

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A7084

EVALUACIÓN DE LOS DESLIZAMIENTOS EN EL CENTRO POBLADO SANTA ISABEL

Región Amazonas
Provincia Utcubamba
Distrito Cajaruro



AGOSTO
2020

CONTENIDO

RESUMEN	1
1. INTRODUCCIÓN	2
2. ANTECEDENTES.....	2
3. ASPECTOS GENERALES.....	3
3.1. Ubicación.....	3
3.2. Accesibilidad.....	3
4. ASPECTOS GEOLÓGICOS	5
4.1. Geología local	5
4.1.1. Formación Sambimera Miembro Superior (PN-s/s).....	6
4.1.2. Formación Sambimera Miembro Inferior (PN-s/i)	6
5. ASPECTO GEOMORFOLÓGICO	7
5.1. Modelo Digital de Elevaciones (MDE)	7
5.2. Mapa de Pendientes	7
5.3. Susceptibilidad a Movimientos en masa.....	7
5.4. Unidades Geomorfológicas	11
5.4.1. Unidad de lomadas.....	11
5.4.2. Unidad de Piedemonte	11
5.4.3. Unidad de Abanico	11
6. PELIGROS GEOLÓGICOS	14
6.1. Definición de deslizamientos	14
6.2. Procesos de remoción en masa.....	16
6.2.1. Deslizamientos antiguos en el centro poblado Santa Isabel.....	16
6.2.2. Deslizamientos recientes o activos	17
6.3. Análisis multitemporal de imágenes satelitales.....	20
7. MECANISMOS ASOCIADOS A LA INESTABILIDAD DE LADERAS.....	22
7.1. Factores condicionantes	22
7.1.1. Litología y Depósitos Cuaternarios.....	22
7.1.2. Pendientes.....	22
7.2. Factor desencadenante.....	23
7.2.1. Precipitaciones pluviales	23
8. PROPUESTAS DE MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y/O MITIGACIÓN	24
8.1. Medidas estructurales para captación de flujos de escorrentía	25
8.1.1. Canal de coronación.....	25

8.1.2. Sistemas de drenaje espina de pescado	25
8.1.3. Banquetas.....	26
CONCLUSIONES	26
RECOMENDACIONES	27
REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA.....	28

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR DESLIZAMIENTOS EN EL

CENTRO POBLADO SANTA ISABEL

(Distrito de Cajaruro, Provincia Utcubamba, Región Amazonas)

RESUMEN

El centro poblado Santa Isabel se ubica al noreste de la ciudad de Bagua Grande, pertenece al distrito de Cajaruro, provincia de Utcubamba, región Amazonas. Debido a las lluvias intensas ocurridas durante El Niño Costero en el año 2017, la zona urbana fue afectada por deslizamientos de gran extensión, los mismos que se activan durante la temporada de lluvias presentes en la zona.

En este informe se describe la interpretación geológica-geomorfológica y geodinámica de la evaluación de peligros geológicos realizada por especialistas del Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (INGEMMET), como ente rector de la investigación geocientífica a nivel nacional tiene el objetivo de implementar la gestión de riesgos de desastres para contribuir con el desarrollo sostenible del país en el ámbito geológico.

La litología presenta afloramientos de arcillitas y limoarcillitas con intercalaciones de lutitas en capas rojizas, pardo amarillentas a grises, este tipo de secuencias se pueden observar en los escarpes de los deslizamientos, las capas más superficiales se muestran fracturadas y erosionadas con alta susceptibilidad a ser erosionados y que, al ser transportados y depositados forman suelos arcillosos poco compactos expuestos a procesos de remoción en masa.

El área urbana de Santa Isabel se asienta sobre una lomada en rocas sedimentarias con pendiente llanas a suavemente inclinadas modeladas por antiguos procesos de remoción en masa y escorrentía superficial, los abanicos aluviales se encuentran al oeste del pueblo y se originan debido a los procesos de remoción en masa reciente; mientras que, los piedemontes se ubican al este con pendientes suavemente inclinadas.

Los deslizamientos antiguos y recientes se desarrollan a escasos metros de las viviendas, los escarpes alcanzan hasta 350 m de longitud, el cuerpo o masa desplazada tienen hasta 280 m de ancho y afectan alrededor de 15 hectáreas muy próximas a viviendas, vías asfaltadas y terrenos de cultivos.

La geodinámica de la zona de evaluación se encuentra activa, los factores condicionantes inestables como los tipos de rocas y suelos son susceptibles a procesos de remoción en masa y pueden reactivarse en presencia de lluvias intensas o sismos de regular intensidad, los daños causados en futuros eventos podrían alcanzar graves daños a viviendas y pobladores, se deben de tomar en cuenta las medidas correctivas expuestas en este informe.

Se recomienda realizar trabajos de estabilización de laderas en los escarpes próximos al área urbana, considerar estructuras de drenaje superficial que mitigue el avance de los procesos de remoción debido al agua de escorrentía. Además, se debe de considerar reubicar las viviendas que se encuentran cerca al escarpe principal de los deslizamientos.

1. INTRODUCCIÓN

El Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (INGEMMET) y la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (DGAR), brinda asistencia técnico-científica e información oportuna y accesible en gestión de riesgo de desastres a los gobiernos regionales y locales a través de la caracterización y evaluación de zonas urbanas o rurales, que son afectadas por movimientos en masa que pudieran desencadenar en desastres. Mediante Oficio N° 331-219-MDC la Municipalidad Distrital de Cajaruro en coordinación con la Oficina Local de Defensa Civil, solicitó la evaluación de peligros geológicos del centro poblado Santa Isabel.

El INGEMMET y la DGAR designaron a los Ing. Cristhian Chiroque y Luis León para realizar la inspección geológica, geomorfológica y geodinámica de los procesos de remoción en masa ocurridos en las inmediaciones del área urbana. Los trabajos de campo se realizaron del 10 al 13 de febrero, los cuales consistieron en la identificación y caracterización de los tipos de peligros geológicos y descripción de los factores condicionantes que intervienen en la ocurrencia de los mismos tales como los depósitos aluviales y afloramientos de rocas; además de, las geoformas del relieve. Esta información fue complementada con la recopilación de antecedentes, descarga de imágenes satelitales y levantamiento fotogramétrico con drones que sirvieron para realizar la fotointerpretación de los eventos ocurridos en la zona de estudio.

A continuación, se detallan los resultados de la interpretación geológica y geodinámica de los eventos evaluados, se brinda conclusiones y recomendaciones puntuales que servirán para mitigar los daños causados a las viviendas y estructuras asentadas en el poblado Santa Isabel y próximas a los eventos geodinámicos. El INGEMMET brinda informes como herramientas a las autoridades solicitantes para un adecuado ordenamiento territorial.

2. ANTECEDENTES

Se recopilaron los informes y reportes relacionados a los aspectos geodinámicos y geológicos de la zona de estudio, los cuales se mencionan a continuación:

- Geología de los Cuadrángulos de Bagua Grande, Jumbilla, Lonya Grande, Chachapoyas, Rioja, Leimebamba y Bolívar (Sánchez et al., 1995). Según la geología descrita a escala regional, los sedimentos están conformados por arcillas limosas de color pardo amarillento que dan origen a relieves suaves y muy erosionables correspondientes a la Formación Celendín. Hacia el norte afloran calizas gris oscuras con niveles delgados de lutitas y margas intercaladas con calizas nodulares y lutitas del Grupo Quilquiñan. En la zona de estudio, localmente se han observado lutitas y limolitas con intercalaciones de calizas y tobas grises de la Formación Sambimera Miembro Superior, además de arcillitas y limoarcillitas y margas pardo amarillentas a grises.
- Riesgo Geológico en la Región Amazonas (Medina et al., 2009). El estudio destaca que la zona de estudio presenta alta susceptibilidad a la ocurrencia de procesos de remoción en masa. Se adjunta una tabla de zonas afectadas por deslizamientos describiendo substrato de mala calidad, material de remoción antiguo susceptible, pendiente del terreno, precipitaciones pluviales intensas, deforestación de laderas.

- Boletín Geología de los Cuadrángulos de Aramango y Bagua Grande, 11-g, 12-g – [Boletín A 142] (Chacaltana et al., 2011). El boletín a escala 1:50, 000 describe que los materiales y sedimentos de la zona estudio están conformados por una secuencia de lutitas y limoarcillitas correspondiente al miembro superior de la Formación Sambimera; mientras que, al norte el miembro inferior aporta limoarcillitas, limolitas tobáceas y areniscas de grano grueso. Al norte se ubica la Formación Fundo El Triunfo cuya sección típica la constituyen una secuencia detrítica de margas y lutitas intercaladas con capas delgadas de areniscas.

Del análisis de las secuencias de afloramientos se concluye que, en la zona existe una continua aportación de materiales de fácil erosión, que están conformados por sedimentos arcillosos susceptibles a procesos de remoción en masa.

3. ASPECTOS GENERALES

3.1. Ubicación

El centro poblado Santa Isabel se ubica a 10.6 km al noreste de la ciudad de Bagua Grande, la zona de evaluación pertenece al distrito Cajaruro, provincia de Utcubamba en la región Amazonas (figura 01). Las coordenadas centrales del área de inspección con referencia al centroide del área urbana son WGS84-17S 795393E, 9366122N a una altitud promedio de 896 m.

3.2. Accesibilidad

Se accede desde Cajamarca por la vía hacia Chota, se continua hasta el cruce del centro poblado San Juan de Chiple (cruce Chiple), para luego tomar la vía Fernando Belaunde Terry con dirección a Bagua Grande.

Desde Bagua Grande existe un tramo asfaltado de 18 km que pasa por los sectores Curva Santa Cruz y Naranjos Altos hasta el poblado Santa Isabel. En total, la ruta se realiza en 9 horas aproximadamente (Cuadro 01).

Cuadro 01. Itinerario de traslado a la zona de estudio

Ruta	Tipo de Vía	Estado de conservación	Tiempo (horas)
Cajamarca – Chota	Asfaltada	Regular	4 h
Chota – Cruce Chiple	Asfaltada	Regular	3 h 15 min
Cruce Chiple – Bagua Grande	Asfaltada	Bueno	1 h 15 min
Bagua Grande – Naranjos Altos	Asfaltada	Bueno	20 min
Naranjos Altos – Santa Isabel	Asfaltada	Regular	10 min

Fuente: Elaboración propia.

