas de cuarzo y diques andesíticos. No interviene como factor condicionante en el deslizamiento por estar ubicado a 3.5 km del punto central del deslizamiento.

3.1.2. Grupo Mitu (PET-mi2)

Compuesto por areniscas arcóscas de grano grueso a medio y limolitas. Brechas y conglomerados polimícticos con clastos de rocas volcánicas, gneises, esquistos cuarzos y areniscas. En conjunto son de color rojo a veces violáceo. Por su ubicación, tampoco influye en el deslizamiento.

3.1.3. Grupo Pucará (TsJi-p2)

Está conformado por bancos de caliza gris y negra que varían de centimétricas a métricas con chert y nódulos calcáreos. Se intercalan con lutitas negras y grises a veces laminadas. Contienen fósiles de ammonites, bivalvos y esponjas. Por su ubicación, no interviene en la activación del deslizamiento.

3.1.4. Grupo Goyllarisquizga (Ki-g2)

Constituido por areniscas cuarzosas de grano medio color blanquecino con estratificación cruzada.

3.1.5. Formación Inca (Ki-i3)

La Formación Inca está compuesta por lutitas negras laminadas con intercalaciones de areniscas.

3.1.6. Grupo Pulluicana (Ks-pu2)

Consiste en calizas grises a negras intercaladas con lutitas grises. Las calizas son biomicríticas y se presentan en estratos gruesos con laminación ondulante.

3.1.7. Formación Chúlec (Ki-chu3)

La Formación Chulec está compuesta de calizas y margas color crema y beige en capas delgadas entre 10 y 30 cm de espesor. Además, se intercala con limolitas grises y gris verdosas.

3.1.8. Formación Cajamarca (Ks-ca3)

Secuencia indiferenciada conformada por caliza beige, caliza gris pardusca, además de lutitas grises, limolitas gris verdosas y calizas margosas. Además. se trata de secuencias carbonatadas con fósiles.

3.1.9. Grupo Quilquiñán (Ks-qu2)

Se caracteriza por presentar una secuencia de margas en su base que se repite en la parte media de la columna. Son estratos gris pardos con disposición uniforme que evolucionan a una plataforma carbonatada, expresada en una gruesa secuencia de calizas macizas. En

general es una secuencia carbonatada con predominio de calizas granocreciente que varían de mudstone a wackestone con evolución estraodecreciente. Los estratos de calizas varían de 5 cm a 1 m de grosor, con buzamiento variable de 10° a 20°a favor de la pendiente. Además, se intercalan con lutitas gris verdosas a amarillentas. Sobre esta formación se activó el deslizamiento denominado Aserradero.

3.1.10. Formación Celendín (Ks-ce3)

La Formalización Celendín consiste de calizas margosas color amarillo intercaladas con limoarcilitas abigarradas. Esta unidad contiene abundantes fósiles de ammonites cuya asociación indica un ambiente marino nerítico de plataforma interna.

3.1.11. Depósito coluvial del holoceno (Qh-cl)

Material limoarenoso ubicado en ladera de montaña producto de ocurrencias de movimiento en masa tipo deslizamiento.

3.1.12. Depósito coluvial (Q-cl)

Corresponde al depósito producto de la meteorización mayormente física (deslizamientos), resultantes principalmente de la acción transportadora de la gravedad.

Están formados por material de naturaleza ligeramente homogénea, con fragmentos de roca sedimentaria heterométricos mezclados con materiales finos como limo y arcilla principalmente. Su distribución es caótica a causa del deslizamiento.

3.1.13. Depósito coluviodeluvial (Q-cd)

Están conformados por capas de suelo fino compuesto principalmente por limos y arcillas con inclusiones de fragmentos de roca sedimentaria. Se encuentra depositado en la ladera con pendiente moderada a fuerte; estos depósitos han sido formados por la escorrentía (pequeños chorros) pluvial sin cauce definido o ha sido transportada por torrentes de corto recorrido. Generalmente estos depósitos cubren a depósitos coluviales y el macizo rocoso.

3.1.14. Depósito aluvial (Q-al)

Son depósitos acumulados en las márgenes del río Utcubamba, corresponde a una mezcla heterogénea de gravas y arenas, redondeadas a subredondeadas, así como limos y arcillas; estos materiales por el transporte que sufrieron y su ubicación tienen selección de regular, 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.

3.1.15. Depósito fluvial (Q-fl)

Conformado por bloques, gravas y arenas mal seleccionadas en matriz areno-limosa; se ubica en el curso principal de los ríos Utcubamba y Magunchal

4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

4.1. Pendientes del terreno

La caracterización de la pendiente del terreno es un parámetro importante en la evaluación de procesos por movimientos en masa; ya que actúa como un factor condicionante y dinámico

en la generación de movimientos en masa; además, muestra las características morfométricas del terreno.

Para el área evaluada, la pendiente del terreno se caracterizó en base a la información del modelo de elevación digital de 12.5 m de resolución espacial generado a partir de imágenes ALOS PALSAR DEM.

En la caracterización se consideraron 6 rangos de pendientes como son: de 0°-1° considerados terrenos llanos; 1° a 5° terrenos inclinados con pendiente suave; 5° a 15° terrenos de pendiente moderada; 15° a 25° laderas pendiente fuerte; 25° a 45° pendiente muy fuerte a escarpado; finalmente, mayor a 45° terreno como muy escarpado.

El deslizamiento de Aserradero se ubica en terreno inclinado con pendiente moderada (5° a 15°) y muy fuerte a escarpado (25° a 45°) en el pie, tal como se puede observar en el Anexo 1: Mapa 2.

4.2. Unidades geomorfológicas

La caracterización de las unidades y subunidades geomorfológicas se realizó utilizando el criterio principal de homogeneidad relativa y la caracterización de aspectos de origen del relieve individualizando tres tipos generales y específicos del relieve en función de su altura relativa, diferenciándose montañas, piedemontes y planicies.

Además, para la delimitación se consideró los límites de las unidades sedimentarias y metamórficas (substrato rocoso) dando énfasis en la diferenciación de los depósitos recientes (depósitos superficiales); sobre todo depósitos de movimientos en masa identificados en campo y con ayuda de las fotografías aéreas captadas por dron e imágenes satelitales de alta resolución.

4.2.1. Unidad de Montañas

La unidad de montañas consiste en geformas que alcanzan alturas mayores a los 300 m respecto al nivel de base local (citado por Villota, 2005) donde se reconocen cumbres y estribaciones producto de las deformaciones sufridas por la erosión y la influencia de otros eventos de diferente naturaleza (Fotografías 1 y 2).

En el área de evaluación se identificó la siguiente subunidad geomorfológica (Anexo 1: Mapa 3):

a) Montaña en roca sedimentaria (M-rs)

Superficie modelada en roca sedimentaria compuesta principalmente por Calizas, margas, areniscas, areniscas cuarzosas, conglomerados y lutitas (Fotografías 1 y 2). Sobre esta subunidad geomorfológica se observa procesos de movimientos en masa. La pendiente que rodea al deslizamiento Aserradero varía de muy fuerte a muy escarpada (25° a mayor a 45°) con superficies escalonadas. En el área donde ocurrió la pendiente de la ladera de la montaña varía de moderada (5° a 15°) y muy fuerte a escarpado (25° a 45°) en el pie,

b) Montaña en roca metamórfica (M-rm)

Relieve de montaña modelada sobre rocas metamórficas conformado por esquistos del Complejo Marañón con buzamiento de esquistosidad a favor de la pendiente del terreno; sin embargo, por su ubicación, no tiene relación directa con la ocurrencia del deslizamiento de Aserradero. La pendiente del terreno en la ladera, varía muy fuerte a escarpado (25° a mayor de 45°).

4.2.2. Unidades de vertiente y piedemonte

Se identificó las siguientes subunidades:

a) Piedemonte coluvial (P-c)

Subunidad formada principalmente por proceso de movimientos en masa de tipo deslizamiento, su composición litológica es homogénea a causa de su corto a mediano recorrido, está compuesta por materiales inconsolidados (Fotografías 1 y 2). Además, la superficie se encuentra deformada por la acción de la escorrentía; en el área de evaluación litológicamente está compuesto por fragmentos de roca sedimentaria.

Presenta superficie ligeramente escalonada con sectores ondulados relacionadas con escarpas secundarias del deslizamiento; a nivel general, la pendiente del terreno varía entre 5° a 15° caracterizado como terrenos inclinados con pendiente moderada.

b) Piedemonte coluviodeluvial (P-cd)

Subunidad formada al pie de la montaña por la acción de la escorrentía superficial en ladera de montaña con pendiente del terreno variable entre 25° a 45° caracterizado como muy fuerte a escarpado.



Fotografía 1. Vista de las subunidades geomorfológica mirando a la parte superior del deslizamiento Aserradero: relieve de montaña en roca sedimentaria (M-rs) y piedemonte coluvial (P-c).
UTM: 812907 / 9345849, Zona 18.



Fotografía 2. Vista de las subunidades geomorfológica en la parte inferior del deslizamiento Aserradero, margen izquierda del río Utcubamba: relieve de montaña en roca sedimentaria (M-rs) y piedemonte coluvial (P-c). Tomada mirando aguas arriba.
UTM: 813386 / 9347736, Zona 18.

4.2.3. Unidad de terraza

Se identificó la siguiente subunidad:

Terraza aluvial (T-a)

Son porciones de terreno alargados y ligeramente inclinados con pendiente del terreno entre 1° a 5° y altura relativamente marcada (3 m). Se encuentra en las márgenes del cauce del río Utcubamba; su composición litológica es resultado de la acumulación de fragmentos de roca de diferente granulometría (bloques, bolos, cantos, gravas con matriz de arenas y limos). Esta subunidad es susceptible a la erosión fluvial.

Terraza aluvial (T-f)

Subunidad formada por la corriente actual de los ríos Utcubamba y Magunchal, litológicamente está compuesto por fragmentos rocosos heterogéneos (bolos, cantos gravas, arenas, etc.); conforma la llanura de inundación o el lecho de los ríos antes mencionados.

5. PELIGROS GEOLÓGICOS

La evaluación de peligros geológicos se realizó en base a la información obtenida en los trabajos de campo, donde se identificaron distintos tipos de movimientos en masa inactivos y activos a través del cartografiado morfológico, método basado en la observación y descripción in situ; además, se tomó datos referenciales con GPS, fotografías a nivel de terreno dron y se complementó con el análisis de imágenes satelitales de alta resolución disponibles en

SASPlanet e imágenes satelitales SPOT proporcionadas por el CNOIS-CONIDA y procesadas por el Ingemmet.

En el área evaluada se diferencia una geodinámica pasada muy activa (Anexo 1: Mapa 4), representada por: un deslizamiento traslacional reactivado al que se le denominó deslizamiento Aserradero para una mejor identificación y descripción; un deslizamiento traslacional inactivo latente; un deslizamiento rotacional reactivado; un deslizamiento rotacional inactivo latente; un deslizamiento-flujo activo; un deslizamiento-flujo inactivo latente y 05 sectores con erosión fluvial.

De todos los eventos de movimientos en masa mencionados en el párrafo superior, por su características, actividad y dimensiones el deslizamiento Aserradero es el más importante (Figura 5) y se describe a continuación.

5.1. Deslizamiento Aserradero

De acuerdo a la delimitación realizada sobre imágenes Sentinel 2, el deslizamiento Aserradero abarca un área estimada de 454 hectáreas (Figura 6), sin considerar los movimientos en masa inactivos latentes que lo rodean; además, el evento se considera en estado de actividad reactivado; presenta múltiples escarpas en cuerpo; además, la forma de la escarpa continúa elongada y una superficie de rotura traslacional con avance progresivo.

En la parte inferior se identificó cuatro oconales por lo que se infiere que el cuerpo del deslizamiento se encuentra parcialmente saturado.

Por el cuerpo del deslizamiento cruza la carretera Fernando Terry que conecta las ciudades de Chiclayo con Chachapoyas, Moyobamba, Tarapoto, entre otros.

Características visuales del deslizamiento Aserradero:

A continuación, se detalla las características relevantes del evento principal al que se le denomina deslizamiento Aserradero:

- Estado de actividad: reactivado
- Estilo de la escarpa: múltiples
- Forma de la escarpa: elongada continua
- Longitud de la escarpa principal: 5000 m
- Desnivel entre la escarpa principal y el pie del deslizamiento: 660 m
- Superficie de rotura: traslacional
- Salto principal o desplazamiento vertical (DV) estimado: 20 m a 40m
- Desplazamiento horizontal (DH) estimado: entre 150 a 200 m
- Longitud aproximada del eje principal del evento: 4000 m
- Ancho: entre 1000 a 1900 m
- Área de deslizamiento: 454 ha
- Avance del deslizamiento: progresivo



Figura 5. Vista panorámica del deslizamiento Aserradero tomada en noviembre del 2021, con buzamiento variable de 10° a 20° a favor de la pendiente del terreno.

5.1.1. Factores condicionantes

Factor litológico-estructural

Presencia de depósitos coluviales a causa de deslizamiento antiguo con inclusiones de fragmentos de rocas sedimentarias tipo caliza.

Litología sedimentaria fracturada que permite la filtración y aumento de peso de la masa inestable.

Estratificación de las rocas sedimentarias a favor de la pendiente del terreno.

Factor geomorfológico

Ladera de montaña modelada en roca sedimentaria con pendiente moderada (5° a 15°) facilita la recepción de las precipitaciones pluviales

Factor antropogénico

Deforestación para tierras de cultivos por pobladores de la zona.

5.1.2. Factores desencadenantes

De acuerdo con las características y dimensiones del deslizamiento, se infiere que fue causado por las filtraciones de agua acumulada en periodos de lluvias prolongadas excepcionales y por el sismo de magnitud M7.5 en noviembre del 2021.



Figura 6. Imagen satelital del 14-12-2021 donde se observa el área del deslizamiento Aserradero.

6. PROSPECCIÓN GEOFÍSICA: MÉTODOS COMBINADOS DE TOMOGRAFÍA ELÉCTRICA Y SONDEOS ELÉCTRICOS VERTICALES

6.1. Generalidades

En el área de evaluación se realizó el estudio de prospección geofísica aplicando los métodos combinados de Tomografía Eléctrica y Ensayos de Sondeos Eléctricos Verticales (SEV). La finalidad del estudio se centra en la caracterización geoelectrica del subsuelo y la determinación de anomalías que estén relacionados a la presencia niveles freáticos mediante los métodos eléctricos de la Tomografía Eléctrica y ensayos de Sondeos Eléctricos Verticales (SEVs).

