

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A7054

EVALUACIÓN DE PELIGROS POR DESLIZAMIENTOS EN EL CENTRO POBLADO LA FLORIDA

Región Amazonas
Provincia Utcubamba
Distrito Cajaruro



MAYO
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	6
4.1.1. Formación Sambimera Miembro Superior (PN-s/s).....	6
4.1.2. Formación Sambimera Miembro Inferior (PN-s/i)	6
4.1.3. Formación Fundo El Triunfo (KsP-ft/re)	7
4.1.4. Formación Celendín (Ks-ce).....	7
4.1.5. Depósitos Cuaternarios Recientes	7
5. ASPECTO GEOMORFOLÓGICO	8
5.1. Modelo Digital de Elevaciones (MDE)	8
5.2. Mapa de Pendientes	8
5.3. Susceptibilidad a Movimientos en masa.....	9
5.4. Unidad de colinas y lomas.....	12
5.5. Unidad de Piedemonte	13
6. PELIGROS GEOLÓGICOS.....	14
6.1. Definición de deslizamientos	15
6.2. Erosión de laderas (cárcavas).....	15
6.3. Flujo.....	16
6.4. Deslizamientos en el centro poblado La Florida	18
6.4.1. Flujos de lodo y detritos	20
6.4.2. Erosión de laderas (Cárcavas)	21
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. ZONA DE REUBICACIÓN	24

9. PROPUESTAS DE MEDIDAS PREVENTIVAS Y CORRECTIVAS.....	25
9.1. Medidas estructurales para captación de flujos de escorrentía.....	25
9.1.1. Banquetas.....	25
9.2. Medidas estructurales para control de cárcavas.....	26
CONCLUSIONES.....	30
RECOMENDACIONES.....	31
REFERENCIAS.....	32

EVALUACIÓN DE PELIGROS POR DESLIZAMIENTOS EN EL CENTRO POBLADO LA FLORIDA (Distrito de Cajaruro, Provincia Utcubamba, Región Amazonas)

RESUMEN

Este informe describe la interpretación geológica y geodinámica de la evaluación de peligros geológicos realizada en el centro poblado La Florida, distrito Cajaruro, provincia Utcubamba, región Amazonas. El 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.

Los afloramientos conformados por arcillitas y limolitas con intercalaciones de calizas y tobas constituyen un basamento susceptible a erosionarse, que al ser transportados forman suelos poco compactos, porosos y expuestos a procesos de remoción en masa.

El área urbana de La Florida se asienta sobre colinas y lomadas en rocas sedimentarias con pendiente medias y suaves modeladas por antiguos procesos de remoción en masa, al norte de la zona se emplazan montañas estructurales conformadas por rocas sedimentarias con pendientes medias a altas que superan los 35°, las geoformas descritas han sido modeladas por estructuras geológicas tipo anticlinales y sinclinales.

El área urbana de La Florida es afectada por procesos de remoción en masa tales como deslizamientos, flujos y erosión de laderas que se desarrollan principalmente al oeste, más de 15 viviendas se ubican al borde del escarpe principal del deslizamiento, en donde también se identificó agrietamientos que conservan la misma dirección de emplazamiento del escarpe. Las principales estructuras como viviendas, local comunal e Iglesia presentan fisuras en paredes y columnas de hasta 5 cm de separación, lo que evidencia el alto peligro a la que está expuesta la población.

Se determinó que la geodinámica de la zona se encuentra en estado activo, los factores condicionantes inestables pueden reactivarse en presencia de lluvias intensas o sismos de regular intensidad que pueden causar daños a la zona urbana, se deben de tomar en cuenta las medidas correctivas expuestas en este informe.

Se recomienda reubicar las viviendas próximas a los deslizamientos más críticos conservando una distancia adecuada entre los escarpes y la zona urbana; además de, iniciar trabajos de estabilización de laderas para asegurar la seguridad física del nuevo límite urbano. Restringir la construcción de nuevas infraestructuras y prohibir cualquier tipo de cultivo en la parte baja de los deslizamientos.