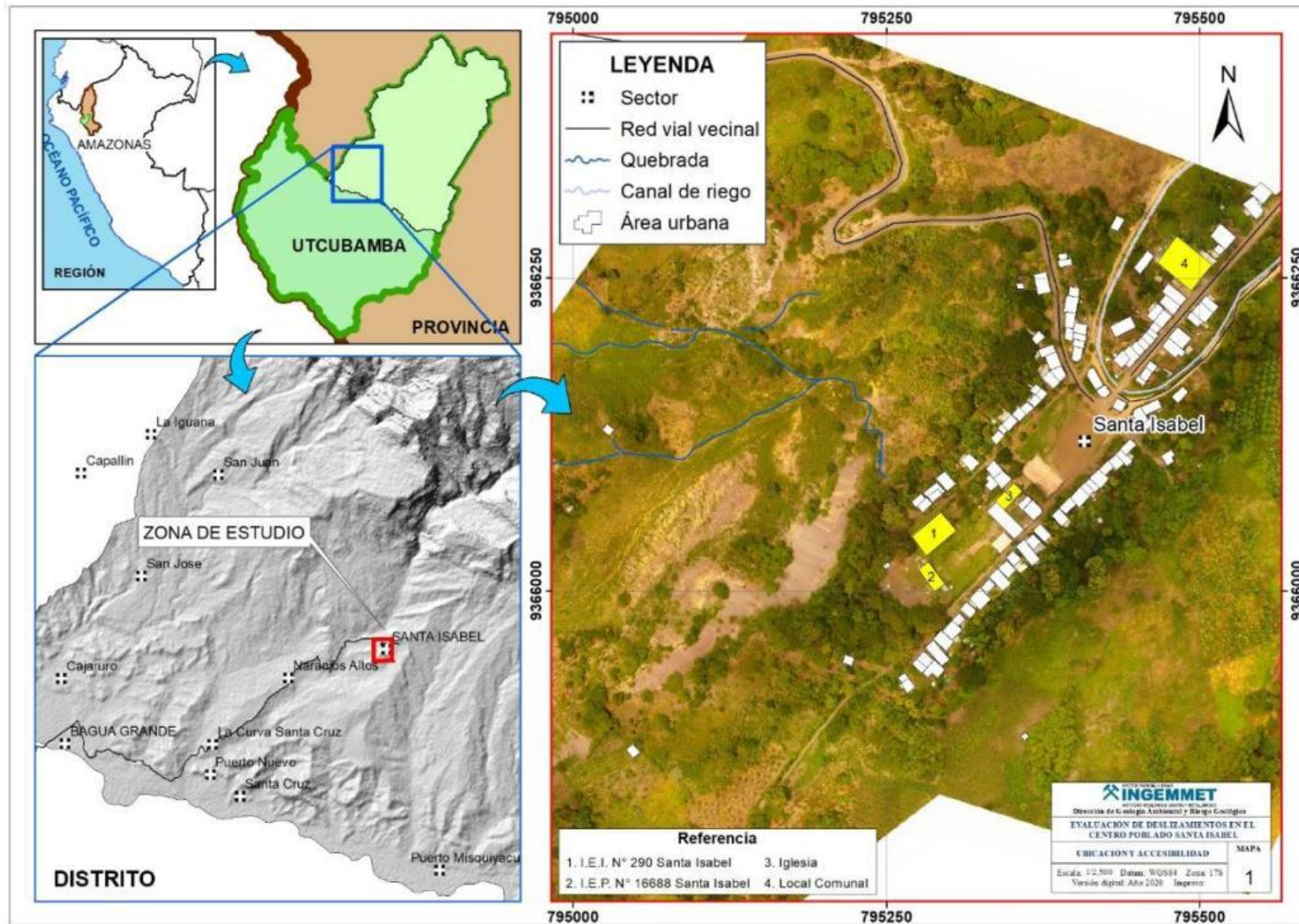


Figura 01. Ubicación de la zona de estudio.

4. ASPECTOS GEOLÓGICOS

La zona de estudio se localiza en el cuadrángulo geológico de Aramango y Bagua Grande Hojas 11-g y 12-g a escala 1:50 000 (Chacaltana et al., 2011).

En las inmediaciones del centro poblado Santa Isabel afloran sedimentos de la Formación Sambimera conformado por arcillitas, limoarcillitas y lutitas, el miembro inferior consta de limoarcillitas, limolitas tobáceas y areniscas. Al norte afloran una secuencia detrítica de margas y arcillitas intercaladas con capas delgadas de areniscas de la Formación Fundo El Triunfo. En el centro poblado Puerto Nuevo afloran lutitas y limolitas grises a verdes correspondientes a la Formación Celendín (figura 02).

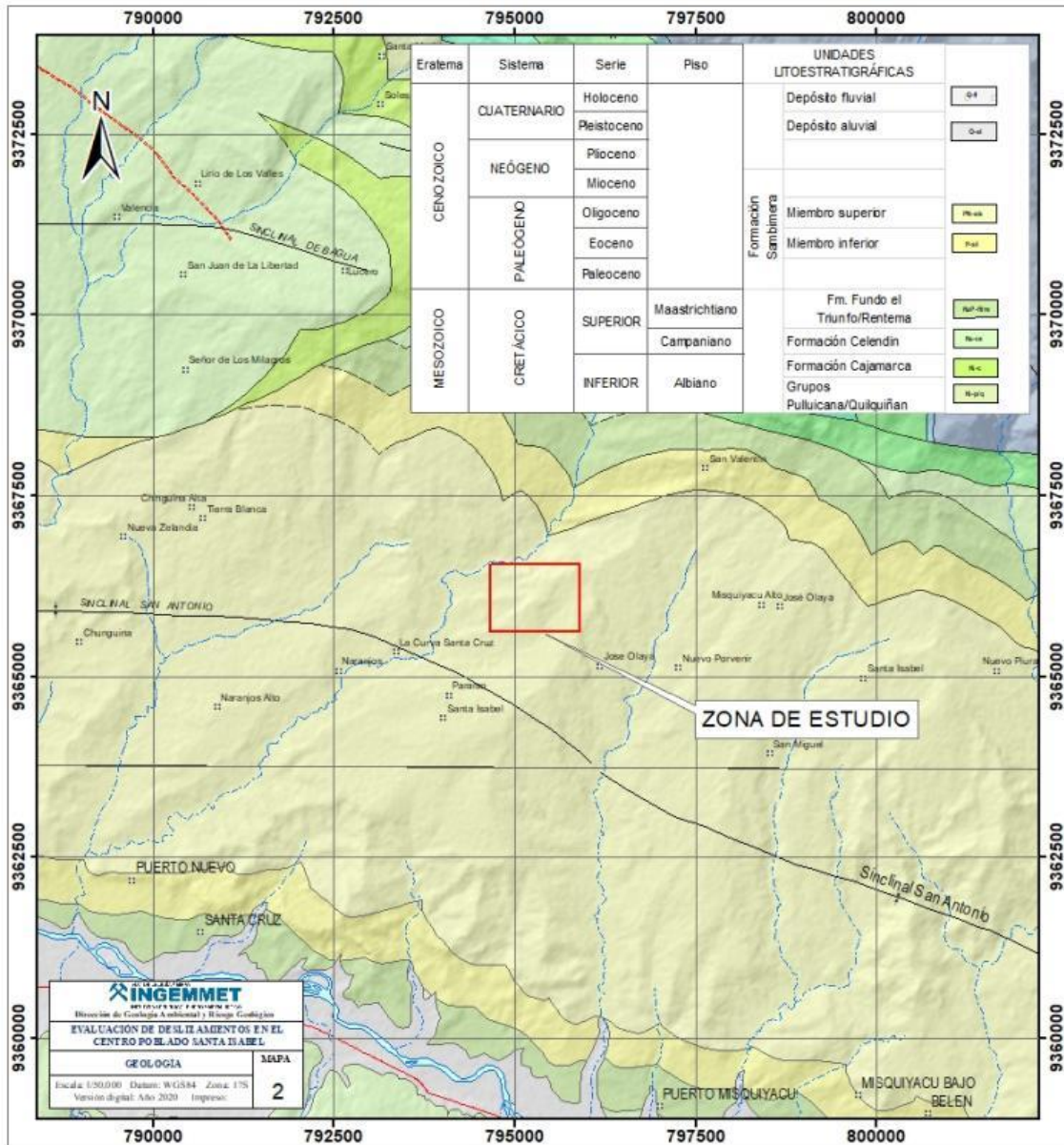


Figura 02. Geología del cuadrángulo de Bagua Grande y la zona de estudio (Chacaltana et al., 2011).

4.1. Geología local

Los afloramientos observados en la zona de estudio se encuentran con intensa meteorización y fracturamiento formando parte del Sinclinal de San Antonio que inicia desde San Antonio, Naranjos Altos y Puerto Naranjitos cruzando a 1.5 km al sur del centro poblado Santa Isabel. La gran parte de rocas expuestas a procesos de

deformación por compresión originan fallas, microfallas verticales o fracturamiento sin desplazamiento.

4.1.1. Formación Sambimera Miembro Superior (PN-s/s)

Son afloramientos de lutitas, limoarcillitas y limolitas pardo rojizas con intercalaciones de calizas y tobas grises, estas capas presentan microfallas, este tipo de secuencias se observan en los escarpes de los deslizamientos próximos al centro poblado Santa Isabel (figura 03).



Figura 03. Secuencias conformadas por limoarcillitas rojizas.

4.1.2. Formación Sambimera Miembro Inferior (PN-s/i)

Las secuencias sedimentarias Sambimera Miembro Inferior afloran al sur del centro poblado, están conformadas por limoarcillitas, limolitas tobáceas y areniscas con niveles de margas de coloración pardo amarillento a rojizo (figura 04).



Figura 04. Secuencia sedimentaria de arcillitas y limoarcillitas de la Formación Sambimera.

5. ASPECTO GEOMORFOLÓGICO

Para el análisis de la geomorfología presente en el centro poblado Santa Isabel se recopilaron imágenes satelitales y se elaboraron modelos digitales de elevaciones, mapa de pendientes y susceptibilidad a procesos de remoción en masa.

5.1. Modelo Digital de Elevaciones (MDE)

La zona urbana del centro poblado Santa Isabel se ubica sobre relieves con elevaciones entre 888 m s.n.m sector centro, 898 m s.n.m y 900 m s.n.m al sur. Las máximas elevaciones se observan al norte con superficies que alcanzan los 914 m de altitud, los deslizamientos tienen las zonas de arranque entre 860 m y 890 m de altitud. Hacia el suroeste de la zona urbana se encuentran las cotas más bajas llegando hasta 776 m dentro del área de levantamiento de información (figura 05).

5.2. Mapa de Pendientes

La zona de estudio abarca 49 has, de las cuales el 40% equivalente a 20 has presenta relieves con pendientes de muy escarpadas a fuertes, el 38% aproximadamente 19 has presenta pendientes moderada moderadas (5°-15°); mientras que, el 22% (11 has) son superficies con pendientes suavemente inclinadas a planas o llanas. Las pendientes muy escarpadas abarcan 2 has y representan los escarpes de los deslizamientos ocurridos próximos a la zona urbana de Santa Isabel (figura 06).

Tabla 01: Rangos de pendientes del terreno

PENDIENTE EN GRADOS (°)	CLASIFICACIÓN
<1	Llano
1 – 5	Suavemente inclinado
5 – 15	Moderado
15 – 25	Fuerte
25 – 45	Muy fuerte
>45	Muy escarpado

Gómez et al. (2020)

5.3. Susceptibilidad a Movimientos en masa

El INGEMMET a través de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (DGAR), elaboro en el año 2009 el "Mapa de Susceptibilidad por Movimientos en Masa del Perú" escala 1:1 000 000. El mapa tiene como objetivos plantear un modelo que indique las zonas de mayor exposición a proceso de remoción en masa, a fin de contar con una herramienta dinámica para la gestión de riesgos; priorizar escenarios donde se desarrollen estudios específicos, así como plantear las medidas de prevención o mitigación para asegurar la estabilidad física de zonas urbanas y/o infraestructuras vulnerables. El logro de estos objetivos tiene como paso previo, el inventario y/o cartografiado a nivel nacional de movimientos en masa.

El modelo de susceptibilidad, utilizó un modelo heurístico multivariado, que implica el análisis cruzado de mapas y geoprocetamiento. Para la validación del modelo se utilizó el Inventario de Peligros Geológicos nacional, resultando que el 86% de movimientos en masa inventariados, se concentran en las categorías de alta a muy alta susceptibilidad.

Debido a la ocurrencia del Niño Costero 2017, el INGEMMET puso a disposición la plataforma virtual "Perú en Alerta", en donde se puede observar e identificar un punto específico en el territorio expuesto a peligros geológicos como zonas susceptibles a ocurrencia de deslizamientos, caída de rocas, flujos, inundaciones, entre otros.

La zona de estudio presenta una susceptibilidad media ante la ocurrencia de movimientos en masa y abarca el 75% del centro poblado Santa Isabel hasta el centro poblado Puerto Naranjitos (figura 07).