Los datos fueron adquiridos por un equipo de exploración geofísica Syscal Pro 48. La metodología consistió en el procesamiento e interpretación de los datos de campo con la ayuda del Software RES2inv y PROSYSII.

Se integraron los resultados obtenidos con la geología local del sector que fue observada durante el reconocimiento de campo, con la finalidad de establecer criterios para definir asociaciones de los rangos de resistividad.

Los trabajos de campo de prospección geofísica consistieron en un levantamiento combinado de Ensayos de Sondeos Eléctricos Verticales-SEV y Tomografía Eléctrica, entre los días 02 al 16 de noviembre del 2023.

6.2. Metodología aplicada

Los métodos geofísicos de exploración, entre los que podemos mencionar el eléctrico de resistividad, miden una serie de propiedades físicas de objetos o estructuras en el subsuelo desde la superficie del terreno que las diferencian, del medio que las rodea.

6.2.1. Método geofísico de resistividad: Sondeo Eléctrico Vertical (SEV)

La figura 7, muestra el principio fundamental de la medida de resistividad del suelo. Este consiste en inyectar una corriente continua entre el par de electrodos AB midiendo la tensión entre el par de electrodos MN. Para un medio homogéneo de resistividad, la diferencia de potencial es (Orellana, 1982):

$$\Delta V = \frac{I\rho}{2\pi} \left(\frac{1}{AM} - \frac{1}{AN} - \frac{1}{BM} - \frac{1}{BN} \right) \quad (1)$$

Donde AM, AN, BM, BN son las distancias entre electrodos. La resistividad viene dada por la expresión:

$$\rho = k \frac{\Delta V}{I} \quad (2)$$

Donde

$$k = 2\pi \left(\frac{1}{AM} - \frac{1}{AN} - \frac{1}{BM} - \frac{1}{BN} \right)^{-1} \quad (3)$$

Es un factor geométrico que depende únicamente del arreglo de los electrodos.

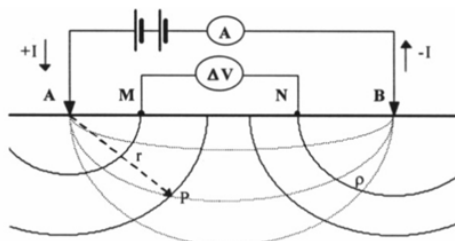


Figura 7. Dispositivo para la medida de la resistividad del suelo.

Arreglo electródicos básicos:

En cualquier arreglo electródico, si se conoce el factor geométrico, la corriente eléctrica inyectada por los electrodos A y B, y la diferencia de potencial entre los electrodos M y N, es posible determinar la resistividad aparente mediante la fórmula $\rho = k \frac{\Delta V}{I}$ (2) donde k es el

factor geométrico definido en la ecuación 3. En este trabajo se ha aplicado el arreglo Schlumberger.

6.2.2. Tomografía eléctrica – 2D

La Tomografía Eléctrica o ERT (Electrical Resistivity Tomography) es una técnica geofísica para el estudio del subsuelo que consiste en determinar la distribución de la resistividad dentro de un ámbito espacial limitado, a partir de un número muy elevado de medidas realizadas desde la superficie del terreno. Las profundidades de penetración de los métodos eléctricos están directamente relacionadas con la configuración geométrica de la adquisición, número y separación de los electrodos y dependen de la resistividad del medio. (Figura 8).

Cuando se requiere conocer la variación lateral de una formación geológica, la distribución de una pluma de contaminación, oquedades, contactos verticales, etc., se recurre a la técnica de la tomografía eléctrica; los arreglos utilizables para esto método (por escoger en función de la aplicación) son Dipolo-Dipolo, Polo Dipolo, Polo Polo, Wenner Schlumberger, etc.

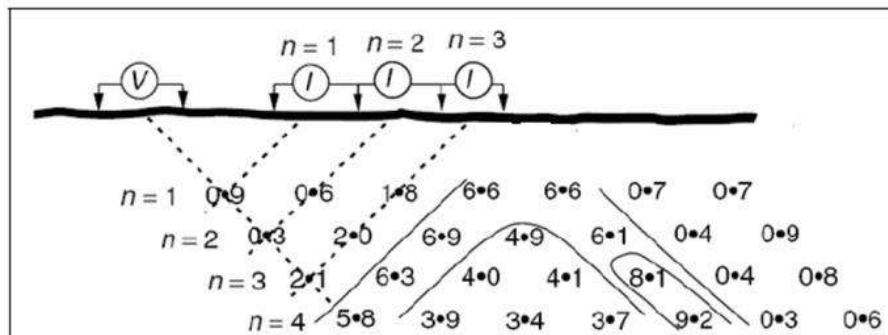


Figura 8. Esquema del montaje para la realización de un ERT.

Pseudo sección de resistividad aparente:

Cuando se desea registrar la resistividad aparente del subsuelo, a partir de datos procedentes de un dispositivo geo eléctrico, de manera que queden registradas las variaciones laterales y verticales de dicho parámetro (modelo 2-D), se suele construir gráficamente lo que se denomina una “Pseudo-sección”.

El método de tomografía eléctrica ofrece ventajas como:

- Alcanzan mejor resolución en profundidad y su penetración es levemente más profunda a fin de observar con mayor detalle el subsuelo.
- Colecta datos de resistividad en 2D usando un sistema de adquisición para 10 canales.

6.2.3. Equipos empleados

- Sistema Syscal Pro 48 Switch de Iris Instruments – Francia.
- 13 electrodos de potencial y de corriente.

Características del Equipo Geofísico: tipo PSYSCAL pro 48.

Trasmisor:

- ✓ Voltaje: 0-2,000 Vp
- ✓ Corriente: 0-2,500 mA
- ✓ Baterías: 12 V (internas y externa)

Receptor:

- ✓ Dirección de Pulso: 250 ms, 500 ms, 1, 2, 4 y 8 ms.
- ✓ Canales: 10 entradas
- ✓ Impedancia de entrada: 100 Mohms
- ✓ Resolución/exactitud: 1 uV/0.2%
- ✓ Almacenamiento: 44,800 lecturas/8h.
- ✓ Temperatura de operación: -20°C a +70°C

Para el desarrollo de las actividades de prospección en campo se ha utilizado el siguiente equipo: Resistivímetro modelo PSYSCAL PRO 48 SWITCH de la INSTRUMENTS IRIS (Figura 9).



Figura 9. Equipo de Tomografía Eléctrica Syscal Pro Switch 48 con 10 dipolos.

6.2.4. Trabajo de campo

Los trabajos de campo se realizaron del 02 al 16 de noviembre del 2023, consistieron en la ejecución de cuatro (4) líneas geofísicas tomográficas que cubrieron un total de 5500 m de longitud y espaciados entre nodo a nodo cada 40 m, aplicando la configuración dipolo-dipolo y/o Wenner; también, se aplicaron seis ensayos de sondeos eléctricos verticales (Figura 10).

Tabla 2. Equipos utilizados en la campaña Geofísica

Equipo	Resistivímetro Syscal Pro Swicht 48 Iris Instruments
Accesorios	Composición de cables para 10 canales 13 estacas aceradas 1 GPS Garmin 1 bacteria externa 12 v. 3 combas, cinta métrica, cinta aislante, corta cable 1 Cámara fotográfica, Calculadora Laptop HP

Las líneas de tomografía eléctrica y de sondeos eléctricos verticales realizados se muestran en las siguientes tablas (tablas 3 y 4):

Tabla 3. Ubicación de las líneas de Tomografía Eléctrica

Perfiles de Tomografía Eléctrica.	Coordenadas				Longitud (m)
	Inicio		Fin		
	Este	Norte	Este	Norte	
LTM-01	812805	9345154	813239	9347399	2250
LTM-02	812278	9346958	813514	9345864	1600
LTM-03	813443	9348691	813404	9348061	600
LTM-04	813656	9348037	812924	9348132	790
				TOTAL	5,240

Tabla 4. Ubicación de los puntos SEVs

Ubicación de los SEV en coordenadas UTM (WGS-84)			
Sondaje	Este	Norte	Cota
SEV-01	812998	9345636	1206
SEV-02	813423	9346397	1091
SEV-03	812448	9347575	938
SEV-04	812571	9347288	966
SEV-05	812387	9345700	1229
SEV-06	812465	9346322	1128

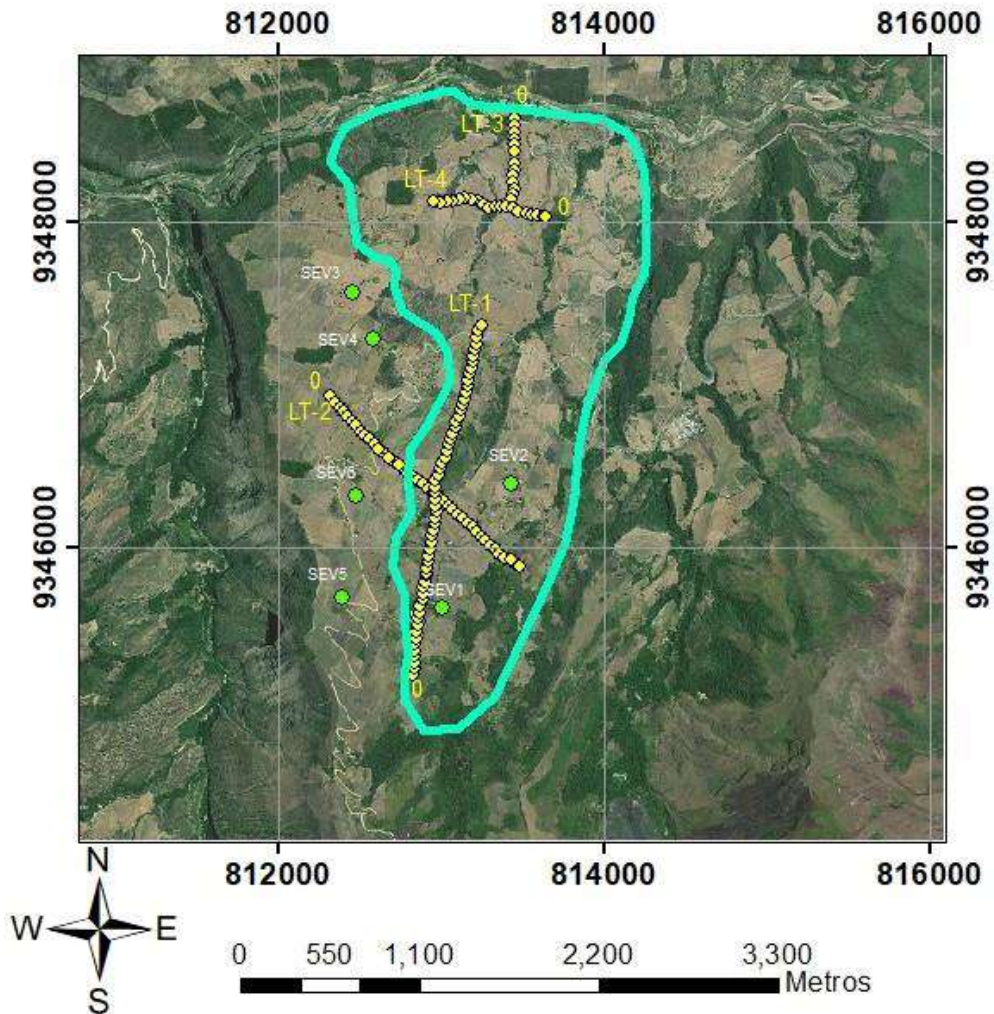


Figura 10. Ubicación de las líneas de tomografía Eléctrica y Ensayos SEV en la zona del deslizamiento Aserradero – Jamalca- Utcubamba.

6.2.5. Trabajo de gabinete

La información de campo registrada fue procesada, analizada e interpretada rigurosamente en gabinete; las características físicas de las formaciones geológicas fueron correlacionadas con la información geológica existente. La información se procesó utilizando softwares especializados de Tomografía Eléctrica (RES2INV) y de sondeos eléctricos verticales (IPIS), con conocimiento de los parámetros geo resistivos y la geología, amplio sustento teórico, y experiencia para su interpretación. Siendo ésta etapa la más compleja, para llegar a resultados óptimos, como producto final se obtuvo secciones, perfiles representando a las zonas anómalas de interés y/o la geometría de las filtraciones de agua subterránea del corte geológico del área estudiada.

6.3. Resultados e interpretación

6.3.1. Tomografía eléctrica en deslizamiento Aserradero

Utilizando el Software Res2DINV para las inversiones que permite trabajar sobre las medidas de resistividad aparente obtenidas en campo y aplicando una serie de algoritmos (inversión), obtenemos secciones con la resistividad verdadera del área de estudio.

a) Sección longitudinal LT-1

Sección a lo largo del eje mayor siguiendo el drenaje de la pendiente con rumbo SW-NE utilizando la componente Wenner. Ubicada en el sector central del deslizamiento, teniendo como inicio cercano a la corona del deslizamiento. La longitud total de la sección es de 2300 metros, separando los electrodos cada 40 metros a lo largo de intervalos de 10 canales. El tiempo de inyección de corriente fue de 1 segundo y un mínimo de 3 iteraciones repetidas en cada punto con el fin de obtener una desviación estándar <3% para cada valor de resistividad aparente. Esto se aplicó para todas las secciones.

La tomografía dió como resultado una profundidad máxima de penetración de modelado de 120 metros. La figura 11, muestra una variación lateral de la resistividad en el punto 640 y 1830 definidos como contactos geoelectricos. Se determinó tres Anomalías de baja resistividad y de buena conductividad que puede relacionarse a la presencia de agua subterránea o filtraciones importantes de agua. La cobertura se extiende a lo largo de todo el perfil como una cubierta superficial de hasta 5 metros de espesor. El contacto geo eléctrico ubicado en la parte baja del perfil parece relacionarse con la presencia de una falla geológica (Figura 11).