1. INTRODUCCIÓN

El Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (INGEMMET) y la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (DGAR), asiste a los gobiernos regionales y locales a través de informes técnico-científicos para la evaluación de peligros geológicos de zonas críticas expuestas a procesos de remoción en masa activados por lluvias extraordinarias o sismos de regular magnitud.

Mediante Oficio N° 327-219-MDC la Municipalidad Distrital de Cajaruro en coordinación con la Oficina Local de Defensa Civil, solicitó la evaluación del centro poblado La Florida y sus alrededores que están siendo afectados por deslizamientos y flujos.

El INGEMMET y la DGAR designaron a los Ings. Cristhian Chiroque y Luis León para realizar la inspección geológica, geomorfológica y geodinámica de los procesos de remoción en masa ocurridos en la zona designada. Los trabajos de campo consistieron en la identificación y caracterización de los tipos de peligros geológicos y descripción de los factores condicionantes tales como la geología de 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 el sector La Florida.

Este informe detalla los resultados obtenidos producto de la interpretación geológica y geodinámica de los eventos estudiados, se brinda conclusiones y recomendaciones puntuales que servirán para mitigar los daños y efectos causados a las estructuras asentadas en y próximas a los eventos geodinámicos. El INGEMMET brinda informes como herramientas a las autoridades solicitantes para un adecuado ordenamiento territorial.

2. ANTECEDENTES

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

- Geología de los Cuadrángulos de Bagua Grande, Jumbilla, Lonya Grande, Chachapoyas, Rioja, Leimebamba y Bolívar (Sánchez et al. 1995). El estudio a escala 1/100 000 describe secuencias de la Formación Chota conformada por capas areniscosas con intercalaciones de niveles limoarcillíticos calcáreos y que constituyen la parte central del pliegue sinclinal entre Bagua Grande y Naranjitos ubicado al sur de la zona de estudio. Según la geología descrita en el boletín mencionado, los materiales deslizados están conformados por materiales arcillo limosos 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 arcillitas y margas que conservan una continuidad sedimentaria con calizas nodulares e intercalaciones de arcillitas del Grupo Quilquiñan. En la zona de estudio localmente se observó arcillitas y limolitas con intercalaciones de calizas y tobas grises de la Formación Sambimera Miembro Superior.
- Informe técnico preliminar “Zonas críticas de la Región Amazonas” (Medina y Dueñas, 2007), en el inventario de puntos críticos identificaron un deslizamiento en el sector Puerto Naranjitos, como área susceptible a la ocurrencia de derrumbes, que afecta a la carretera Fernando Belaunde Terry. Además, existe viviendas ubicadas en la margen izquierda del cauce del río Utcubamba, que podrían ser afectadas por derrumbes ocasionados por erosión fluvial. Cabe

destacar, que durante los trabajos de campo se identificó estos deslizamientos antiguos.

- Riesgo Geológico en la Región Amazonas (Medina, et al. 1995). 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 substratos de mala calidad afectados por procesos antiguos debido a la pendiente del terreno, intensas precipitaciones y uso inadecuado de agua y escorrentía.
- Boletín Geología de los Cuadrángulos de Aramango y Bagua Grande, 11g, 12g – [Boletín A 142] (Chacaltana et al., 2011) escala 1:50, 000 describe que los materiales y sedimentos de la zona estudio están conformados por una secuencia de arcillitas y limoarcillitas, con presencia de yeso laminar 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 arcillitas 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 La Florida se ubica a 4.2 km al noroeste de Puerto Naranjitos y 17.3 km al este 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 de la cancha deportiva son WGS84-17S 800462E, 9360188N a una altitud promedio de 673 m.

3.2. Accesibilidad

Se accede desde Cajamarca por la vía hacia Chota, se continúa 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 21 km hasta el centro poblado Puerto Naranjitos, para finalmente dirigirse con dirección noroeste hasta la zona de estudio. La ruta se realiza en 9 horas aproximadamente.

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.