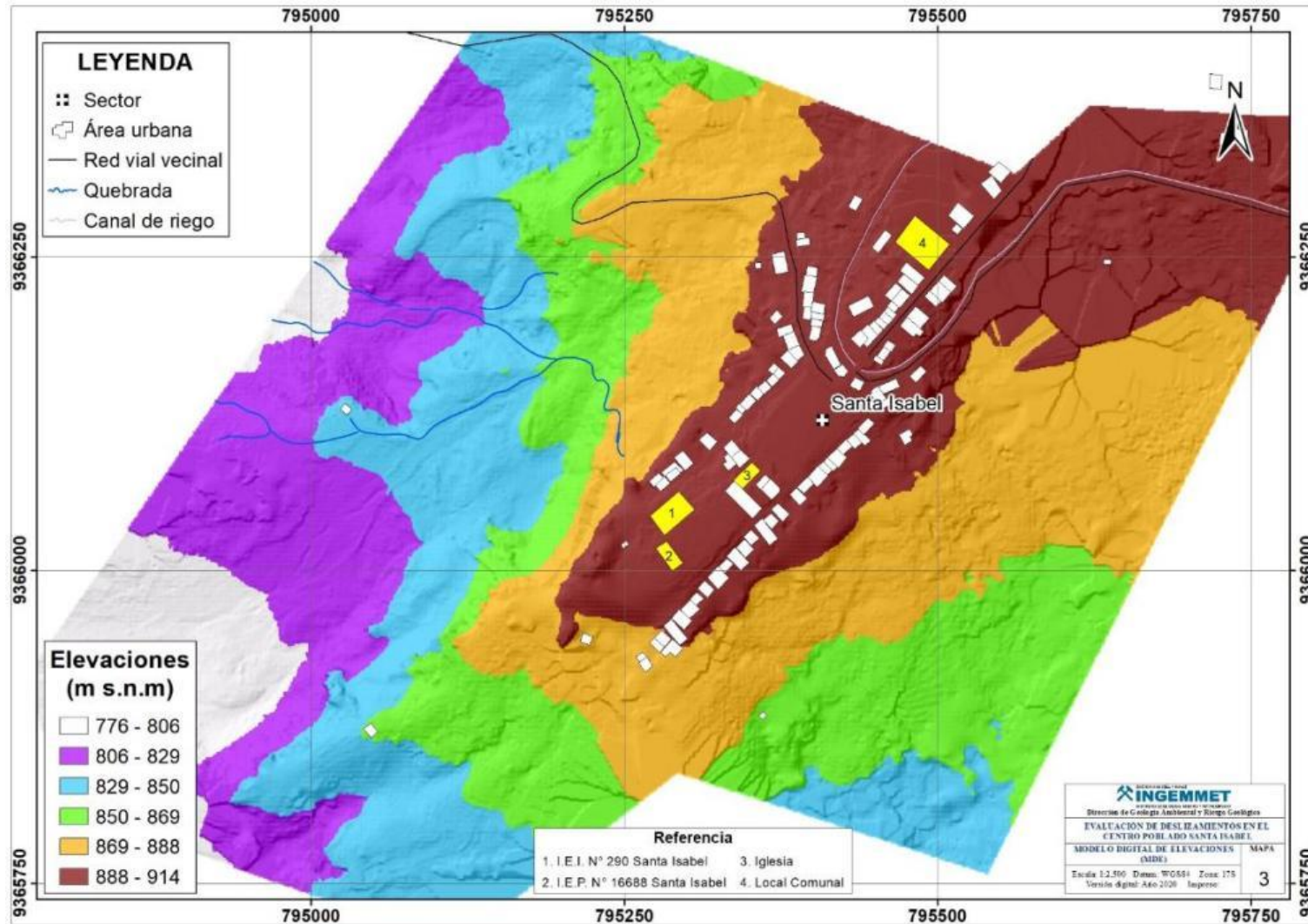


Figura 05. Modelo digital de elevaciones (Elaboración propia).

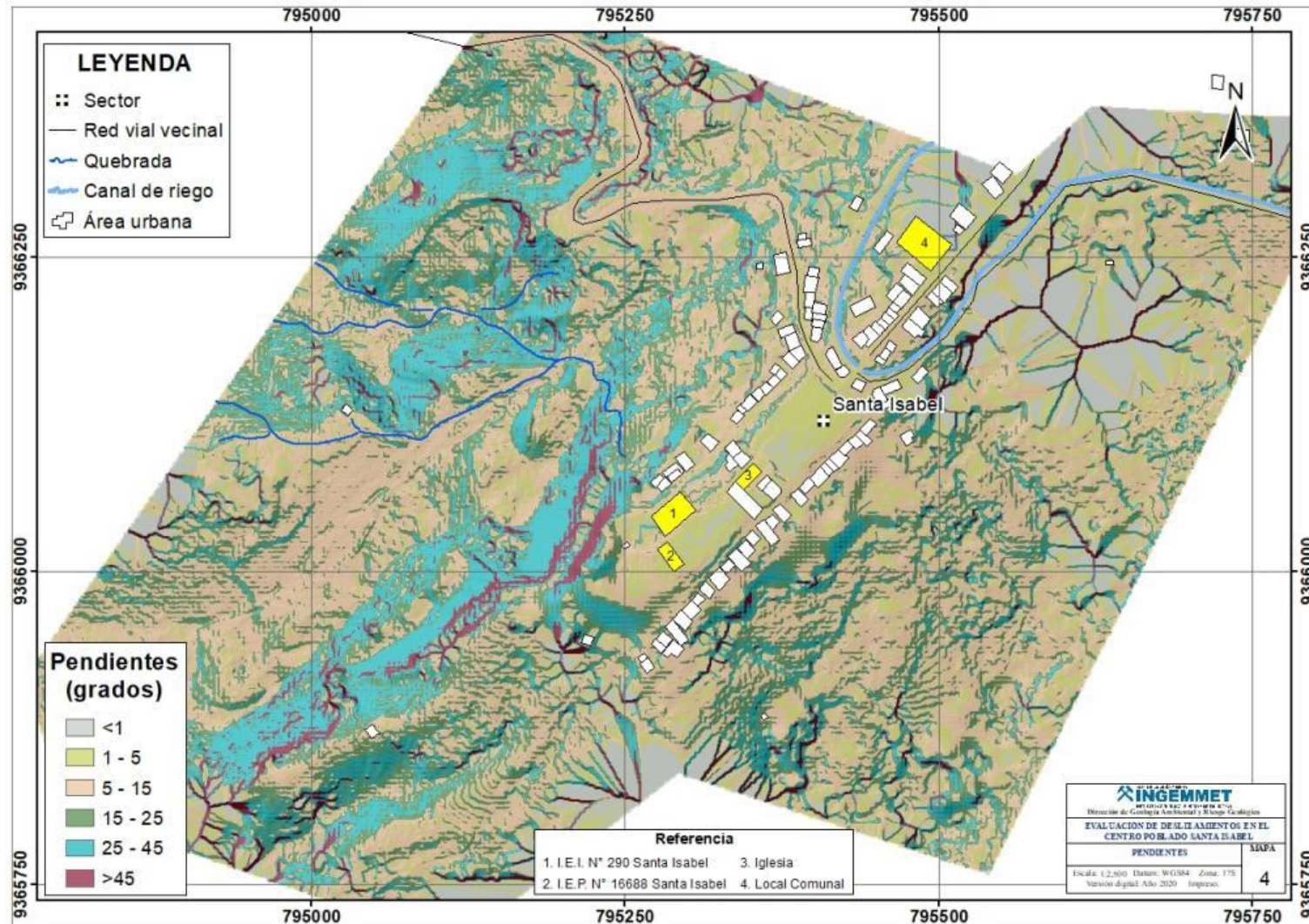


Figura 06. Mapa de pendientes (Elaboración propia).

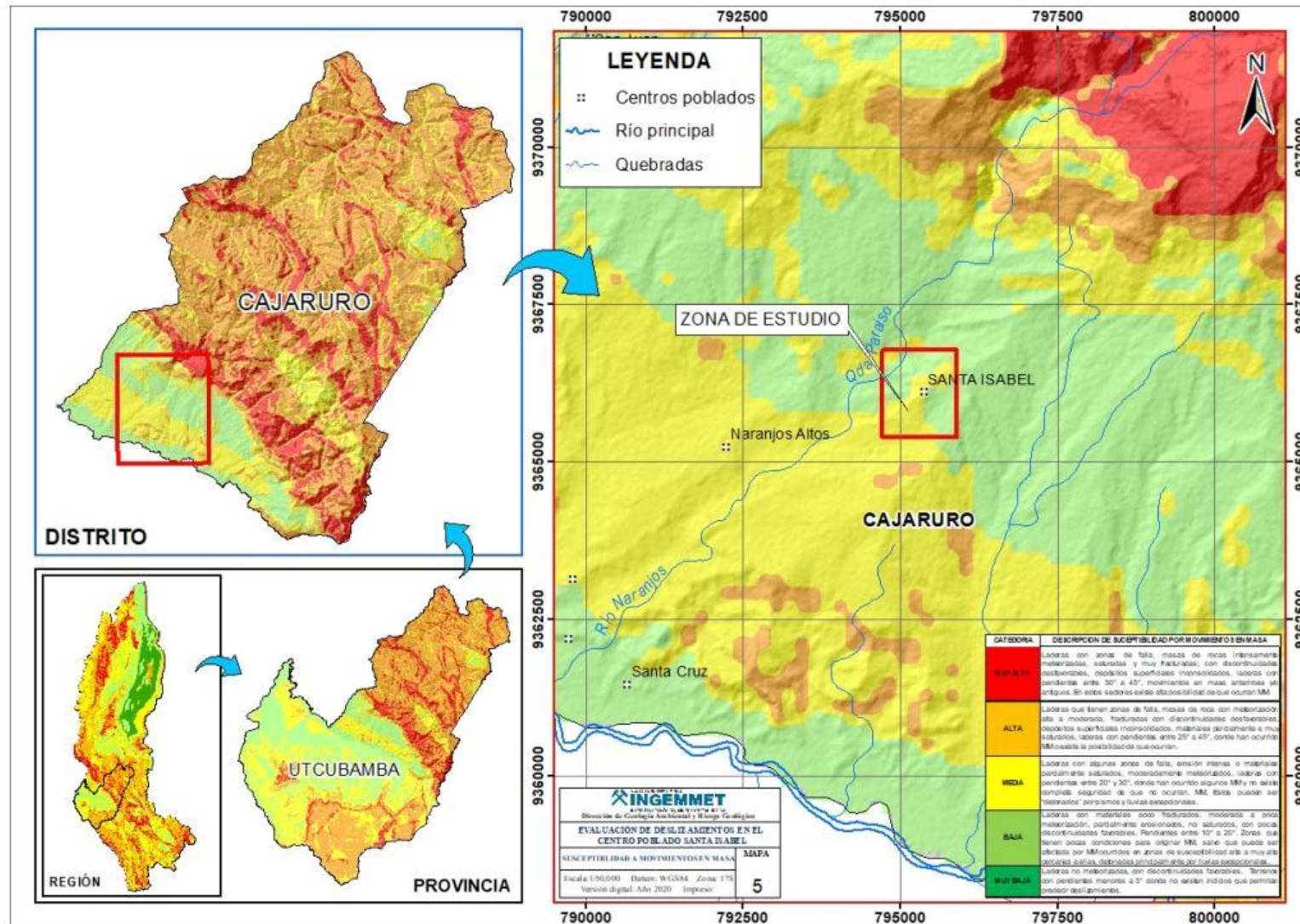


Figura 07. Mapa de susceptibilidad a movimientos en masa de la zona de evaluación (Villacorta et al., 2012).

5.4. Unidades Geomorfológicas

Según la geomorfología a escala regional (Medina et al., 2009) contenida en el GEOCATMIN, la zona de estudio se asienta sobre una montaña en roca sedimentaria, a escala local se han identificado lomadas, piedemontes y abanicos aluviales desarrollados sobre materiales sedimentarios.

5.4.1. Unidad de lomadas

Las lomas o lomadas son elevaciones del terreno con cimas subredondeadas a semiplanas y pendientes menores a 15°. Se caracterizan por presentar una configuración basal alargada y con dos vertientes que se inclinan en dirección opuesta lo que define el drenaje de tipo enrejado.

a) Subunidad de lomadas estructurales en roca sedimentaria (RCL-rs)

El 90% del área urbana del centro poblado Santa Isabel se asienta sobre una lomada con pendientes llanas a suavemente inclinadas y alcanza una elevación promedio de 895 m s.n.m, estas superficies fueron modeladas por escorrentía superficial sobre rocas sedimentarias (figura 08).