Las resistividades bajas están relacionadas zonas permeables con presencia de agua con valores menores a 2.3 Ohm-m. Como una segunda capa tenemos valores de entre 2.3 a 96.7 Ohm-m relacionada a material de baja a moderada resistividad y una zona de resistividades entre 96.7 a 606 Ohm-m corresponde a un material de resistividad moderada puede corresponder a un material alterado y poco compacto. El material resistivo corresponde a material rocoso alterado y/o fracturado tienen una resistividad mayor a 606 Ohm-m (Calizas alteradas fracturadas?), en la figura se muestran de color rojo.

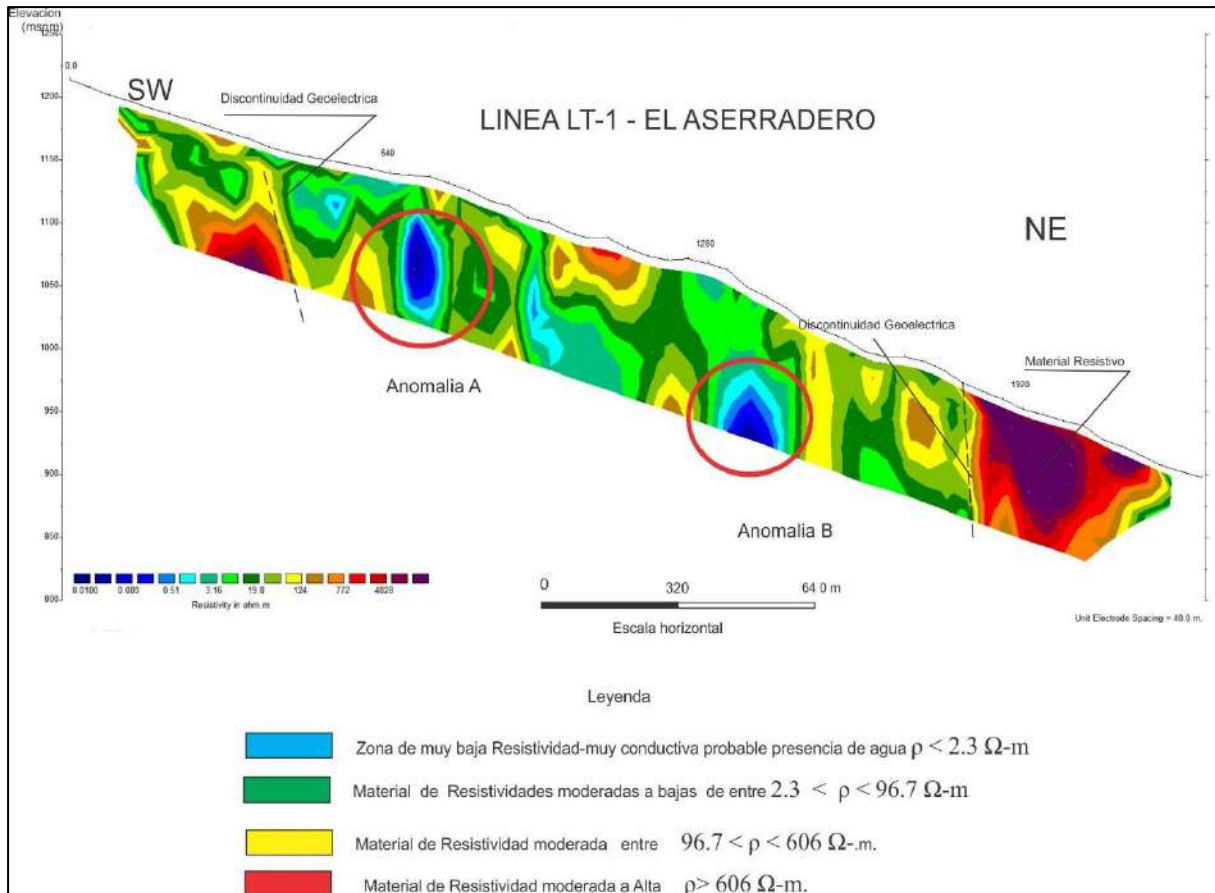


Figura 11. Perfil de tomografía eléctrica línea LT-1, se observa la conformación y el límite de dos zonas anómalas de buena conductividad relacionadas a la presencia de agua subterránea y/o filtraciones de agua.

b) Sección transversal LT-2

Sección transversal al eje mayor de la LT-1 perpendicular a la pendiente del deslizamiento, con rumbo NW-SE utilizando la componente Wenner. Ubicada en el sector central del deslizamiento, teniendo como inicio cercano la margen izquierda del deslizamiento. La longitud total de la sección es de 1700 metros, separando los electrodos cada 40 metros a lo largo de intervalos de 10 canales.

La tomografía dio como resultado una profundidad máxima de penetración de modelado de 120 metros. La figura 12, muestra una variación lateral de la resistividad en el punto 320 definido como un contacto geo eléctrico. Se determinó tres anomalías de baja resistividad y buena conductividad que pueden relacionarse a la presencia de agua subterránea o filtraciones importantes de agua entre los puntos 60 a 1160. La cobertura se extiende a lo largo de todo el perfil como una cubierta superficial de hasta 5 metros de espesor. El contacto geo eléctrico ubicado en la parte izquierda del perfil aparece relacionarse con una probable falla geológica.

Las resistividades bajas están relacionadas zonas permeables con presencia de agua con valores de resistividades bajas menores a 2.3 Ohm-m, como una segunda capa tenemos valores de entre de 2.3 a 96.7 Ohm.m relacionada a material de baja a moderada resistividad y una zona de resistividades entre 96.7 a 606 Ohm-m corresponde a un material de resistividad moderada puede corresponder a un material alterado y poco compacto. El material resistivo corresponde a material rocoso alterado y/o fracturado tienen una resistividad mayor a 606 Ohm-m (Calizas alteradas fracturadas?), en la figura se muestran de color rojo. (Figura 12).

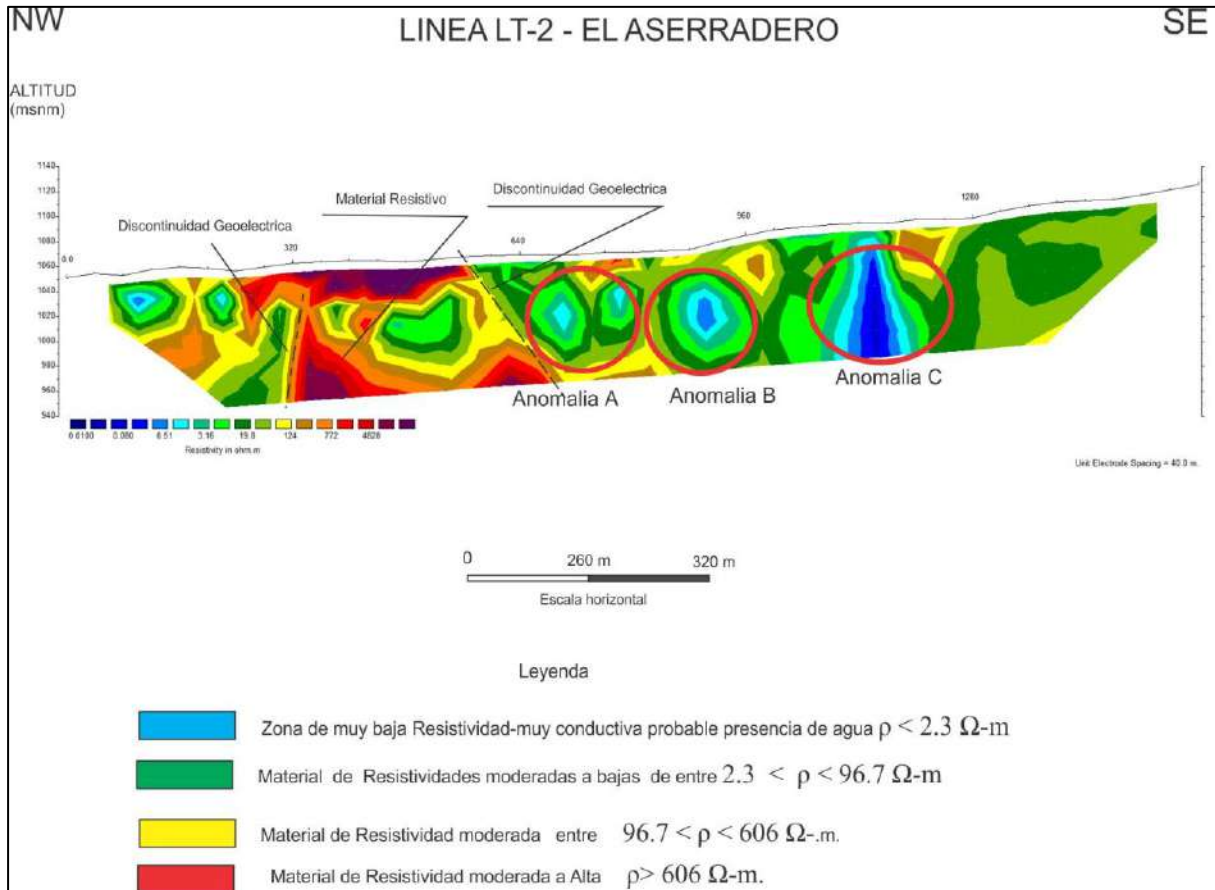


Figura 12. Perfil de tomografía eléctrica línea LT-2. Se observa la conformación del perfil y el límite de tres zonas anómalas de baja resistividad relacionadas a la presencia de agua subterránea, la anomalía C se muestra con mayor volumen

c) Sección longitudinal LT-3

Sección de tomografía en la parte baja del deslizamiento con rumbo N-S utilizando la componente Wenner. Ubicada en el sector norte, teniendo como inicio cercano a la parte del barranco del deslizamiento. La longitud total de la sección es de 700 metros, separando los electrodos cada 40 metros a lo largo de intervalos de 10 canales.

La tomografía dió como resultado una profundidad máxima de penetración de modelado de 120 metros. La figura 13, muestra una variación lateral de la resistividad en el punto 360 definido como un contacto geoelectrico. Se ha determinado dos anomalías de baja resistividad y de buena conductividad y otra de alta resistividad que puede relacionarse a la presencia de agua subterránea o filtraciones importantes de agua la alteración de la roca respectivamente. La cobertura se extiende a lo largo de todo el perfil como una cubierta superficial de hasta 5 metros de espesor. El contacto geoelectrico ubicado en el punto 560 m en la parte baja del perfil parece relacionarse a la presencia de un contacto geológico y/o sector de límite del deslizamiento en contacto con la roca.

Las resistividades bajas están relacionadas a zonas permeables con presencia de agua con valores de resistividad bajas menores a 2.3 Ohm-m; como una segunda capa tenemos valores de entre de 2.3 a 96.7 Ohm.m relacionada a material de baja a moderada resistividad y una zona de resistividades entre 96.7 a 606 Ohm-m corresponde a un material de resistividad moderada puede corresponder a un material alterado y poco compacto. El material resistivo corresponde a material rocoso alterado y/o fracturado tienen una resistividad mayor a 606 Ohm-m (Calizas alteradas fracturadas?), en la figura se muestran de color rojo. (Figura 13).

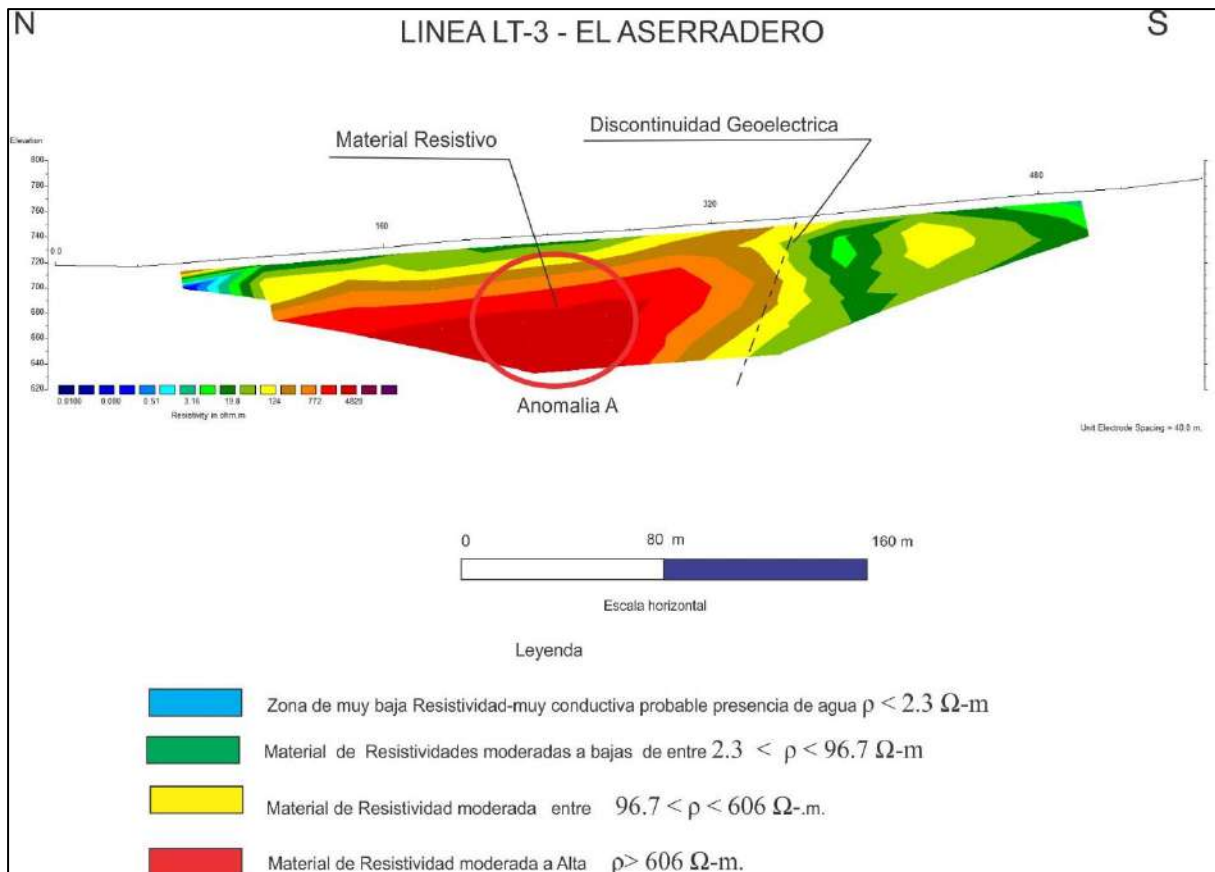


Figura 13. Perfil de tomografía eléctrica línea LT-3. Conformación de una anomalía relacionada a la presencia de la roca; además, se observar en el punto 405 m un contacto geo eléctrico con la zona de baja a moderada resistividad con la alta resistividad.

d) Sección transversal LT-4

Sección transversal a la sección LT-3 perpendicular a la pendiente en la parte baja con rumbo W-E utilizando la componente Wenner. Ubicada en el sector norte y parte baja del deslizamiento. La longitud total de la sección es de 800 metros, separando los electrodos cada 40 metros a lo largo de intervalos de 10 canales.