Figura 08. Lomada donde se asientan el área urbana del centro poblado Santa Isabel.

5.4.2. Unidad de Piedemonte

El piedemonte aluvial es una geoforma de transición entre las montañas y los abanicos aluviales o zonas más llanas o planas, presenta pendientes suavemente inclinadas, su origen está relacionado al emplazamiento de depósitos provenientes de antiguos procesos de remoción en masa.

a) Subunidad de piedemonte aluvial (P-al)

En la zona de evaluación existe un piedemonte que limita las lomadas con los abanicos aluviales, sobre estas geoformas se han desarrollado extensas zonas de cultivos (figura 09).

5.4.3. Unidad de Abanico

Los abanicos se originan cuando una corriente o flujo de materiales es transportada desde su fuente a través de un canal encajonado en donde a medida que se desplaza ladera abajo pierde su encajonamiento y pasa a una forma de

dispersión radial adoptando la geometría de un cono, se da en la transición entre un relieve montañoso activo expuesto a constante erosión y transporte y un relieve con pendientes más bajas o llanas en donde ocurren procesos de depositación.

a) Subunidad de abanico de piedemonte (Ab)

Los abanicos aluviales de piedemonte se han emplazado desde las partes altas de las montañas formadas o modeladas por corrientes de agua como ríos o quebradas con pendientes bajas menores a 15° y las zonas llanas con pendientes menores a 5°, estas zonas se encuentran al oeste de la zona de estudio y son afectadas por procesos de remoción en masa (figura 10).



Figura 09. Piedemonte al oeste de la zona urbana de Santa Isabel.



Figura 10. Vista de la fase proximal del abanico aluvial en la zona de estudio.

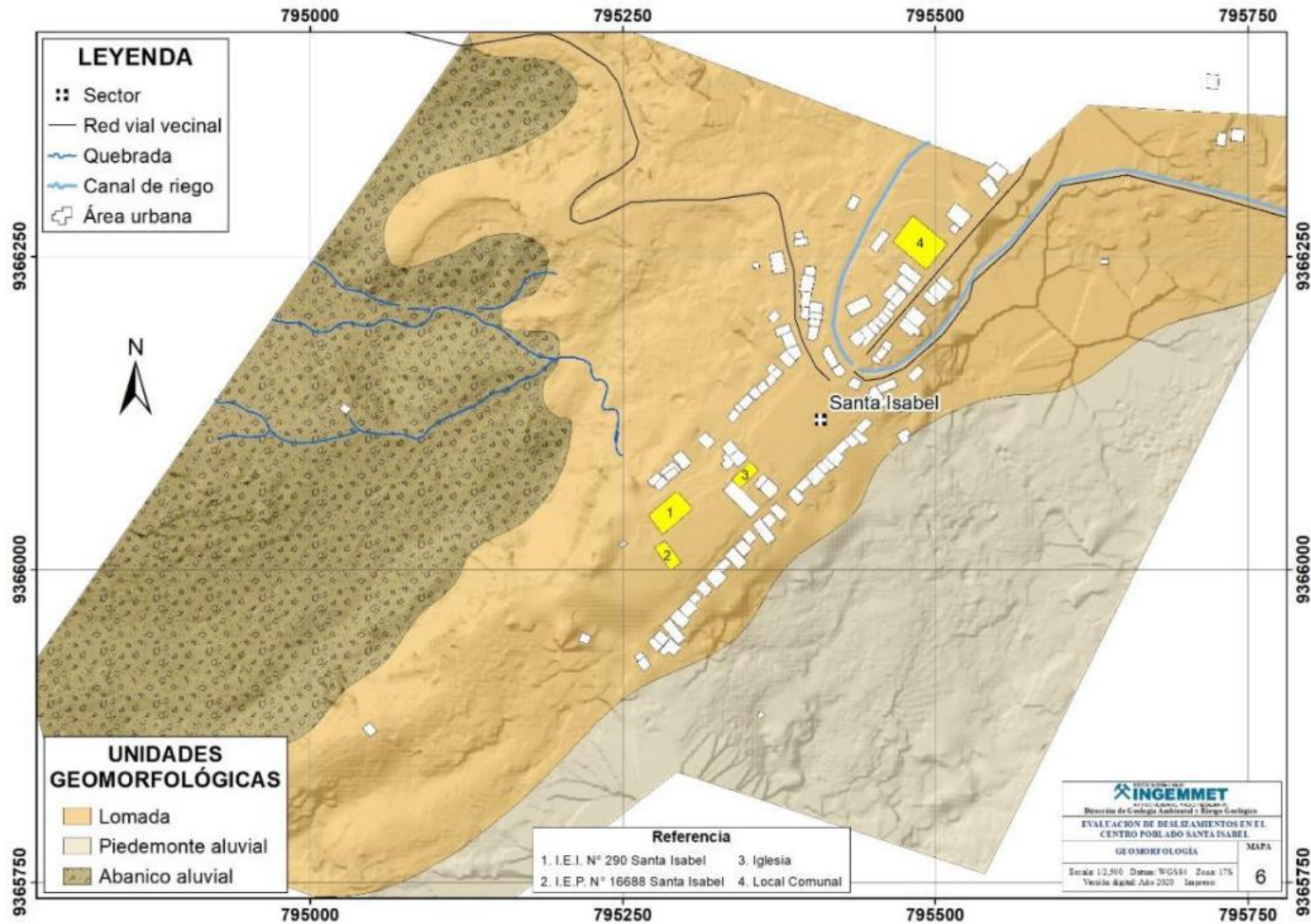


Figura 11. Unidades geomorfológicas en el centro poblado Santa Isabel (Elaboración propia).

6. PELIGROS GEOLÓGICOS

Los movimientos en masa son parte de los procesos denudativos que modelan 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. La meteorización, las lluvias, los 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, 2007).

El INGEMMET como institución técnico científica realiza la cartografía geológica a nivel nacional y el estudio de los peligros geológicos tales como los procesos por remoción en masa que puedan afectar áreas urbanas, servicios, infraestructura, etc.

Se realizaron los trabajos de campo en donde se identificaron los tipos de movimientos en masa a través del cartografiado geológico y geodinámico basado en la observación y descripción morfométrica in situ, la toma de datos GPS, fotografías a nivel del terreno, fotografías aéreas, ortofotos imágenes satelitales y modelos digitales de terreno.

A continuación, se detallan los conceptos más utilizados y aceptados en la bibliografía acerca de los procesos de remoción en masa:

6.1. Definición de deslizamientos

Según la Guía para Evaluación de Amenazas de Movimientos en Masa en la Región Andina (PMA, 2007), los deslizamientos son movimientos ladera abajo de una masa de suelo o roca cuyo desplazamiento ocurre predominantemente a lo largo de una superficie de falla, o de una delgada zona en donde ocurre una gran deformación cortante (figura 12).

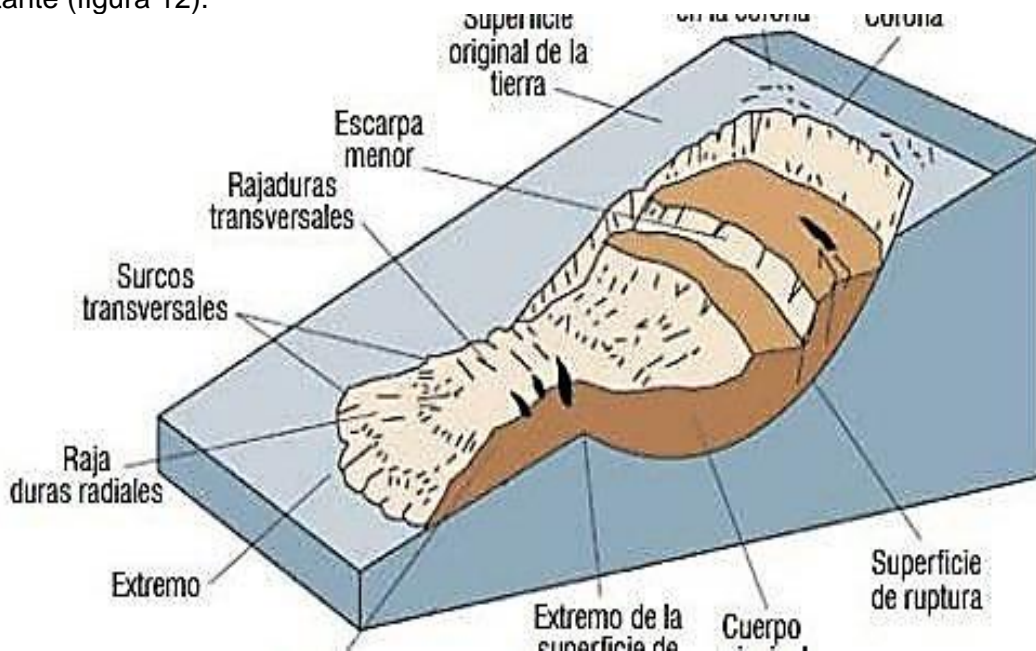


Figura 12. Deslizamiento de tipo rotacional, Adaptado de USGS (2008), GEMMA: PMA-GCA (2007).

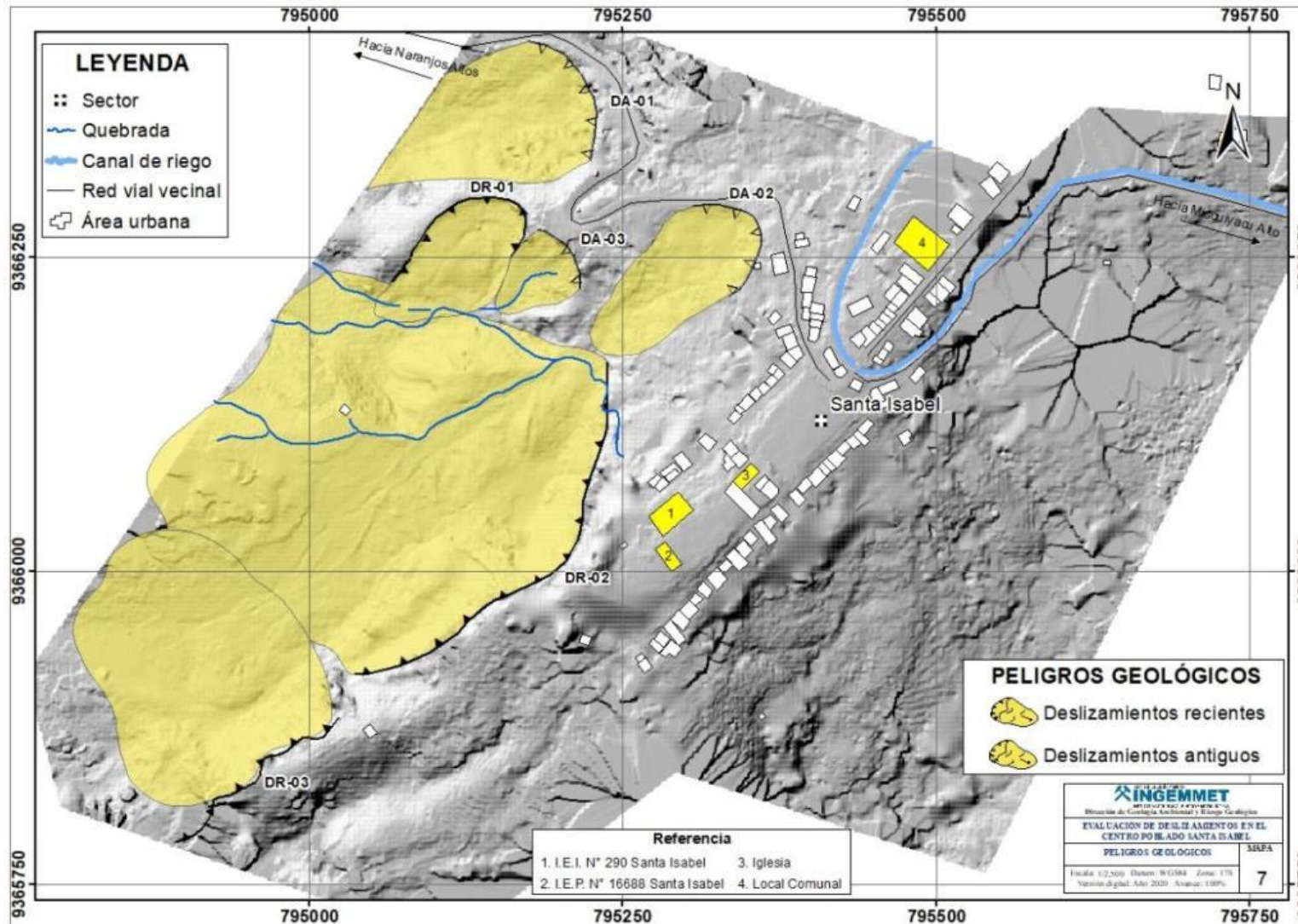


Figura 13. Mapa de Peligros Geológicos de la zona de estudio.

6.2. Procesos de remoción en masa

En este ítem se describen los procesos de remoción en masa desde el punto de vista geológico y geomorfológico caracterizando la geometría de los deslizamientos, así como, los factores condicionantes y desencadenantes que intervienen en la ocurrencia de dichos eventos.

En la zona evaluada, se ha identificado 03 deslizamientos antiguos (DA) y 03 recientes o activos (DR), identificados a través de los escarpes, morfometría con cambios de relieves abruptos y materiales desplazados, los cuales fueron comprobados a través de imágenes satelitales y antecedentes.

6.2.1. Deslizamientos antiguos en el centro poblado Santa Isabel

El deslizamiento antiguo (DA-01) se ubica a 250 m al oeste del local comunal y 305 m de la I.E.I. N° 290 Santa Isabel, es el proceso de remoción que se encuentra a mayor distancia de la zona urbana; sin embargo, afecta a la vía asfaltada como principal acceso al centro poblado.

Los desniveles de desplazamiento o saltos de falla se han estimado en menos de 2 m debido al proceso de intervención antrópica que ha modificado el relieve para la construcción de la vía y uso de terrenos de cultivo. El escarpe de forma semicircular alcanza 120 m de longitud y se emplaza de norte a sur con desplazamiento de materiales de noreste a suroeste (figura 14).

El deslizamiento antiguo (DA-02) se encuentra a 105 m al oeste del local comunal y 160 m de la I.E.I. N° 290 Santa Isabel, el escarpe se ubica al borde de la vía asfaltada Santa Isabel a Misquiyacu Alto, mide 120 m de largo con saltos de falla o desplazamientos de 1 m en promedio (figura 14).

El deslizamiento antiguo (DA-03) es el proceso de remoción en masa de menor magnitud, respecto al escarpe, llega a medir 60 m de largo y la masa desplazada no supera los 70 m de longitud, se observan desplazamiento o saltos menores a 2 m de alto, modificados principalmente por la escorrentía superficial y el factor antrópico (figura 14).



Figura 14. Vista aérea de los deslizamientos antiguos próximos a la zona urbana del centro poblado Santa Isabel.

6.2.2. Deslizamientos recientes o activos

El deslizamiento reciente (DR-01) se ubica a 235 m de la I.E.I N° 290 Santa Isabel, clasificado como un deslizamiento de tipo rotacional, el escarpe tiene 175 m de extensión y desniveles de 3 m a 5 m con respecto al relieve original, el cuerpo del deslizamiento y la masa desplazada alcanzó 140 m de largo ladera abajo, más de 5 viviendas se ubican próximas al escarpe y presenta grietas paralelas que indican el avance retrogresivo del proceso (figuras 15 y 16).



Figura 15. Deslizamiento activo al borde de la vía de acceso asfaltada.

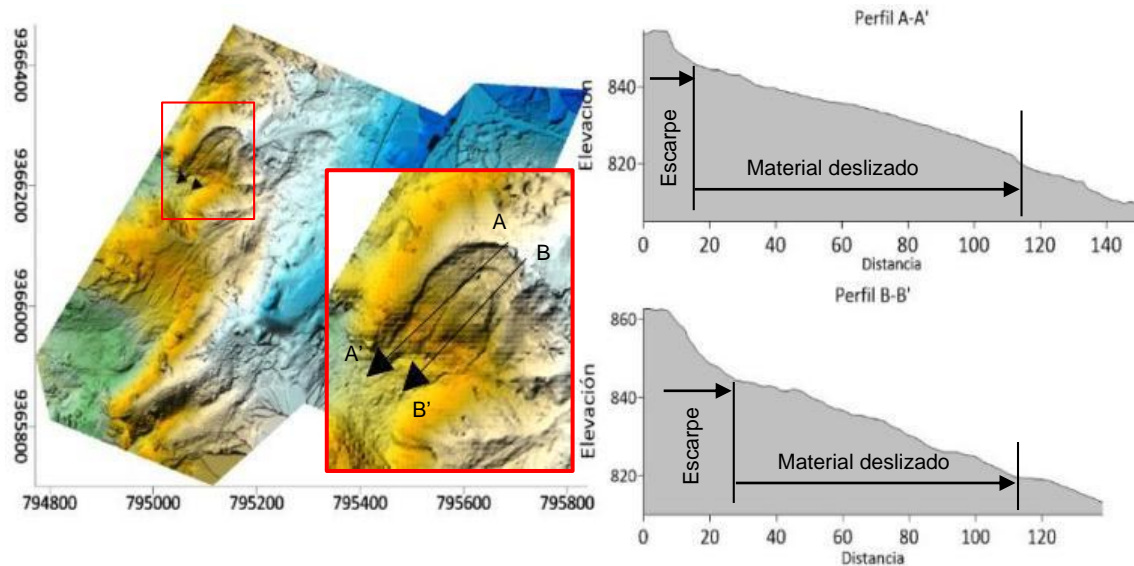


Figura 16. Perfil transversal del deslizamiento reciente DR-01.

Los deslizamientos descritos ocurrieron durante el mes de febrero del 2017, se han descargado y georreferenciado imágenes satelitales de los años 2012, 2014 y 2017, mostrando evidencia de deformación en el relieve debido al desplazamiento del suelo.

Como es conocido, durante el mes de febrero del 2017 ocurrió El Niño Costero, evento meteorológico que presentó intensas lluvias que superaron los parámetros normales de precipitación en varias regiones, originando la activación de deslizamientos, flujos e inundaciones.

El deslizamiento DR-02 de tipo rotacional, se ubica a 45 m de la zona urbana y 52 m de la I.E.I N° 290 Santa Isabel, el escarpe de forma elongada e irregular llega a medir 360 m de largo y se emplaza de norte a sur, con desniveles que varían de 10 m a 30 m de altura, la zona de arranque se ubica a 882 m de altitud, mientras que, el pie del deslizamiento llegó hasta 809 m de altitud alcanzando un desplazamiento total de 295 m de largo (figuras 17 y 18).

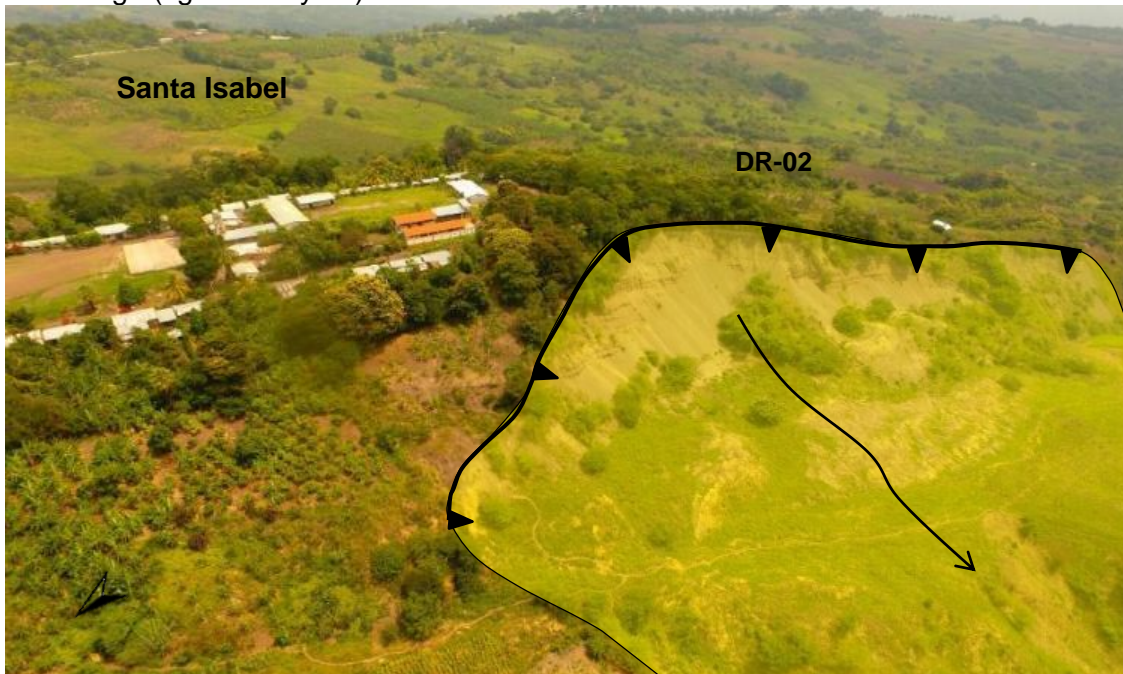


Figura 17. Vista del deslizamiento próximo a la zona urbana de Santa Isabel.



Figura 18. Principales infraestructuras del centro poblado afectada por deslizamientos.

El centro poblado Santa Isabel cuenta con varias estructuras principales, entre ellas, las destinadas a la enseñanza Inicial y Primaria construidas en material de concreto, además del local comunal y la iglesia del pueblo. Este deslizamiento pone en peligro a más 10 viviendas, la mayoría de materiales como el abobe-quincha y caña tapial.

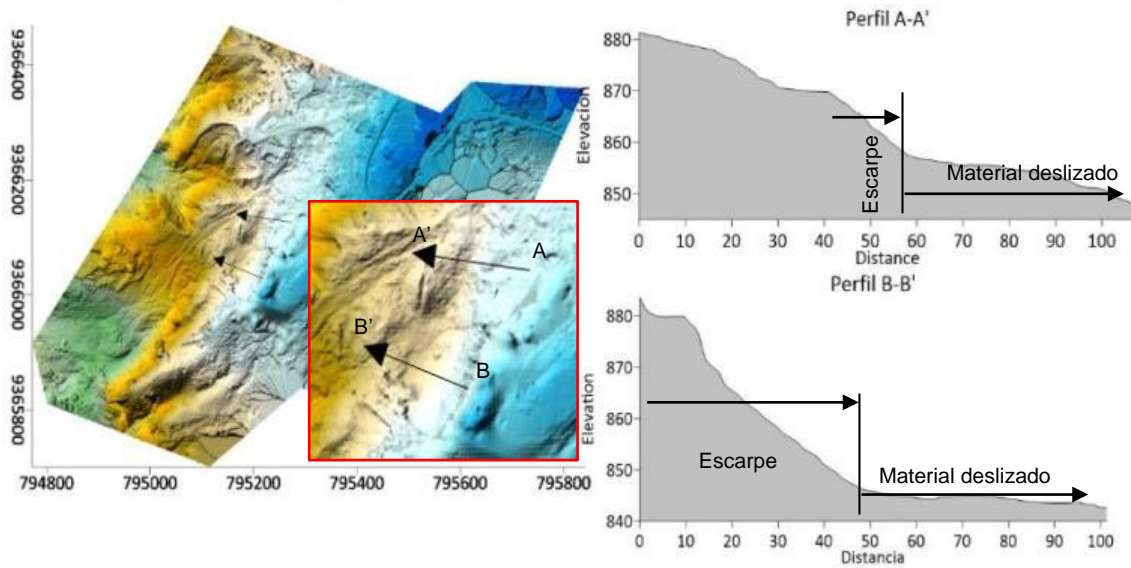


Figura 19. Perfiles transversales del deslizamiento reciente (DR-02).