La tomografía da como resultado una profundidad máxima de penetración de modelado de 120 metros. La figura 14, muestra una variación lateral de la resistividad en el punto 400 definido como un contacto geo eléctrico. Se ha determinado dos Anomalías de moderada a alta resistividad que puede relacionarse a la presencia de material rocoso alterado y fracturado. La cobertura se extiende a lo largo de todo el perfil como una cubierta superficial de hasta 5 metros de espesor. El contacto geo eléctrico ubicado en el punto 385 parece relacionarse con la presencia de un contacto geológico zona de humedad con la zona impermeable rocosa.

Las resistividades bajas están relacionadas zonas permeables con presencia de agua con valores de resistividades bajas menores a 2.3 Ohm-m, como una segunda capa tenemos valores de entre de 2.3 a 96.7 Ohm.m relacionada a material de baja a moderada resistividad y una zona de resistividades entre 96.7 a 606 Ohm-m corresponde a un material de resistividad moderada puede corresponder a un material alterado y poco compacto. El material resistivo corresponde a material rocoso alterado y/o fracturado tienen una resistividad mayor a 606 Ohm-m (Calizas alteradas fracturadas?), en la figura se muestran de color rojo. (Figura 14).

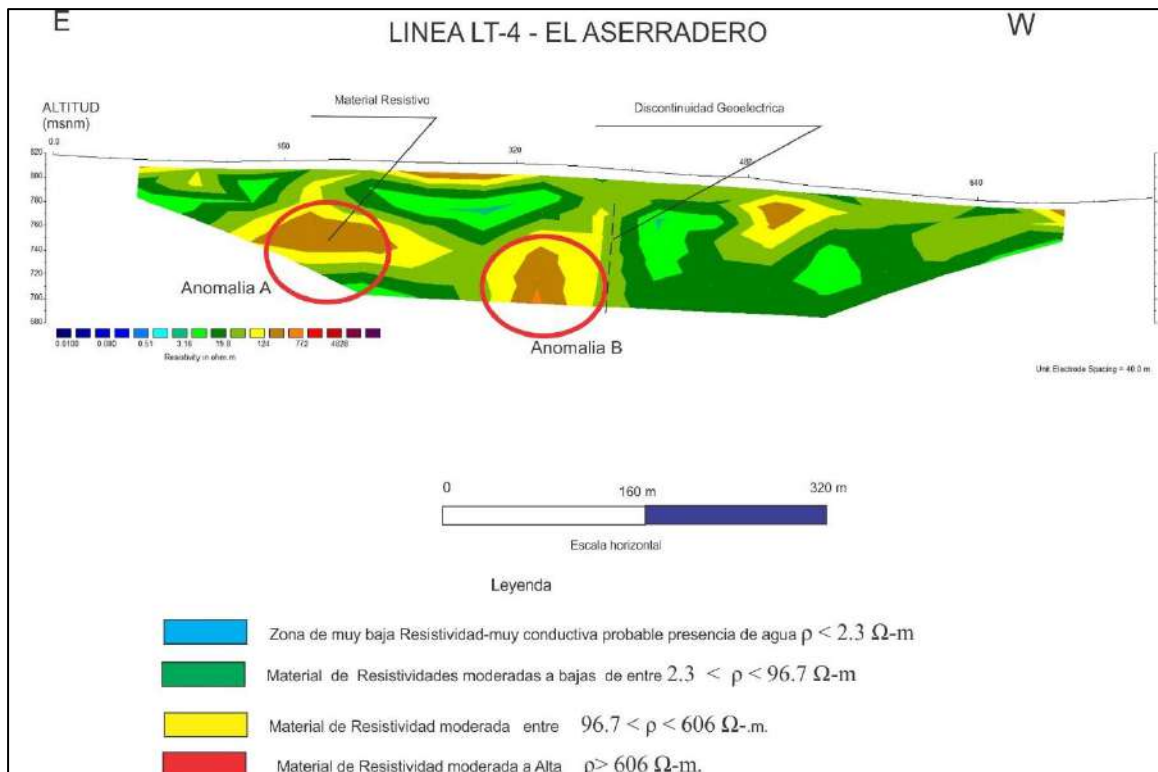


Figura 14. Presenta una zona de discontinuidad vertical subterránea en el punto 385 m. Además, se observa conformación de anomalía de alta resistividad relacionada a roca alterada y fracturada.

6.3.2. Resistividad geoelectrica: sondeo eléctrico vertical (SEV)

El resultado de la interpretación cuantitativa de los sondeos eléctricos verticales–SEVs, se muestra en la Tabla 5, donde se observan valores de resistividades eléctricas y espesores de las diferentes capas que conforman el cuerpo relleno suelto en el área de estudio. Las determinaciones de espesores y resistividades en estos puntos pueden tener errores de hasta del 10–15 %. Las curvas interpretadas se muestran en los Anexos.

Tabla 5. Resultados de la interpretación de los sondajes eléctricos verticales.

Sondaje	Horizonte 1		Horizonte 2		Horizonte 3		Horizonte 4		Horizonte 5	
	ρ_1	Espesor	ρ_2	Espesor	ρ_3	Espesor	ρ_4	Espesor	ρ_5	Espesor
SEV-01	119	1.2	5	5	15	29	1021	38.4	2845	--
SEV-02	117	1.2	7	1	78	14.4	11	78	1228	--
SEV-03	112	0.9	20	16.7	64	21	7	43.8	1149	--
SEV-04	111	0.6	18	7.6	41	27.1	9	45	1233	--
SEV-05	115	1	24	8.2	60	9	17	69	2647	---
SEV-06	158	0.5	38	14.2	10	47.3	13	67	1123	---

ρ = Resistividad Geo eléctrica ($\Omega\text{-m}$)

E= Espesor de la capa en m.

Basado en los resultados obtenidos de los seis (6) Sondeos Eléctricos Verticales–SEVs (Figuras del 15 al 20), se ha elaborado cinco (05) secciones geo eléctricas, cuyo análisis permitirá inferir y conocer las características y condiciones de las diferentes capas u horizontes que conforman el subsuelo en el área investigada.