El escarpe del deslizamiento tiene pendientes que superan los 75°, configurando relieves verticales a subverticales, este proceso de remoción de material transformó la geomorfología de la lomada sobre la cual se asienta la zona urbana del centro poblado Santa Isabel (figura 19).

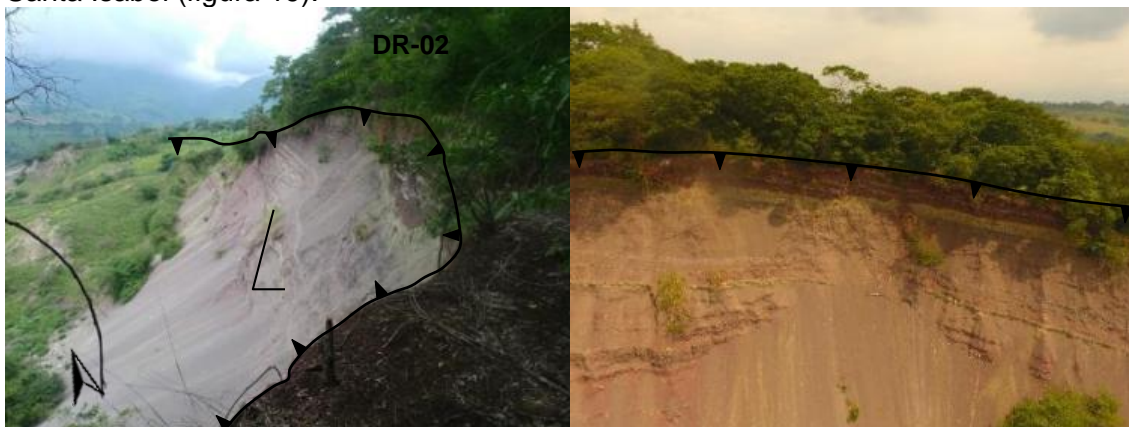


Figura 20. Vista lateral y frontal del escarpe del deslizamiento con pendiente subvertical.

Se ha observado desniveles descendentes con variaciones de 1 m a 3 m de este a oeste hacia el escarpe del deslizamiento, estas zonas sobre las que se asientan las viviendas y la I.E.I N° 290 pueden ser deformaciones en el suelo producto de la subsidencia del terreno (figura 21).



Figura 21. Viviendas y Colegio Inicial próximos al escarpe del deslizamiento.

El deslizamiento DR-03 es la continuación del deslizamiento DR-02 ya que conserva la misma dirección de emplazamiento, el escarpe de forma elongada e irregular alcanza 160 m de largo, existe una vivienda a solo 29 m de distancia, mientras que, el área urbana se ubica a 285 m (figura 22 y 23).

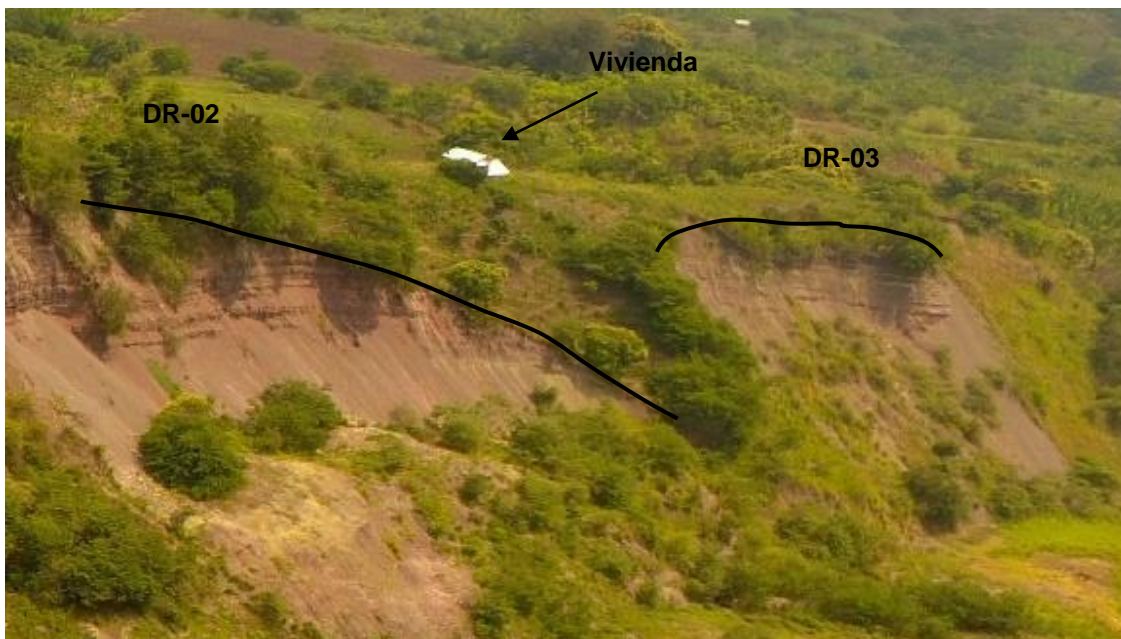


Figura 22. Deslizamientos con escarpes continuos que podrían formar una zona de falla de ladera mas extensa.

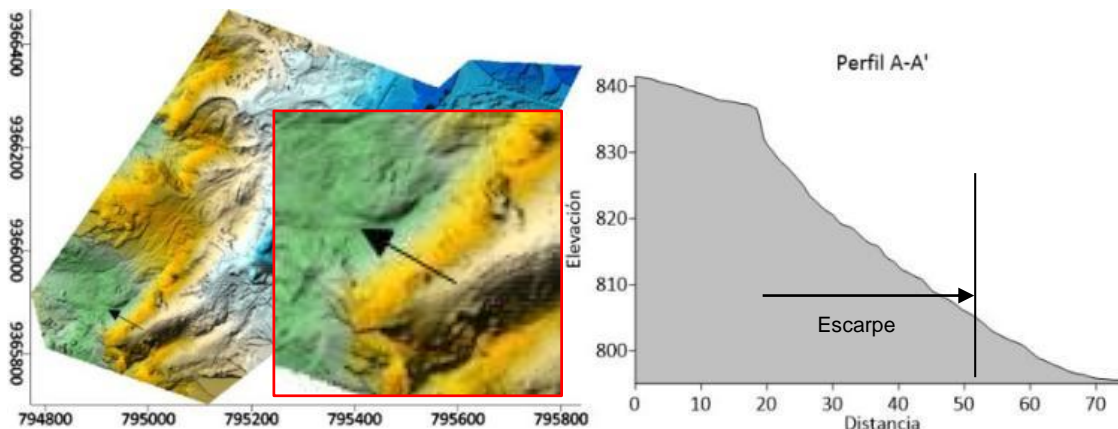


Figura 23. Perfil transversal del deslizamiento DR-03.

6.3. Análisis multitemporal de imágenes satelitales

Para el estudio de la geodinámica de los deslizamientos se realizó la recolección, georreferenciación y análisis de imágenes satelitales de diferentes periodos para elaborar un mapa temático multitemporal.

La zona de estudio muestra deformación en el relieve desde el año 2006, en la imagen satelital del año 2012 resalta la formación de escarpes semicirculares a 215 m al noroeste del área urbana tomando como referencia la I.E.I N° 290.

Para diciembre del 2017, se observan los escarpes bien definidos y las zonas de deslizamientos, se resalta que durante el año 2017 ocurrió el evento meteorológico catalogado como “Niño Costero”.

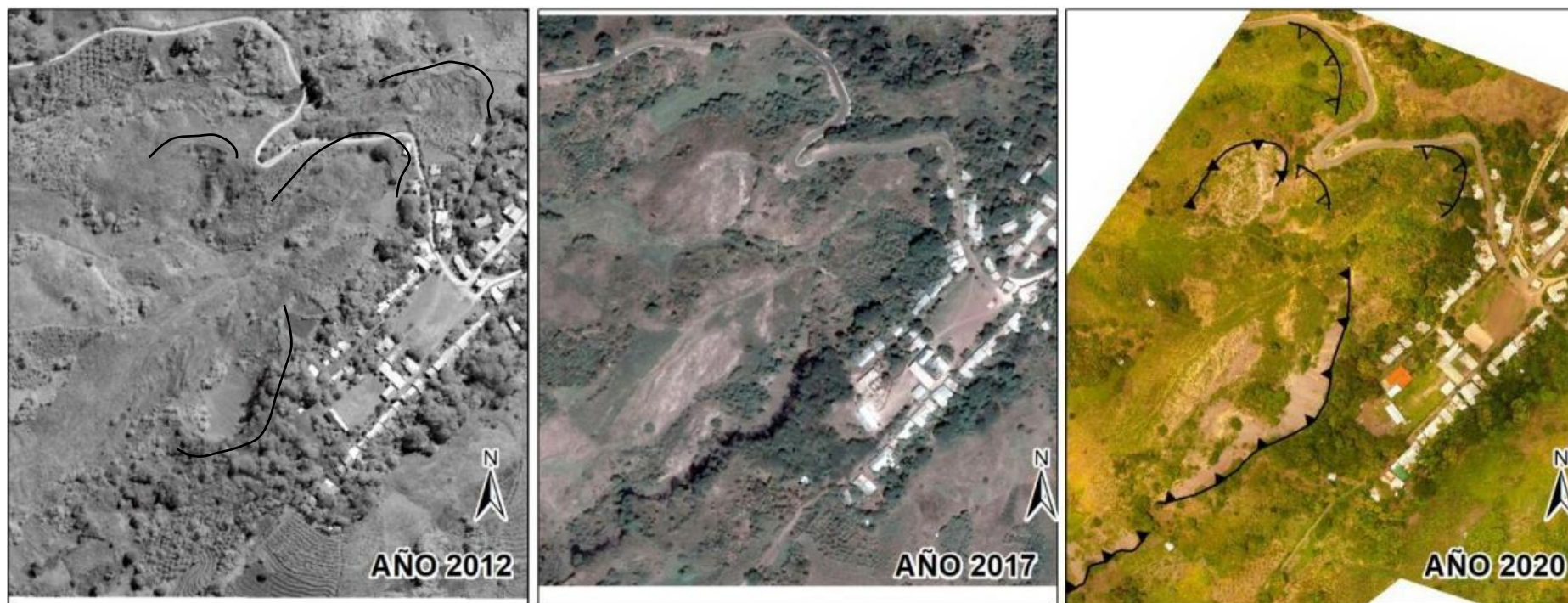


Figura 24. Imágenes satelitales con tres intervalos de tiempo en años con los procesos de deformación de la superficie.

7. MECANISMOS ASOCIADOS A LA INESTABILIDAD DE LADERAS

Los deslizamientos ocurren en todo el mundo, bajo diversas condiciones climáticas, en todo tipo de superficies y suelos, generan cuantiosas pérdidas económicas, cientos de damnificados, interrupción de vías de comunicación y servicios básicos; además de, producir grandes transformaciones geomorfológicas como alteración de cursos de agua, represamiento de ríos, desplazamiento de laderas y movilización de grandes volúmenes de materiales y sedimentos, etc.

Los tipos de materiales y sedimentos que constituyen la cobertura reciente de la superficie, la pendiente y las geoformas del relieve constituyen los factores condicionantes. Mientras que, las precipitaciones pluviales son consideradas el principal factor desencadenante de los procesos de remoción en masa; además de los sismos.

A continuación, se determinan y describen los factores que intervinieron en la ocurrencia de los deslizamientos, flujos y procesos de erosión en la zona de estudio:

7.1. Factores condicionantes

7.1.1. Litología y Depósitos Cuaternarios

Los tipos de rocas predominantes en la zona de estudio están conformados por lutitas, limoarcillitas, limolitas en capas rojizas, amarillentas y pardo rojizas. Estas capas tienen microfallas verticales que se pueden observar hasta los 2.5 m de profundidad, constituyendo secuencias fracturadas, poco compactas, muy erosionable, que en contacto con agua pierden cohesión y estabilidad.

La cobertura Cuaternaria, hasta los primeros metros está conformada por arcillas arenosas y arenas limosas con capas detríticas que son fácilmente erosionables ante el agua de escorrentía originada por lluvias; además, existen canales, acequias no impermeabilizadas y riego no tecnificado que incrementa la susceptibilidad del centro poblado Santa Isabel (figura 25).



Figura 25. Capas sedimentarias que constituyen los primeros metros de suelos de cimentación.

7.1.2. Pendientes

Los procesos de remoción en masa suelen modificar el relieve original, transformando la geomorfología de la zona, los deslizamientos recientes más cercanos al área urbana del centro poblado han iriginado pendientes muy escarpadas a muy fuertes abarcando un aproximado de 10 has, el mayor porcentaje se concentra en el escarpe del deslizamiento DR-02. Las superficies próximas a esta zona deben de tomarse en cuenta para ejecutar trabajos de estabilización de laderas; además de, considerar la reubicación de las viviendas cercanas a los escarpes (figura 26).

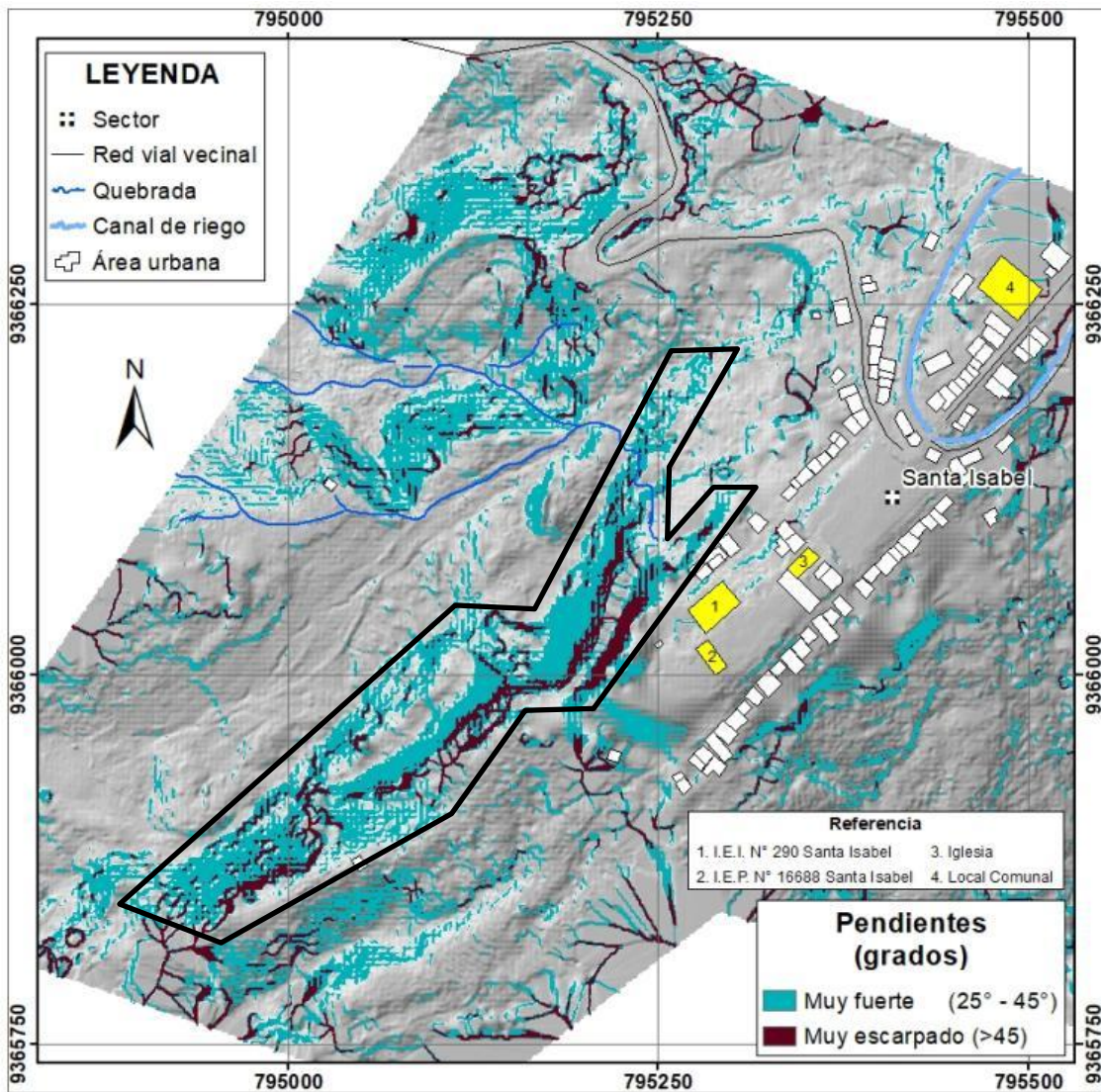


Figura 26. Zonas identificadas con pendientes muy escarpadas donde podrían ocurrir nuevos deslizamientos y derrumbes debido a la pendientes muy escarpadas.

7.2. Factor desencadenante

7.2.1. Precipitaciones pluviales

Se recopiló la información de las estaciones meteorológicas próximas a la zona de estudio del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI). Los deslizamientos ocurrieron en el mes de febrero del 2017, las estaciones próximas al centro poblado Santa Isabel se ubican en las ciudades de Bagua Grande y Puerto Naranjitos (cuadro 02 y figuras 27 y 28).

Estación: NARANJOS					
Departamento:	AMAZONAS	Provincia:	UTCUBAMBA	Distrito:	BAGUA GRANDE
Latitud:	5°45'20.46" S	Longitud:	78°25'53.55" W	Altitud:	427 msnm.
Tipo:	Convencional - Hidrológica			Código:	221501
Estación: NARANJITOS					
Departamento:	AMAZONAS	Provincia:	UTCUBAMBA	Distrito:	JAMALCA
Latitud:	5°49'10.85" S	Longitud:	78°16'33.54" W	Altitud:	500 msnm.
Tipo:	Convencional - Hidrológica			Código:	220907

AÑO	2017																											
MES	FEBRERO																											
DÍA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
Precipitación Total (mm/día)	7.8	2.1	0.4	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.2	20.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.7	1.3	0.1	5.9	24.1	11.8	5.8	10.6

Cuadro 02. Datos de precipitaciones pluviales durante los procesos de remoción en masa registrados en la zona de estudio.

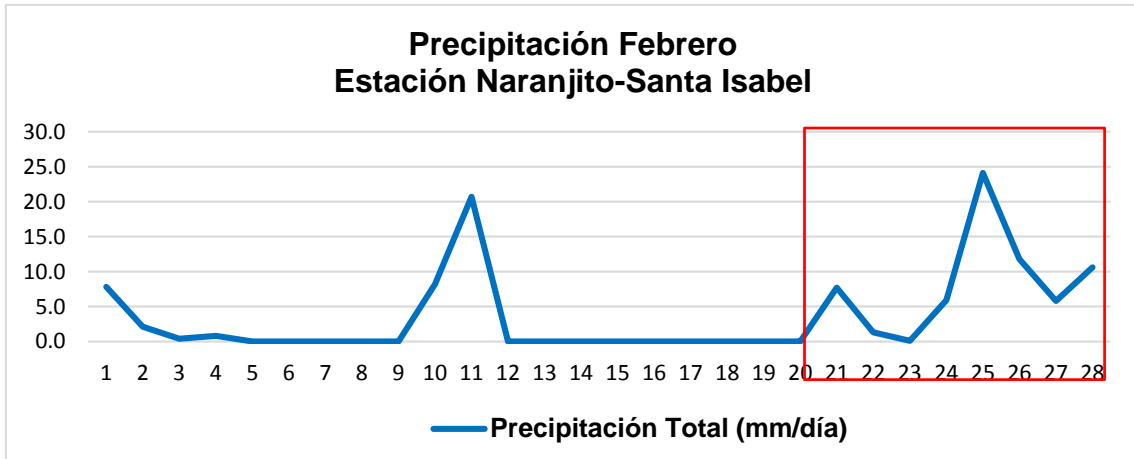


Figura 27. Precipitaciones registradas durante el mes de febrero.

Fuente: SENAMHI / DRD

* Datos sin control de calidad.

Para el periodo mencionado, la estación que registró datos completos se ubica a 11.5 km (Puerto Naranjitos), durante el mes de febrero del 2017 las precipitaciones alcanzaron 164 mm, siendo la última semana los picos más altos con 24 y 12 mm/día (cuadro 02 y figura 28).

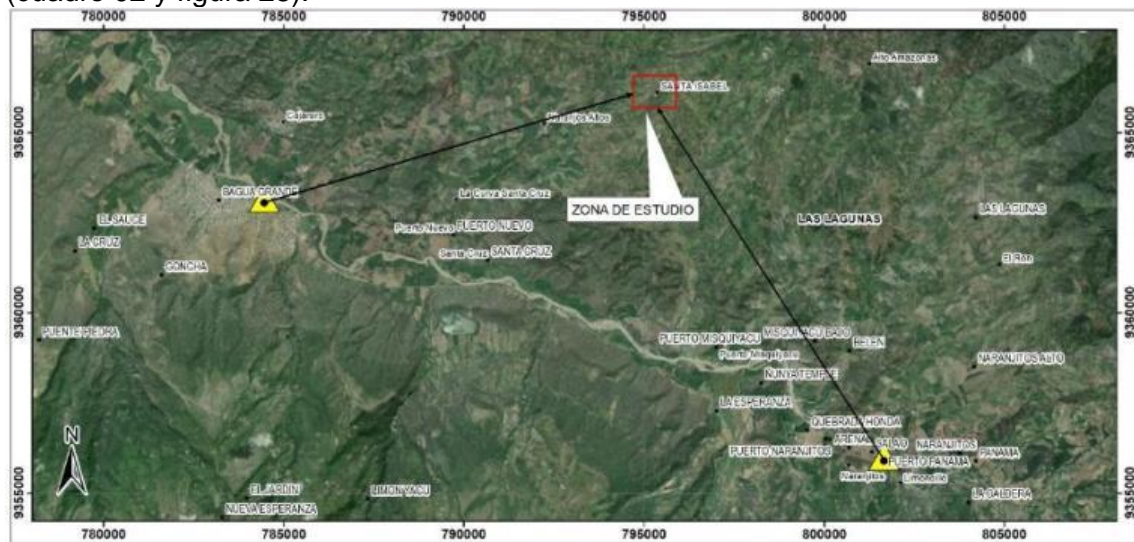


Figura 28. Ubicación de las estaciones meteorológicas cercanas a la zona de estudio.

8. PROPUESTAS DE MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y/O MITIGACIÓN

A continuación, se describen algunas propuestas generales para mitigar las zonas afectadas, estas medidas estructurales tienen el objetivo de minimizar los daños frente a la ocurrencia de eventos geodinámicos y deberán estar sustentadas en estudios de ingeniería definitiva tales como la caracterización geológica, geofísica y geotécnica de las estructuras a cimentar.

8.1. Medidas estructurales para captación de flujos de escorrentía

8.1.1. Canal de coronación

Las zanjas se ubican en la corona del deslizamiento o en la parte alta de un talud, son utilizadas para interceptar y conducir adecuadamente la escorrentía proveniente del agua de lluvia y evitar el paso a través del talud o ladera afectada. La zanja de la corona no debe construirse muy cerca del borde superior del talud para evitar que se genere un deslizamiento en cortes recientes; o en una nueva superficie de falla (movimiento regresivo) en deslizamientos activos; o se produzca la falla de la corona del talud o escarpe (figura 29).