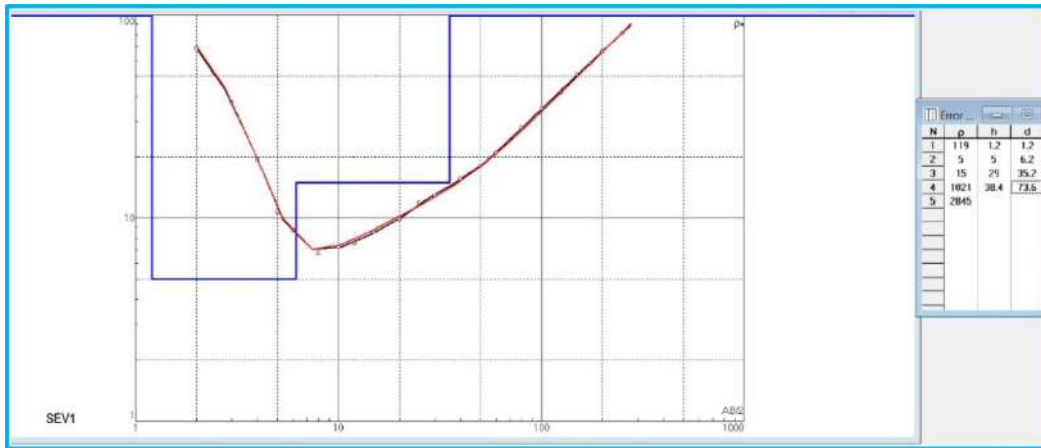


Figura 15. Curvas geoelectricas-SEV1

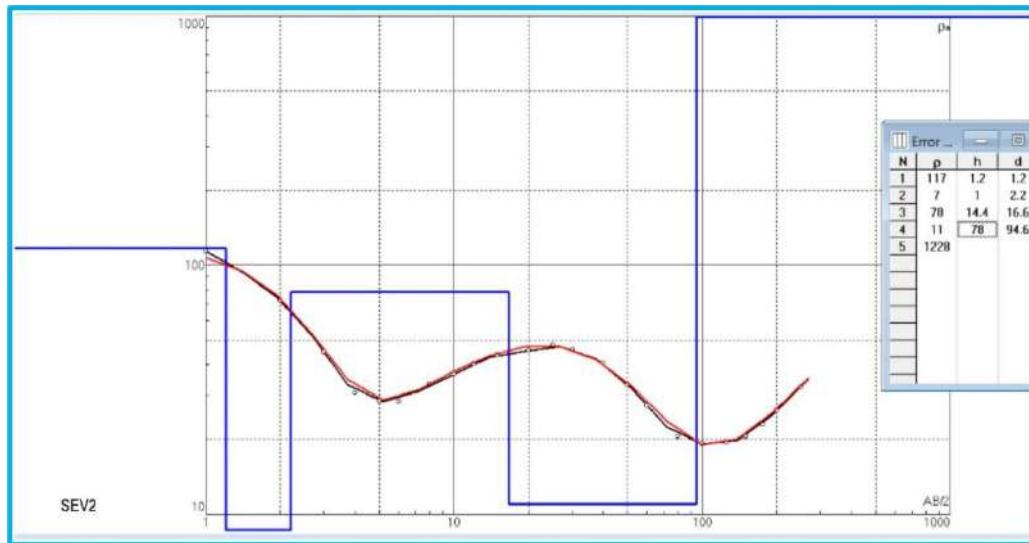


Figura 16. Curvas geoelectricas-SEV2

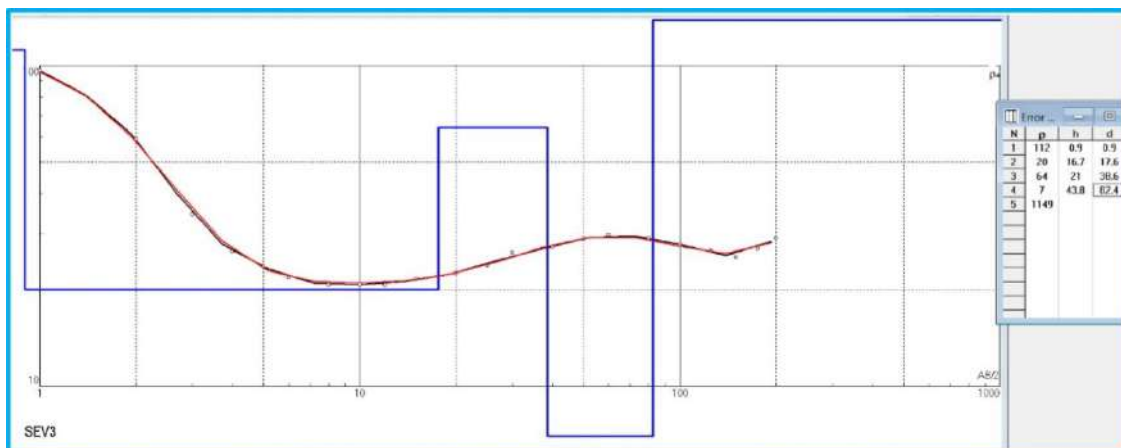


Figura 17. Curvas geoelectricas-SEV3

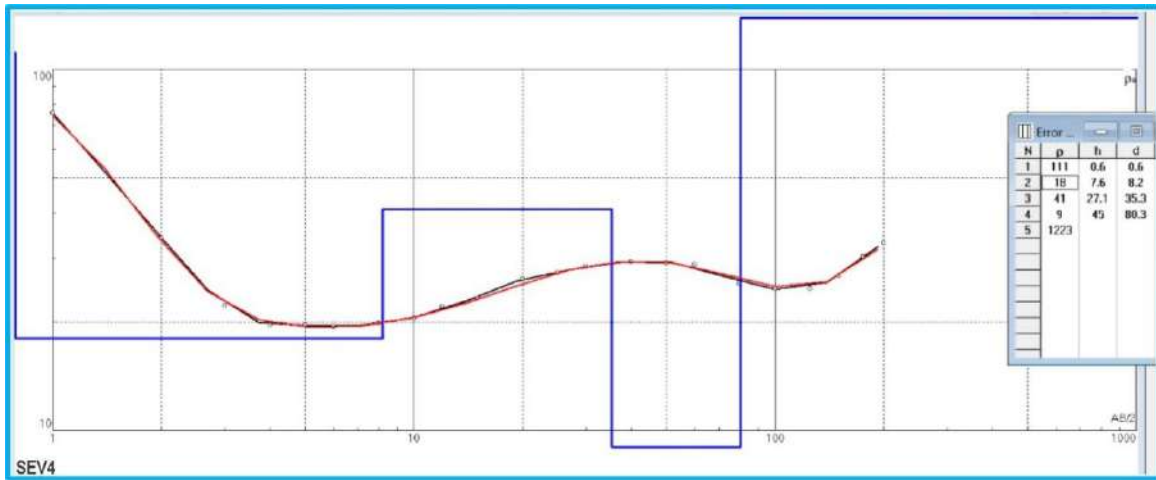


Figura 18. Curvas geoelectricas-SEV4

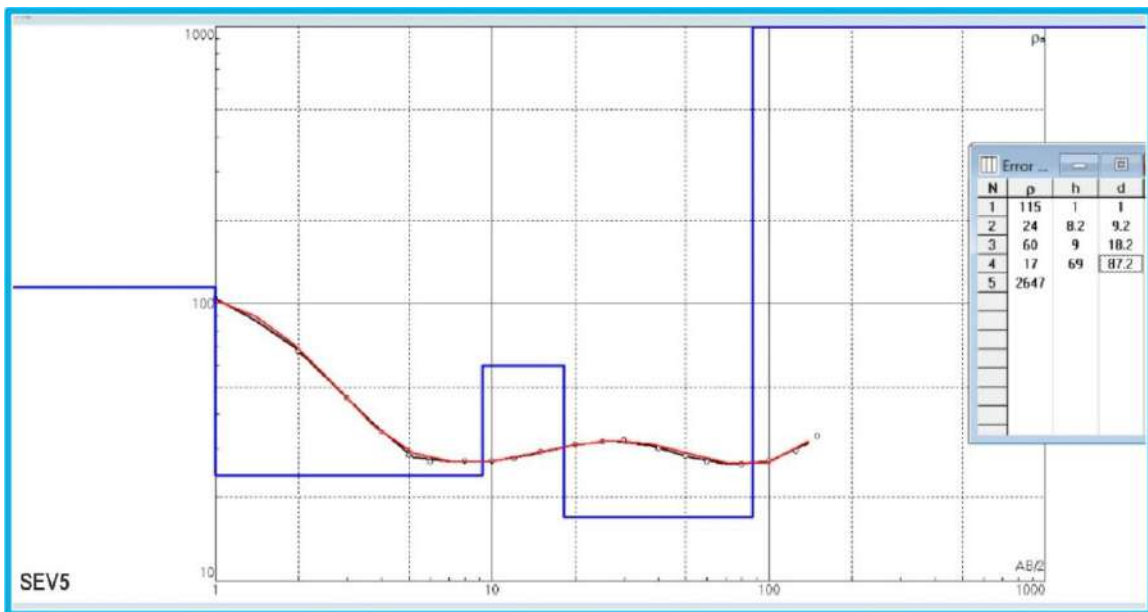


Figura 19. Curvas geoelectricas-SEV5



Figura 20. Curvas geoelectricas-SEV6

6.3.3. Secciones geoelectricas

Comprendida por los SEVs 01, 02, 03, 04, 05 y 06; se distribuyen en cinco secciones A-A', B-B', C-C, D-D' y E-E' las mismas se encuentran ubicadas en el sector del deslizamiento El Aserradero, el perfil A-A' sector oeste del deslizamiento, el perfil B-B' al este de la parte alta del deslizamiento, el perfil C-C' se ubica transversal a LT-1 y LT-2 en el sector central del deslizamiento, el perfil D-D' transversal a línea tomográfica LT-1 y el perfil E-E'.

a) Sección geoelectrica A-A'

Ubicado en el sector oeste del deslizamiento en el Aserradero con rumbo SW-NE está conformado por los SEV5, SEV6, SEV4 y SEV3 y con una longitud de 1910 m y está constituido por cuatro (04) horizontes o capas geo eléctricas, cuyas características y condiciones se describen a continuación (Figura 21):

Horizonte 1. Primer horizonte determinado en esta sección de la zona de estudio y se aprecia en la parte superficial, el mismo que presenta espesor promedio de entre 0.50 m. a 1.00 m y resistividades moderadas de 111 a 158 Ohm.m.

Compuesto por suelos recientes, de recubrimiento superficial con presencia de material de moderada resistividad que incluye el material o suelo vegetal orgánico arcilloso limoso.

Horizonte 2. Segundo horizonte presenta resistividades bajas entre el rango de 18 a 64 Ohm.m, y espesores entre los 14.2 (SEV6) a 37.70 metros de espesor en el SEV3.

Conformada por material de baja resistividad con granulometría gruesa a fina.
Se encuentra a profundidades de entre 0.5 a 1 m.

Horizonte 3. Tercer horizonte presenta resistividades muy bajas entre el rango de 7 a 17 Ohm.m, y espesores entre los 43.8 m (SEV3) a 114.3 metros de espesor en el SEV6.

Conformada por material de muy baja resistividad con granulometría fina y/ o con filtraciones de agua.

Se encuentra a profundidades de entre 14.7 (SEV6) a 38.6 m. (SEV3).

Horizonte 4. Cuarto horizonte determinado en la zona de estudio y no se aprecia espesores debido a que la curva de resistividades se limita hasta esta profundidad de investigación, presenta resistividades altas de entre 1123 Ohm.m (SEV6) a 2647 Ohm.m (SEV5).

Compuesto por el material poco alterado y/o alterado resistivo constituye la roca sedimentaria que aflora en el área de estudio.

Se encuentra a profundidades de entre 80.3 m (SEV4) a 129 m (SEV6).

Tabla 6. Perfil geoelectrico A-A'

Horizonte	Resistividad (ohm-m)	Espesor (m)	Profundidad (m)	Descripción
1	111 - 158	0.5 – 1	0	Compuesto por material inconsolidado de recubrimiento, suelo muy reciente que incluye el suelo vegetal orgánico.
2	18 - 64	14.2 – 37.7	0.5 – 1	Conformada por material de baja resistividad con granulometría gruesa a fina.
3	7 - 17	43.8 – 114.3	14.7 – 38.6	Conformada por material de muy baja resistividad con granulometría fina y/o con filtraciones de agua.
4	1123 - 2647	Indefinidos metros	80.3 - 129	Compuesto por el material poco alterado y/o alterado resistivo constituye la roca sedimentaria que aflora en el área de estudio.

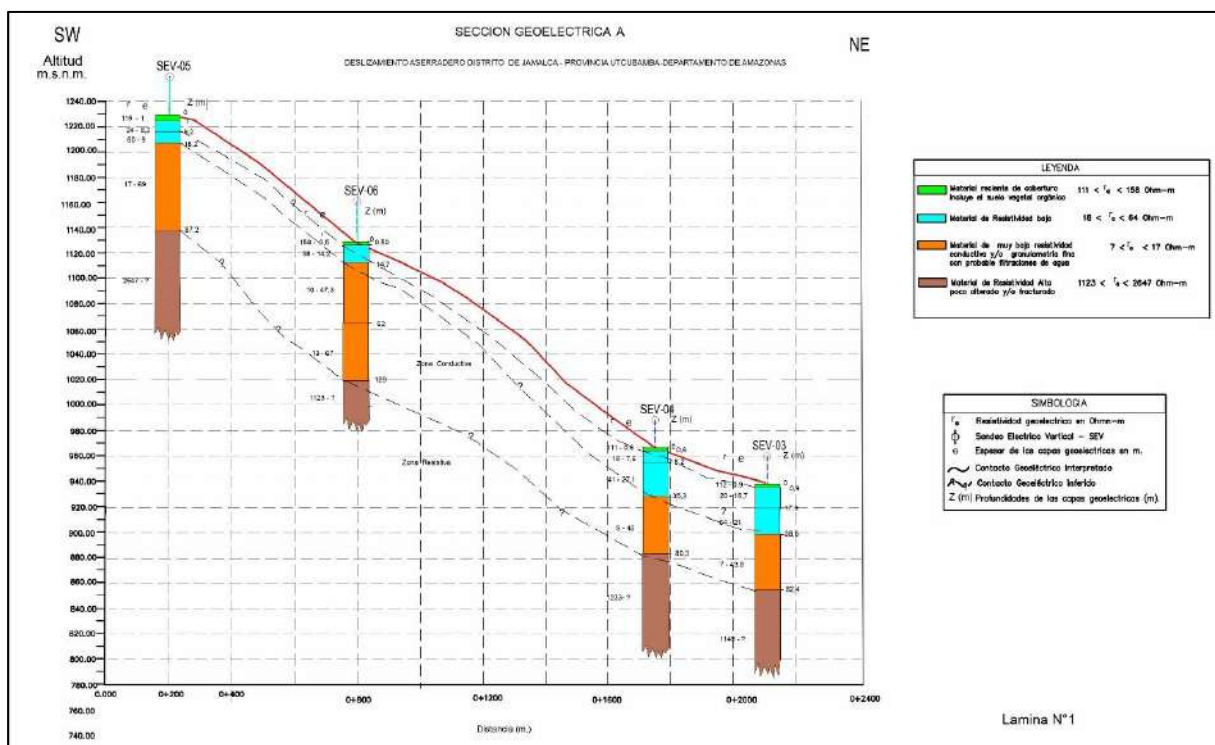


Figura 21. Sección geoelectrica A

b) Sección geoelectrica B-B'

Ubicado en la parte alta del deslizamiento en el Aserradero con rumbo SW-NE está conformado por los SEV1 y SEV2 y con una longitud de 871 m y está constituido por cuatro (04) horizontes o capas geoelectricas, cuyas características y condiciones se describen a continuación (Figura 22):

Horizonte 1. Determinado en esta sección de la zona de estudio y se aprecia en la parte superficial, el mismo que presenta espesor promedio de 1.2 m y resistividades moderadas de entre 117 a 119 Ohm.m.

Compuesto por suelos recientes, de recubrimiento superficial con presencia de material de moderada resistividad que incluye el material o suelo vegetal orgánico arcilloso limoso.

Horizonte 2. Presenta resistividades bajas del orden de los 78 Ohm.m, y espesores de 14.4 (SEV2) m de espesor. Conformada por material de muy baja resistividad con granulometría gruesa a fina. Se encuentra a profundidades del orden de los 2.2 (SEV2).

Horizonte 3. Presenta resistividades muy bajas entre el rango de 5 a 15 Ohm.m, y espesores de entre 1 m (SEV2) a 78 m de espesor en el SEV2.

Conformada por material de muy baja resistividad con granulometría fina. y/o con filtraciones de agua.

Se encuentra a profundidades de entre 1.2 m (SEV2) a 16.6 m.

Horizonte 4. Determinado en la zona de estudio y no se aprecia espesores debido a que la curva de resistividades se limita hasta esta profundidad de investigación, presenta resistividades altas del orden de entre 1021 Ohm.m a los 2845 Ohm.m.

Compuesto por el material poco alterado y/o alterado resistivo constituye la roca sedimentaria que aflora en el área de estudio. Se encuentra a profundidades en la parte alta con 35.2 metros (SEV1) hasta los 94.6 metros en la parte baja se profundiza (SEV2).

Tabla 7. Perfil geoelectrico B-B'

Horizonte	Resistividad (ohm-m)	Espesor (m)	Profundidad (m)	Descripción
1	117 - 119	1.2	(0)	Compuesto por material inconsolidado de recubrimiento, suelo muy reciente que incluye el suelo vegetal orgánico.
2	78	14.4	2.2 – 6.2	Conformada por material de baja resistividad con granulometría gruesa a fina.
3	5 – 11	1 - 78	1.2 – 16.6	Conformada por material de muy baja resistividad con granulometría fina y/o con filtraciones de agua.
4	1021 -2845	Indefinidos metros	35.2 – 94.6	Compuesto por el material poco alterado y/o alterado resistivo constituye la roca sedimentaria que aflora en el área de estudio.

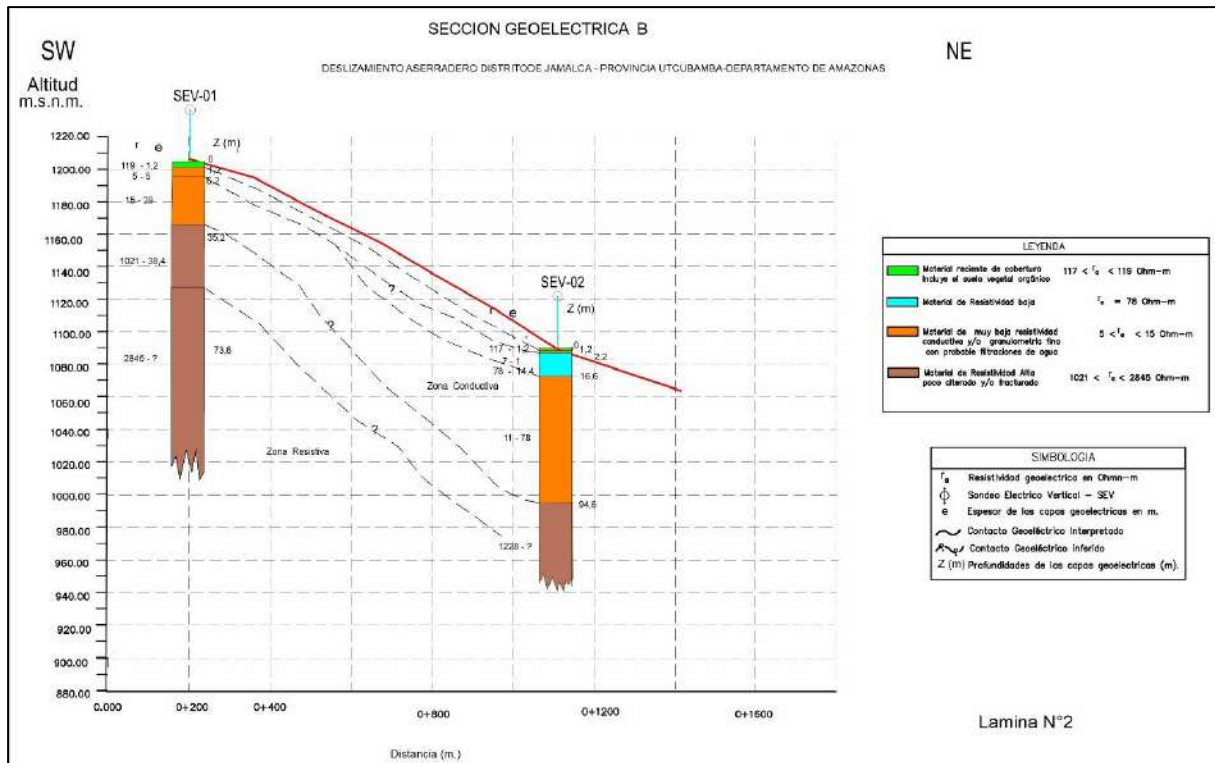


Figura 22. Sección geoelectrónica B

c) Sección geoelectrónica C-C'

Ubicado en el sector central y transversal a los dos perfiles antes mencionados del deslizamiento en el Aserradero con rumbo SW-NE está conformado por los SEV6 y SEV2 con una longitud de 960 m y está constituido por cuatro (04) horizontes o capas geoelectrónicas, cuyas características y condiciones se describen a continuación (Figura 23):

Horizonte 1. Determinado en esta sección de la zona de estudio y se aprecia en la parte superficial, el mismo que presenta espesor promedio de entre 0.50 m. a 1.20 m y resistividades moderadas de 117 a 158 Ohm.m. Compuesto por suelos recientes, de recubrimiento superficial con presencia de material de moderada resistividad que incluye el material o suelo vegetal orgánico arcilloso limoso.