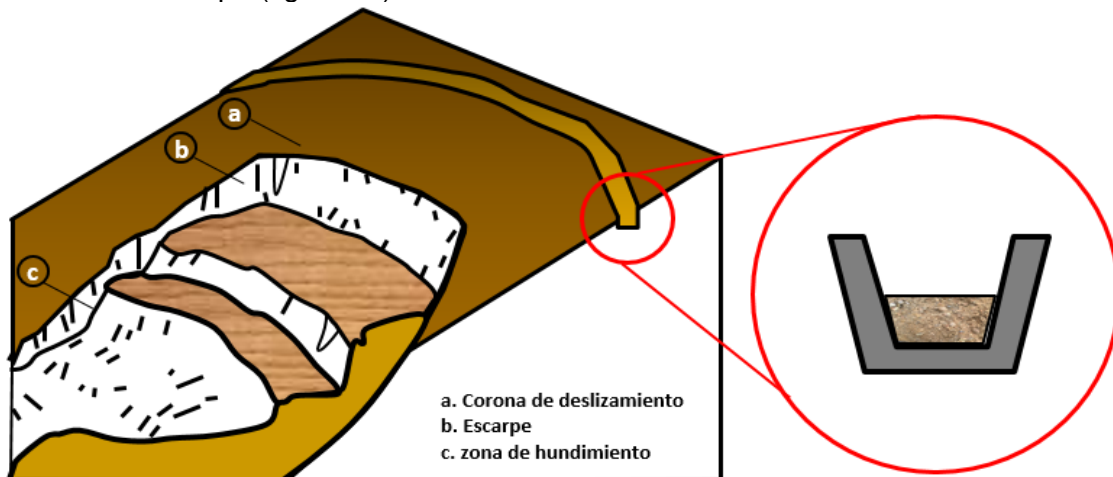


Figura 29. Esquema de zanjas de coronación o drenaje de deslizamiento.

8.1.2. Sistemas de drenaje espina de pescado

Para disminuir la infiltración de agua en las áreas arriba del talud, se deben de construir canales recolectores de forma dendrítica o también llamada espina de pescado que extraigan el agua de las zonas afectadas o susceptibles a deslizamientos, drenando o vertiendo le agua hacia el río o quebradas también revestidas, los canales deben de impermeabilizarse a fin de evitar la reinfiltración del agua (figura 30).

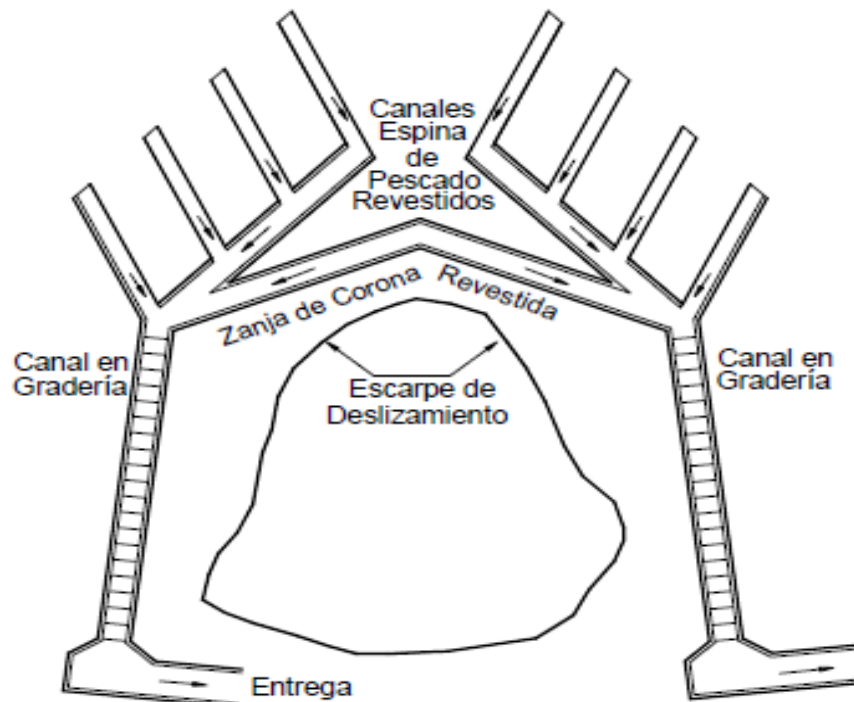


Figura 30. Esquema en planta de canales colectores Espina de Pescado (Suarez, 2010).

8.1.3. Banquetas

En la parte inferior de un talud, la descarga y velocidad del agua superficial aumentan, causando el incremento de las fuerzas de socavación. En este caso, la velocidad de la corriente puede reducirse al proporcionar una banqueta casi horizontal a la mitad del talud, o la concentración de agua superficial en la parte inferior del talud puede prevenirse al construir una zanja en la banqueta para drenar el agua hacia afuera del talud. La banqueta también puede usarse como acera para inspección o como andamio para reparación.

Por lo tanto, las banquetas deben diseñarse tomando en cuenta la dificultad de inspeccionar y reparar, la pendiente del talud, la altura de corte, los suelos del talud, los costos y otras condiciones (figura 31).

En los taludes de corte, normalmente se diseñan banquetas de 1 a 2 m de ancho cada 5 a 10 m de altura, dependiendo del suelo, litología escala de talud.

Una banqueta más ancha se recomienda cuando el talud es largo y grande o donde se instalarán vallas de protección de caída de rocas.

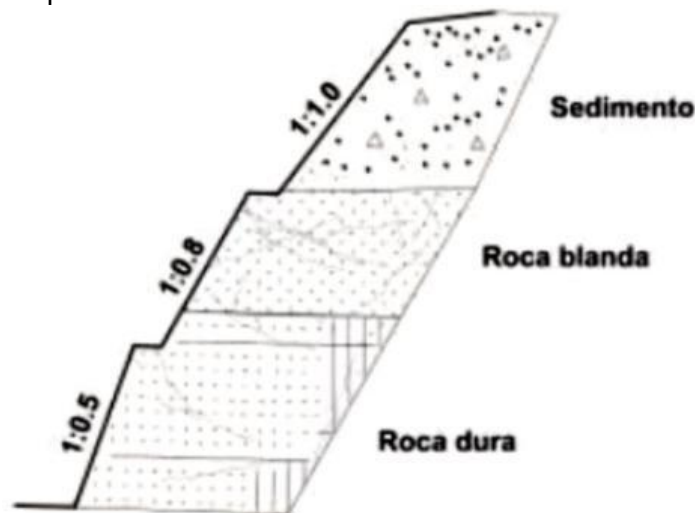


Figura 31. Condiciones de terreno y forma de taludes (JICA, 2004)

CONCLUSIONES

- La litología existente en el centro poblado Santa Isabel está conformada por secuencias arcillosas y limosas de arcillitas y limoarcillitas con intercalaciones de lutitas, estas secuencias se encuentran fracturadas y erosionadas. Los materiales y sedimentos de cimentación (suelos) están conformados por arcillas limosas con gravillas en capas poco compactas y porosas por donde el agua de escorrentía se infiltra saturando los materiales.
- El área urbana del centro poblado Santa Isabel se ubica sobre una lomada con pendientes llanas a suavemente inclinadas ($<5^\circ$), limitando al oeste con el abanico aluvial cuya zona de arranque se origina en los escarpes de los deslizamientos con pendientes mayores a 25° , al este se encuentra el piedemonte aluvial con pendientes menores a 15° , este relieve fue modelado por antiguos procesos de remoción en masa y la escorrentía superficial.
- Se ha determinado que la geodinámica de los procesos de remoción en masa del centro poblado Santa Isabel son **DESLIZAMIENTOS EN ESTADO ACTIVO**. Existen escarpes antiguos y recientes que alcanzan en promedio más de 300 m de longitud, mientras que, los cuerpos de los deslizamientos superan los 150 m de largo y 120 m de ancho, los saltos de falla presentan desniveles de 1 a 30 m de alto.

- d) Las precipitaciones registradas durante el mes de febrero del 2017 alcanzaron un acumulado de 164 mm, los picos máximos se registraron la última semana desde el día 21 al 28, alcanzando el mayor de ellos el 25 de febrero. Este dato pluviométrico se relaciona a la ocurrencia de los deslizamientos en el centro poblado Santa Isabel.
- e) Tomando en cuenta los factores condicionantes actuales, tales como geología y geomorfología, se determina que el centro poblado Santa Isabel tiene un “**Peligro Muy Alto por Movimientos en Masa**”, además de **Peligro inminente** a la ocurrencia de nuevos procesos de remoción en masa que podrían reactivarse con lluvias extraordinarias.

RECOMENDACIONES

- a) Evacuar las viviendas próximas al escarpe del deslizamiento DR-02 debido al peligro inminente de ocurrencia de nuevos procesos de remoción en masa.
- b) No permitir la construcción de nuevas viviendas próximas a los escarpes de los deslizamientos identificados.
- c) Mejorar el sistema de drenaje de aguas pluviales del centro poblado con el objetivo de evacuar las aguas superficiales hacia las quebradas más próximas o hacia un colector principal.
- d) Implementar y construir las medidas de mitigación estructural como: zanjas de coronación y drenajes dendríticos para el adecuado manejo de la escorrentía superficial con el objetivo de conducir adecuadamente el agua proveniente de la parte alta, impermeabilizar el mayor porcentaje de superficie y evitar la pérdida de suelo. Modificar los cortes de talud en los escarpes principales a través de banquetas con el fin de estabilizar los materiales expuestos próximos a la zona urbana.
- e) Construir cunetas a lo largo de las vías principales con la finalidad de evitar que el agua de escorrentía descienda rápidamente ocasionando erosión en la superficie.
- f) Realizar el seguimiento, mantenimiento y control de erosión de laderas, manteniendo la vigilancia permanente al conjunto de obras dispuestas para el control de la erosión, con el objetivo de prolongar la vida útil y determinar la funcionalidad de las medidas adoptadas.
- g) Sensibilizar a la población a fin de evitar asentamientos de viviendas cerca de los deslizamientos y zonas susceptibles a procesos de movimientos en masa.


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


Ing. CARLOS L. BENAVENTE ESCOBAR
Director (e)
Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico
INGEMMET

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- 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, 125 p., 8 mapas.
- Cruden, D.M., Varnes, D.J. (1996). Landslide types and processes, en Turner, K., y Schuster, R.L., ed., Landslides investigation and mitigation: Washington D. C, National Academy Press, Transportation Research Board Special Report 247.
- Fidel, L., Zavala, B., Núñez, S. y Valenzuela, G. (2006). Estudio de Riesgos Geológicos del Perú – Franja N° 4. INGEMMET, Serie C: Geología e Ingeniería Geológica, Boletín N° 31, Lima.
- Gómez, H. & Pari, W. (2020). Peligro geológico en la región Puno. INGEMMET, Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, 77, 236 p., 9 mapas.
- Manual para Terraplenes de Carretera en Japón (2004) - Instituto de Investigación de Trabajos Públicos Japón.
- Medina, A. & Dueñas, B. (2007). Informe de zonas críticas de la Región Amazonas.
- Medina, L.; Vílchez, M.; Dueñas, SH. (2009). Riesgo geológico en la Región Amazonas. INGEMMET. Boletín. Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, n. 39, 205 p.
- 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, No. 4, 432 p., 1 CD-ROM.
- Sánchez, A. (1995). Geología de los cuadrángulos de Bagua Grande, Jumbilla, Lonya Grande, Chachapoyas, Rioja, Leimebamba, y Bolívar. Boletín del INGEMMET, Serie A: Carta Geológica Nacional, v. 56, 287 p.
- Varnes, D. J. (1978). Slope movements types and processes, en Schuster R.L., y Krizek R.J., ed, Landslides analysis and control: Washington D. C, National Academy Press, Transportation Research Board Special Report 176.
- Villacorta, S.; Fidel, L. & Zavala, B. (2012) - Mapa de susceptibilidad por movimientos en masa del Perú. Revista de la Asociación Geológica Argentina, 69(3).
- Zinck, A. (1987). Aplicación de la geomorfología al levantamiento de suelos en zonas aluviales y definición del ambiente geomorfológico con fines de descripción de suelos. Bogotá: Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Subdirección de Agrología.