Horizonte 2. Presenta resistividades bajas entre el rango de 38 a 78 Ohm.m, y espesores entre los 14.2 (SEV6) a 14.40 m de espesor en el SEV2. Conformada por material de muy baja resistividad con granulometría gruesa a fina. Se encuentra a profundidades de entre 0.5 a 2.2 m.

Horizonte 3. Presenta resistividades muy bajas entre el rango de 7 a 13 Ohm.m (SEV2), y espesores entre los 1 m (SEV2) a 114.3 m de espesor en el SEV6. Conformada por material de muy baja resistividad con granulometría fina y/o con filtraciones de agua. Se encuentra a profundidades de entre 14.7 (SEV6) a 16.6 m (SEV2).

Horizonte 4. Determinado en la zona de estudio y no se aprecia espesores debido a que la curva de resistividades se limita hasta esta profundidad de investigación, presenta resistividades altas de entre 1123 a 1228 Ohm.m (SEV2).

Compuesto por el material poco alterado y/o alterado resistivo constituye la roca sedimentaria que aflora en el área de estudio.

Se encuentra a profundidades de entre 94.5 m (SEV2) a 129 m (SEV6).

Tabla 8. Perfil geoelectrico C-C'

Horizonte	Resistividad (ohm-m)	Espesor (m)	Profundidad (m)	Descripción
1	117 - 158	0.5 – 1.2	0	Compuesto por material inconsolidado de recubrimiento, suelo muy reciente que incluye el suelo vegetal orgánico.
2	38 - 78	1 – 14.4	0.5 – 2.2	Conformada por material de baja resistividad con granulometría gruesa a fina.
3	7 - 13	1 – 114.3	1.2 – 16.6	Conformada por material de muy baja resistividad con granulometría fina y/o con filtraciones de agua.
4	1123- 1228	Indefinidos metros	94 - 129	Compuesto por el material poco alterado y/o alterado resistivo constituye la roca sedimentaria que aflora en el área de estudio.

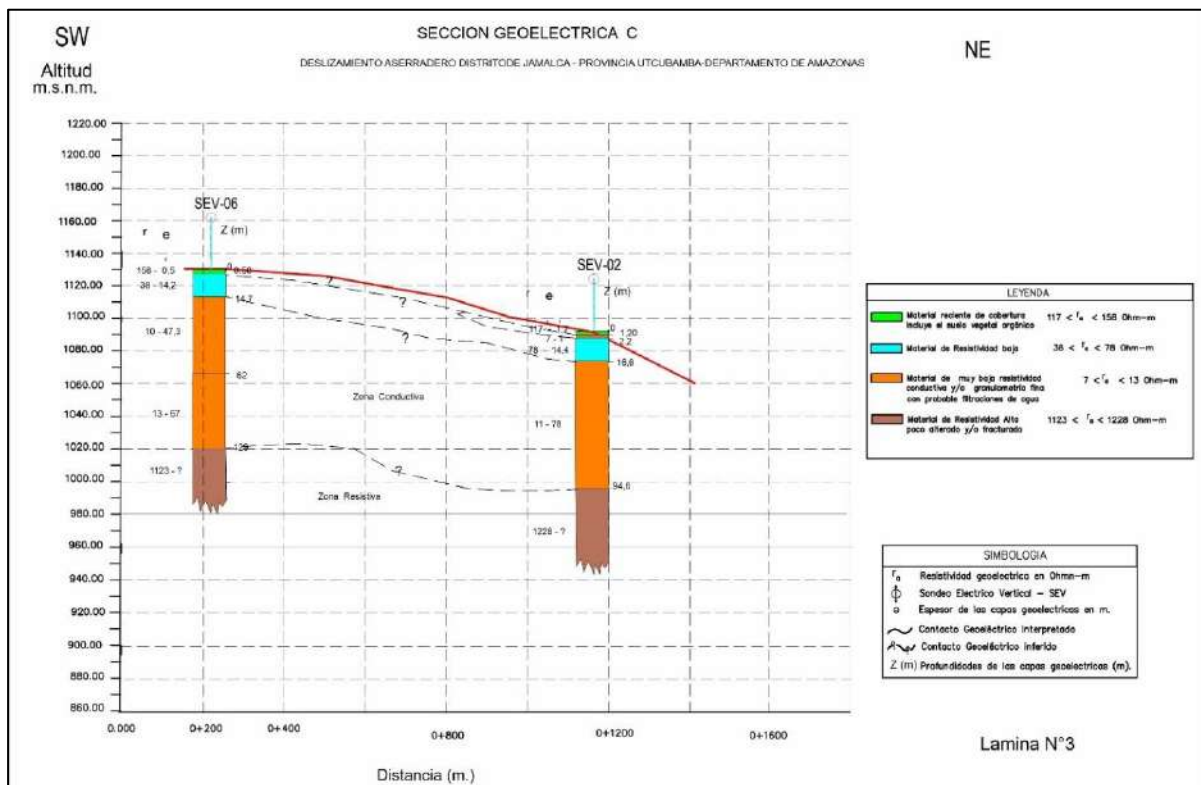


Figura 23. Sección geoelectrica C

d) Sección geoelectrica D-D'

Ubicado en el sector central y transversal al perfil de tomografía LT-1 del deslizamiento en el Aserradero con rumbo SE- NW está conformado por los SEV2, SEV4 y SEV3 con una longitud de 1550 m y está constituido por cuatro (04) horizontes o capas geo eléctricas, cuyas características y condiciones se describen a continuación (Figura 24):

Horizonte 1. Determinado en esta sección de la zona de estudio y se aprecia en la parte superficial, el mismo que presenta espesor promedio de entre 0.6 a 1.20 m y resistividades moderadas de 111 a 117 Ohm.m.

Compuesto por suelos recientes, de recubrimiento superficial con presencia de material de moderada resistividad que incluye el material o suelo vegetal orgánico arcilloso limoso.

Horizonte 2. Presenta resistividades bajas entre el rango de 18 a 78 Ohm.m, y espesores entre los 14.4 (SEV2) a 37.70 m de espesor en el SEV3.

Conformada por material de muy baja resistividad con granulometría gruesa a fina.
 Se encuentra a profundidades de entre 0.6 a 2.2 m (SEV2).

Horizonte 3. Presenta resistividades muy bajas entre el rango de 7 a 11 Ohm.m, y espesores entre los 1.0 m (SEV2) a 78 m de espesor en el SEV2.

Conformada por material de muy baja resistividad con granulometría fina y/o con filtraciones de agua.

Se encuentra a profundidades de entre 1.2 a 38.6 m (SEV3).

Horizonte 4. Determinado en la zona de estudio y no se aprecia espesores debido a que la curva de resistividades se limita hasta esta profundidad de investigación, presenta resistividades altas de entre 1149 a 1223 Ohm.m.(SEV4)

Compuesto por el material poco alterado y/o alterado resistivo constituye la roca sedimentaria que aflora en el área de estudio. Se encuentra a profundidades de entre 80.3 m (SEV4) a 94.6 m (SEV2).

Tabla 9. Perfil geoelectrico D-D'

Horizonte	Resistividad (ohm-m)	Espesor (m)	Profundidad (m)	Descripción
1	111 - 117	0.6 - 1.2	0	Compuesto por material inconsolidado de recubrimiento, suelo muy reciente que incluye el suelo vegetal orgánico.
2	18 - 78	14.4 - 56.2	0.6 - 2.2	Conformada por material de baja resistividad con granulometría gruesa a fina.
3	7 - 11	1.2 - 38.6	1.2 - 38.6	Conformada por material de muy baja resistividad con granulometría fina y/o con filtraciones de agua.
4	1149 - 1223	Indefinidos metros	80.3 - 94.6	Compuesto por el material poco alterado y/o alterado resistivo constituye la roca sedimentaria que aflora en el área de estudio.

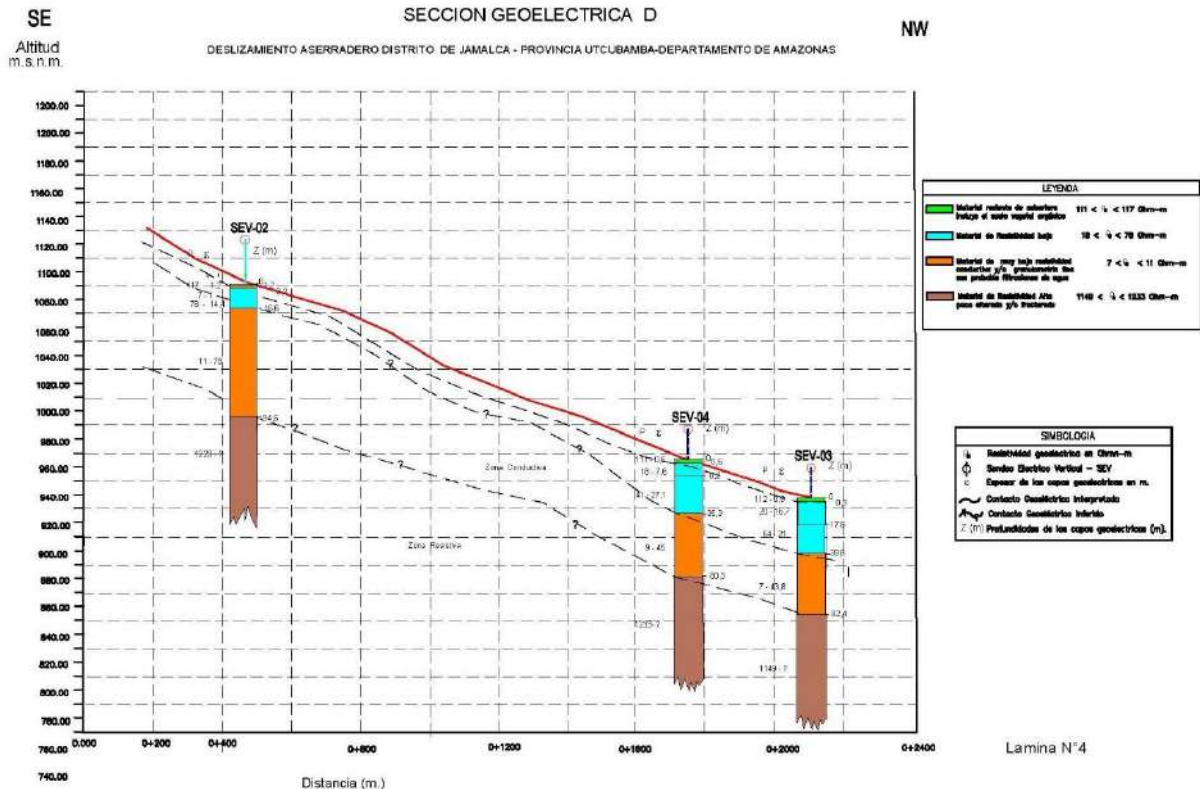


Figura 24. Sección geoelectrica D

e) Sección geoelectrica E-E'

Ubicado en la parte alta del deslizamiento y transversal al perfil de tomografía LT-1, con rumbo SW - NE está conformado por los SEV5 y SEV2 con una longitud de 1243 m y está constituido por cuatro (04) horizontes o capas geo eléctricas, cuyas características y condiciones se describen a continuación (Figura 25):

Horizonte 1. Determinado en esta sección de la zona de estudio; se aprecia en la parte superficial, el mismo que presenta espesor promedio de entre 1 a 1.20 m y resistividades moderadas de 115 a 117 Ohm.m.(SEV2). Compuesto por suelos recientes, de recubrimiento superficial con presencia de material de moderada resistividad que incluye el material o suelo vegetal orgánico arcilloso limoso.

Horizonte 2. Presenta resistividades bajas entre el rango de 24 a 78 Ohm.m,(SEV2) y espesores entre los 14.4 (SEV2) a 17.20 metros de espesor en el SEV5. Conformada por material de muy baja resistividad con granulometría gruesa a fina. Se encuentra a profundidades de entre 1 m a 1.2 m (SEV2).

Horizonte 3. Presenta resistividades muy bajas entre el rango de 7 a 17 Ohm.m, y espesores entre los 1.0 m (SEV2) a 78 metros de espesor en el SEV2. Conformada por material de muy baja resistividad con granulometría fina y/o con filtraciones de agua. Se encuentra a profundidades de entre 1.2 a 18.20 m. (SEV5).

Horizonte 4. Determinado en la zona de estudio y no se aprecia espesores debido a que la curva de resistividades se limita hasta esta profundidad de investigación, presenta resistividades altas de entre 1228 a 2647 Ohm.m.(SEV5). Compuesto por el material poco alterado y/o alterado resistivo constituye la roca sedimentaria que aflora en el área de estudio. Se encuentra a profundidades de entre 87.20 m (SEV5) a 94.6 m (SEV2).

Tabla 10. Perfil geoelectrico E - E'

Horizonte	Resistividad (ohm-m)	Espesor (m)	Profundidad (m)	Descripción
1	111 - 117	1 – 1.2	0	Compuesto por material inconsolidado de recubrimiento, suelo muy reciente que incluye el suelo vegetal orgánico
2	24 - 78	14.4 – 17.2	1 – 2.2	Conformada por material de baja resistividad con granulometría gruesa a fina
3	7 - 17	1 – 78	1.2 – 18.2	Conformada por material de muy baja resistividad con granulometría fina y/o con filtraciones de agua.
4	1228 - 2647	Indefinidos metros	87.2 - 94.6	Compuesto por el material poco alterado y/o alterado resistivo constituye la roca sedimentaria que aflora en el área de estudio.

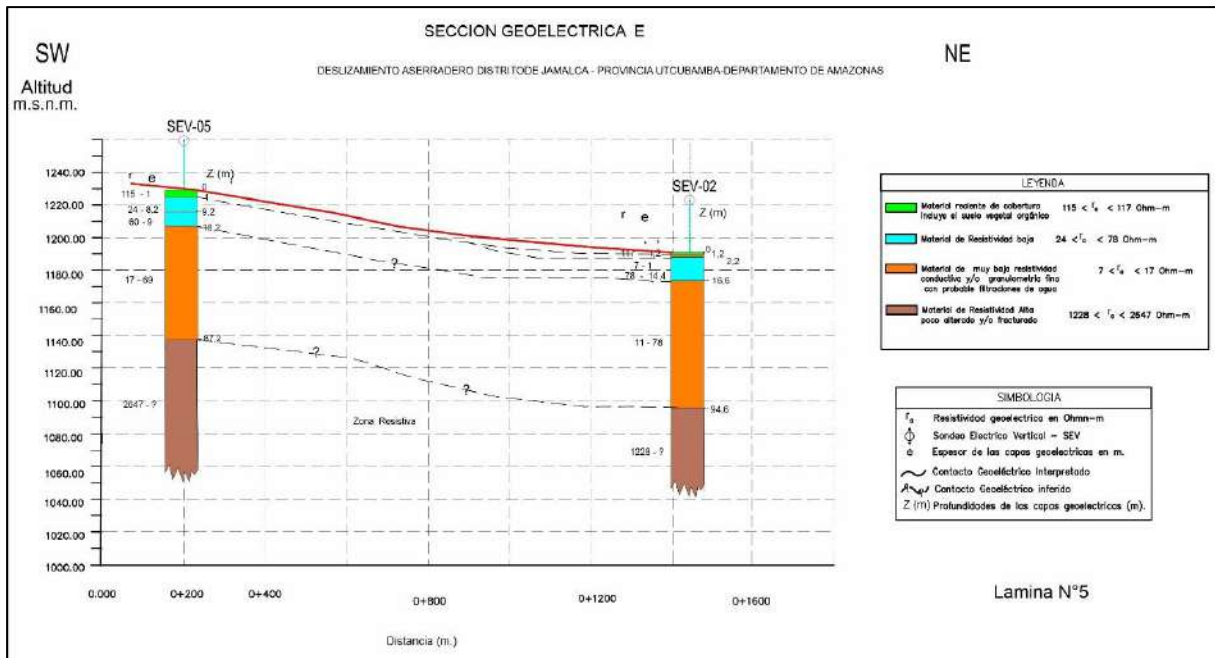


Figura 25. Sección geoelectrica E

7. CONCLUSIONES

En base al análisis de información geológica, la prospección geofísica y la evaluación de peligros geológicos, emitimos las siguientes conclusiones:

1. El macizo rocoso en el lugar donde se generó el deslizamiento Aserradero está compuesto por secuencias sedimentarias de tipo caliza con intercalaciones escasas de lutitas de la Formación Quilquiñan con buzamiento a favor de la pendiente. En superficie se encuentra cubierto por depósitos inconsolidados conformado por coluviales generados por deslizamientos.
2. Geomorfológicamente el deslizamiento Aserradero, se sitúa en ladera de montaña modelada en roca sedimentaria con pendiente del terreno de 5° a 15° categorizada como moderada.
3. En los alrededores del deslizamiento Aserradero se identificó dos deslizamientos traslacionales inactivos latentes, un deslizamiento-flujo inactivo latente, un deslizamiento-flujo activo, un deslizamiento rotacional reactivado, un deslizamiento rotacional inactivo latente y seis erosiones de ladera; lo que demuestra una geodinámica muy activa.
4. Las dimensiones del deslizamiento Aserradero son importantes; las mediciones realizadas sobre imágenes satelitales arrojan: un área de 454 hectáreas de afectación, con 5000 m de longitud de escarpa principal, 660 m desnivel entre la escarpa principal y pie del deslizamiento, salto en la escarpa principal entre 20 m a 40 m, desplazamiento horizontal entre 150 a 200 m, longitud en el eje principal 4000 m y ancho entre 1000 m a 1900 m.
5. En la actualidad, la masa del deslizamiento Aserradero cruza la carretera Fernando Belaúnde Terry, importante al unir ciudades principales de la Costa (Chiclayo), Chachapoyas, Moyobamba, Tarapoto entre otras (en la selva central-norte). Asimismo, se observa nuevamente viviendas dispersas ocupadas, pertenecientes al centro poblado de Santa Rosa de Pagpa.
6. Los factores que condicionaron la ocurrencia del deslizamiento Aserradero corresponde a depósitos de antiguos deslizamientos, macizo sedimentario fracturado con estratificación a favor de la pendiente del terreno y presencia de agua subterránea. Además, los factores desencadenantes fue el movimiento sísmico de magnitud 7.5 del 28 de noviembre de 2021 y las precipitaciones pluviales prolongadas típicas en la zona.
7. A partir de los resultados del estudio de Tomografía Eléctrica del deslizamiento de Aserradero, se ha caracterizado cuatro secuencias de resistividades diferentes como son: i) resistividades bajas relacionadas a zonas permeables con presencia de agua con valores menores a 2.3 Ohm-m; ii) valores de entre de 2.3 a 96.7 Ohm.m relacionada a material de baja a moderada resistividad (material inconsolidado); iii) con 96.7 a 606 Ohm-m corresponde a un material muy alterado; iv) corresponde al material resistivo rocoso alterado y/o fracturado tienen una resistividad mayor a 606 Ohm-m (Calizas?).
8. De la interpretación de los seis Sondeos Eléctricos Verticales que se realizó en áreas aledañas y en el deslizamiento Aserradero, se ha determinado cuatro capas geoeléctricas: i) Espesor promedio entre 0.50 m a 1.20 m con resistividades moderadas de 111 a 158 Ohm.m, compuesta por suelos recientes de recubrimiento superficial con presencia de material de moderada resistividad que incluye suelo

orgánico vegetal arcillo limoso; ii) Con resistividades bajas en el rango de los 18 a 78 Ohm.m y espesores entre 14.2 a los 37.70 m, compuesta por material con granulometría gruesa a fina; iii) Resistividades muy bajas de 5 a 17 Ohm.m y espesores de 1 m a 114.3 m, conformada por el material con granulometría fina (Arcillo limosa) y/o por filtraciones de agua y/o con cierto grado de humedad; iv) capa compuesta por el material poco alterado (roca sedimentaria) presenta resistividades altas de entre 1021 a 2845 Ohm.m.

9. El área que abarca el deslizamiento Aserradero y los alrededores, se considera como **Zona Crítica y de Peligro Muy Alto**; en caso de registrarse lluvias prolongadas y sismos fuertes el deslizamiento se podría reactivar.

8. RECOMENDACIONES

1. Para evitar la acumulación del agua de infiltración y posterior reactivación del deslizamiento Aserradero, se debe diseñar y construir un sistema de drenaje tipo espina de pescado para captar las aguas pluviales y drenar las aguas de los oconales.
2. Con la finalidad de determinar la actividad y velocidad de desplazamiento del cuerpo del deslizamiento Aserradero, se debe implementar un sistema de monitoreo geodésico.
3. Elaborar un plan de contingencia ante posible embalse del río Utcubamba a causa de deslizamiento Aserradero para los centros poblados de Magunchal, El Salao y Puerto Naranjitos asentadas en la ribera del río.
4. Para evitar destrucción de viviendas ante otro evento similar, se debe prohibir su construcción en el cuerpo del deslizamiento Aserradero.
5. Prohibir la deforestación para tierras de cultivo e iniciar proceso de reforestación con plantas nativas para incrementar la resistencia del suelo y evitar la erosión.
6. Por ser una zona muy inestable, y una carretera de gran envergadura, se debe contemplar realizar un cambio del trazo de la carretera Fernando Belaunde Terry.
7. La carretera Fernando Belaunde Terry, por ser una carretera de gran envergadura, se debe contemplar realizar el cambio de trazo en el área afectada por el deslizamiento de Aserradeo
8. Se recomienda realizar estudios de campo adicionales y sistemáticos enfocados en la caracterización detallada del deslizamiento Aserradero.

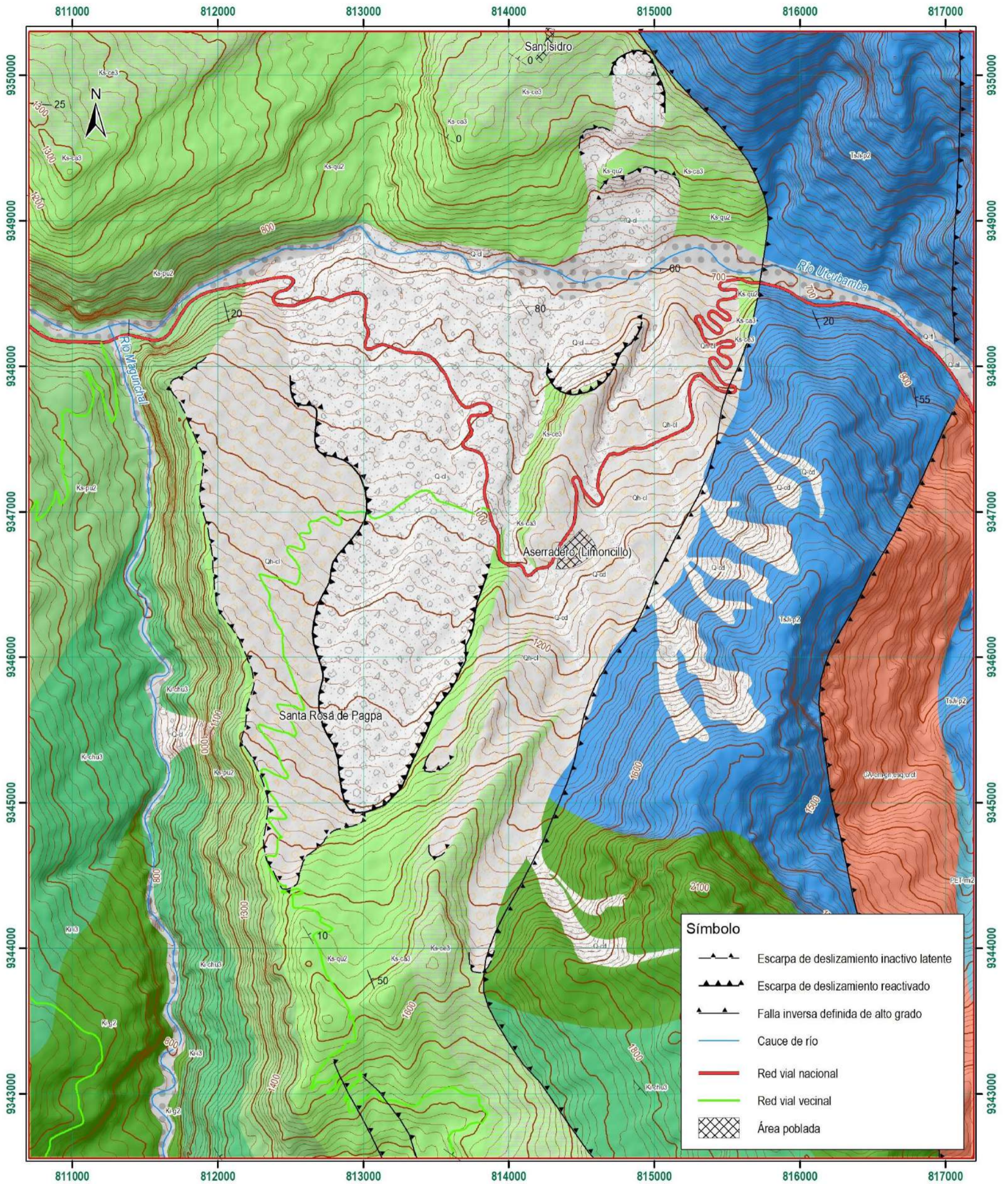

LUCIO MEDINA ALLCCA
Ingeniero Geólogo
CIP N° 101456


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

9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Chacaltana, C; Valdivia, W; Peña, D. & Rodríguez, R. (2011) - Geología de los cuadrángulos de Aramango (11-g) y Bagua (12-g). INGEMMET, Boletín, Serie A: Carta Geológica Nacional, 142, 132 p., 8 mapas. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/104>
- Datos meteorológicos y pronóstico del tiempo del Servicio aWhere, Landviewer, disponible en: <https://crop-monitoring.eos.com/weather-history/field/7843428>
- Directorio Nacional de Centros Poblados, Censos Nacionales 2017: XII de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas: https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1541/index.htm
- Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres (2009) - *Terminología sobre reducción del riesgo de desastres*. Ginebra: Naciones Unidas, UNISDR, 38 p. https://www.unisdr.org/files/7817_UNISDRTerminologySpanish.pdf
- Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2021) - *Represamiento y desembalse del río Utcubamba en el sector Aserradero. Distrito de Jamalca, provincia de Utcubamba, departamento de Amazonas*. Lima: INGEMMET, Informe Técnico N° A7198, 26 p. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/3536>
- Medina, L.; Vilchez, M. & Dueñas, S. (2009) - Riesgo geológico en la región Amazonas. *INGEMMET*, Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, 39, 205 p., 9 mapas. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/244>
- 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. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/2830>
- Villota, H. (2005) - *Geomorfología aplicada a levantamientos edafológicos y zonificación física de tierras*. 2. ed. Bogotá: Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 210 p.

ANEXO 1: MAPAS



Símbolo	
	Escarpa de deslizamiento inactivo latente
	Escarpa de deslizamiento reactivado
	Falla inversa definida de alto grado
	Cauce de río
	Red vial nacional
	Red vial vecinal
	Área poblada

LEYENDA

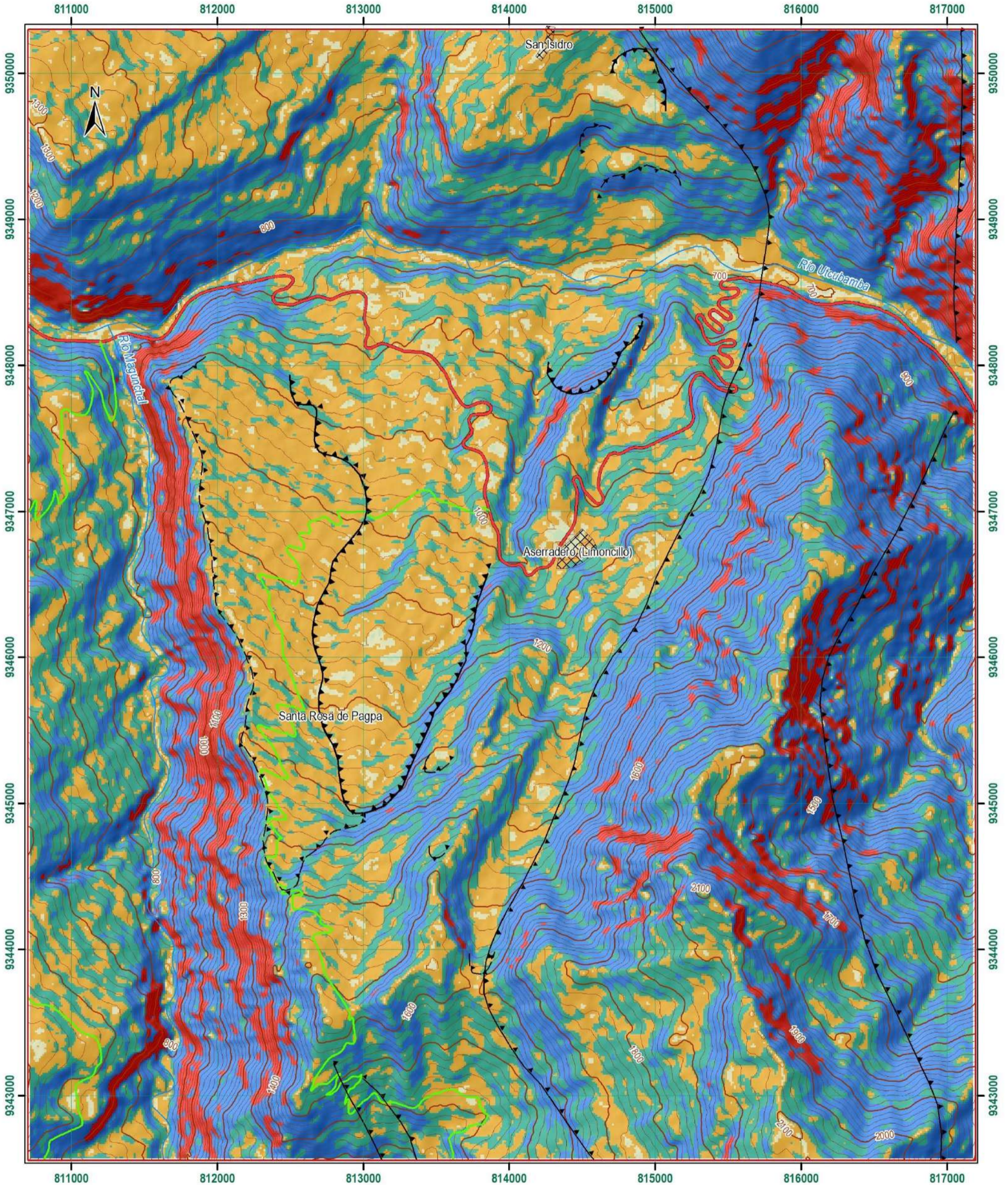
	Ki-chu3, Formación Chúlec
	Ks-pu2, Grupo Pullucana
	Ki-i3, Formación Inca
	Ki-g2, Grupo Goyllarisquizga
	TsJi-p2, Grupo Pucará
	PET-mi2, Grupo Mitu
	CA-cm-gn,esq,crct, Complejo del Marañón

SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
INSTITUTO GEOLOGICO, MINERO Y METALURGICO

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO
ASISTENCIA TÉCNICA EN LA EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL

GEOLOGICO
DESlizamiento ASERRADERO

VERSIÓN DIGITAL Año 2024	0 0.25 0.5 1 km Datum: WGS 84, Proyección: UTM Zona 17 Sur	MAPA: 1
-----------------------------	---	-------------------



Leyenda

Rango de pendiente	Color	Superficie topográfica
0° - 1°		Terreno llano
1° - 5°		Terreno inclinado con pendiente suave
5° - 15°		Pendiente moderada
15° - 25°		Pendiente fuerte
25° - 45°		Pendiente muy fuerte a escarpado
> 45°		Terreno muy escarpado

Símbolo

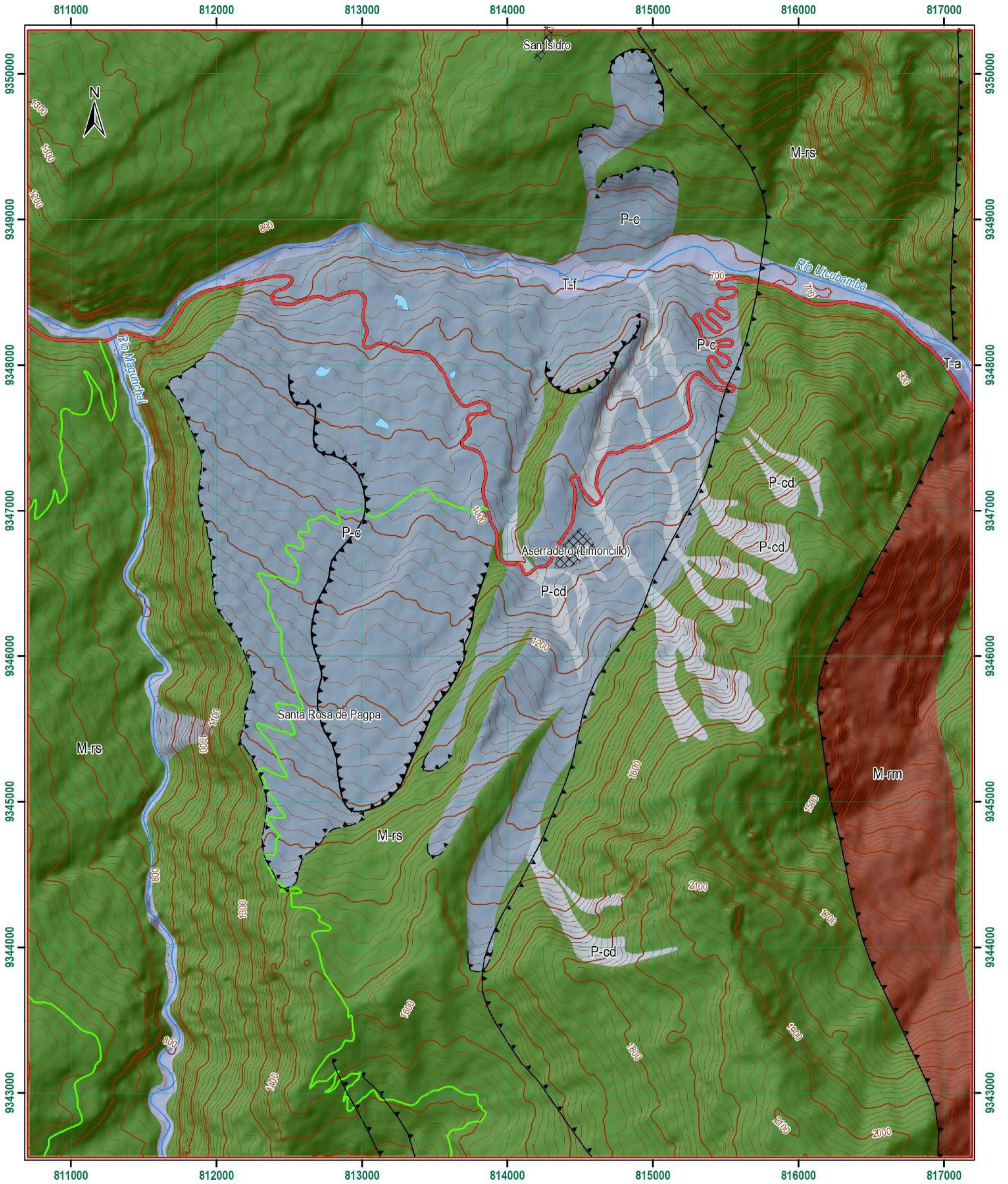
	Escarpa de deslizamiento inactivo latente
	Escarpa de deslizamiento reactivado
	Falla inversa definida de alto grado
	Cauce de río
	Red vial nacional
	Red vial vecinal
	Área poblada

SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO
ASISTENCIA TÉCNICA EN LA EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL

**PENDIENTE DE LOS TERRENOS
DESlizamiento ASERRADERO**

VERSIÓN DIGITAL Año 2024	<p>Datum: WGS 84, Proyección: UTM Zona 17 Sur</p>	MAPA: 2
-----------------------------	---	--------------------------



LEYENDA

	M-rs, Montaña en roca sedimentaria
	M-rm, Montaña en roca metamórfica
	P-c, Piedemonte coluvial
	P-cd, Piedemonte coluviodeluvial
	T-a, Terraza aluvial
	T-f, Terraza fluvial

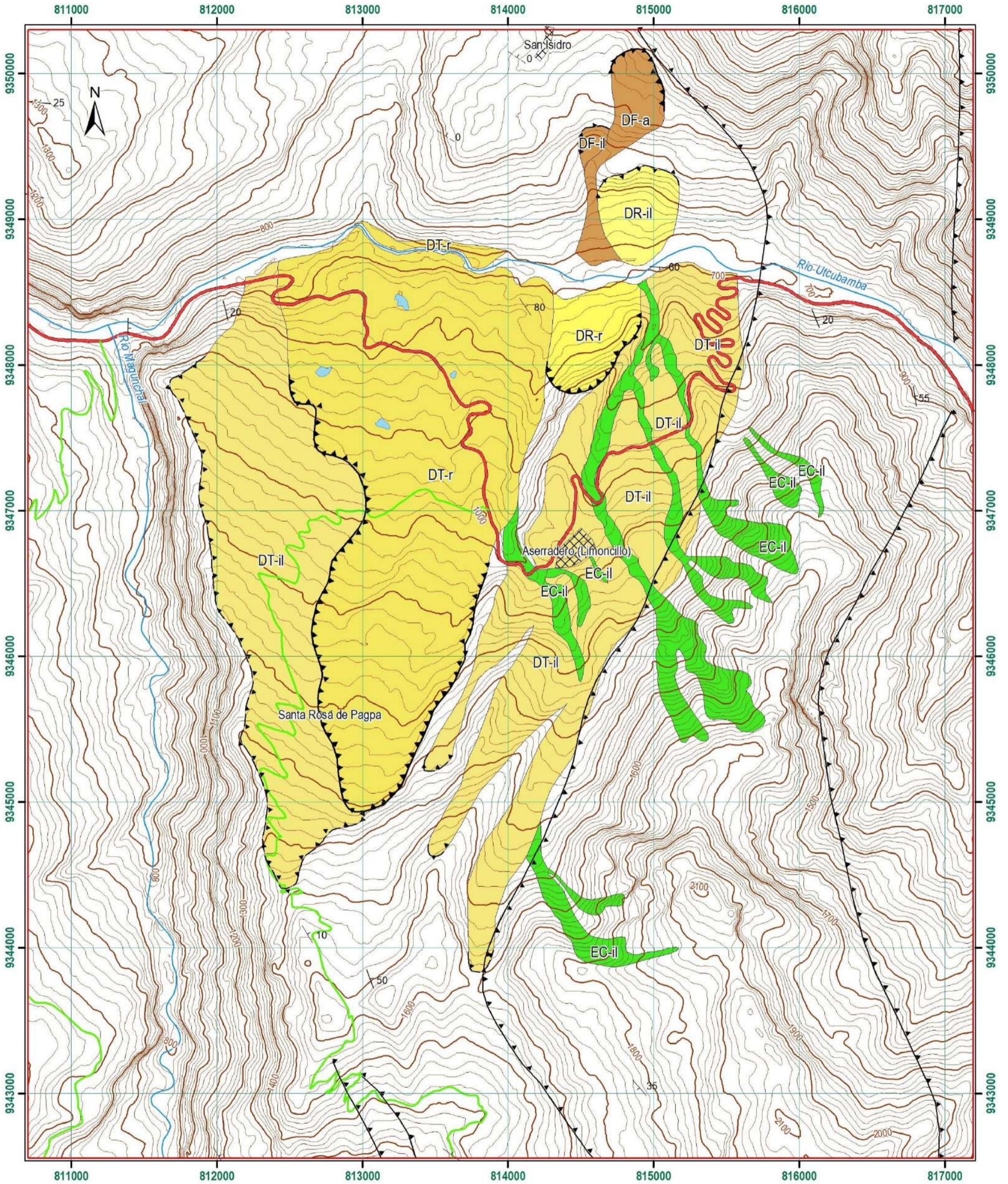
Simbología

	Escarpa de deslizamiento inactivo latente
	Escarpa de deslizamiento reactivado
	Falla inversa definida de alto grado
	Cauce de río
	Red vial nacional
	Red vial vecinal
	Área poblada

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO
 ASISTENCIA TÉCNICA EN LA EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL

**GEOMOFOLÓGICO
 DESLIZAMIENTO ASERRADERO**

VERSIÓN DIGITAL Año 2024	 Datum: WGS 84, Proyección: UTM Zona 17 Sur	MAPA: 3
-----------------------------	--	-------------------------------------



LEYENDA

	DR-r, Deslizamiento rotacional, reactivado
	DR-il, Deslizamiento rotacional, inactivo latente
	DT-r, Deslizamiento traslacional, reactivado
	DT-il, Deslizamiento traslacional, inactivo latente
	DF-a, Deslizamiento - flujo, activo
	DF-il, Deslizamiento - flujo, inactivo latente
	EC-il, Erosión en cárcava, inactivo latente

Símbolo

	Escarpa de deslizamiento inactivo latente
	Escarpa de deslizamiento reactivado
	Falla inversa definida de alto grado
	Cauce de río
	Red vial nacional
	Red vial vecinal
	Área poblada

SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
 INSTITUTO GEOLOGICO, MINERO Y METALURGICO

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO
 ASISTENCIA TÉCNICA EN LA EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL

**PELIGRO GEOLÓGICO
 DESLIZAMIENTO ASERRADERO**

VERSIÓN DIGITAL Año 2024	<p>Datum: WGS 84, Proyección: UTM Zona 17 Sur</p>	MAPA: 4
-----------------------------	---	-------------------------------------