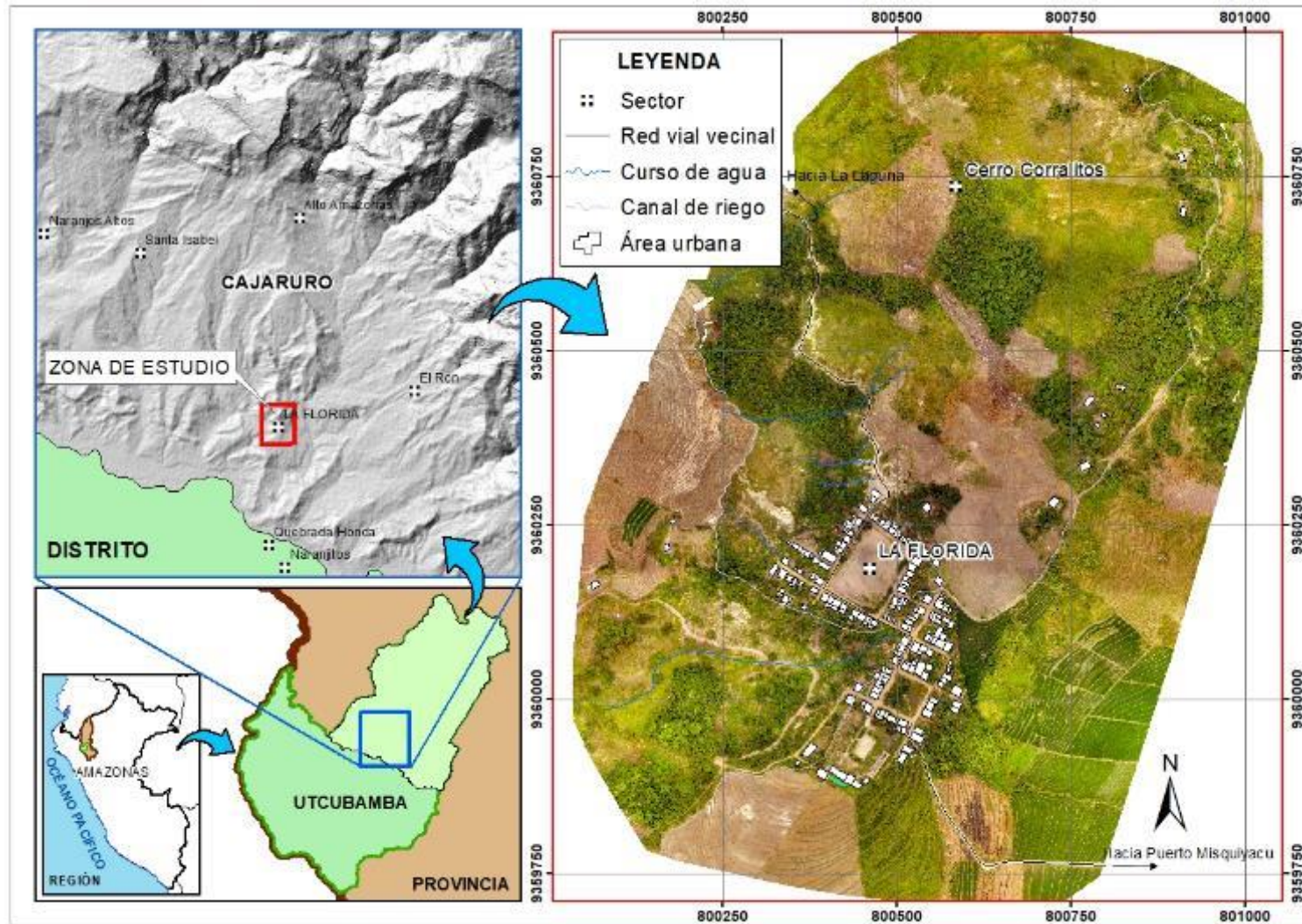


Figura 01. Ubicación de la zona de estudio.

4. ASPECTOS GEOLÓGICOS

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

La litología del centro poblado La Florida está conformada por afloramientos sedimentarios de la Formación Sambimera conformados por arcillitas, limoarcillitas y calizas, 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 Naranjitos afloran arcillitas y limolitas grises a verdes, que correspondientes a la Formación Celendín.

La litología de las Formaciones descritas forma parte de estructuras geológicas tipo sinclinales y anticlinales ubicadas a 9 km al norte del sector La Florida (figura 02).

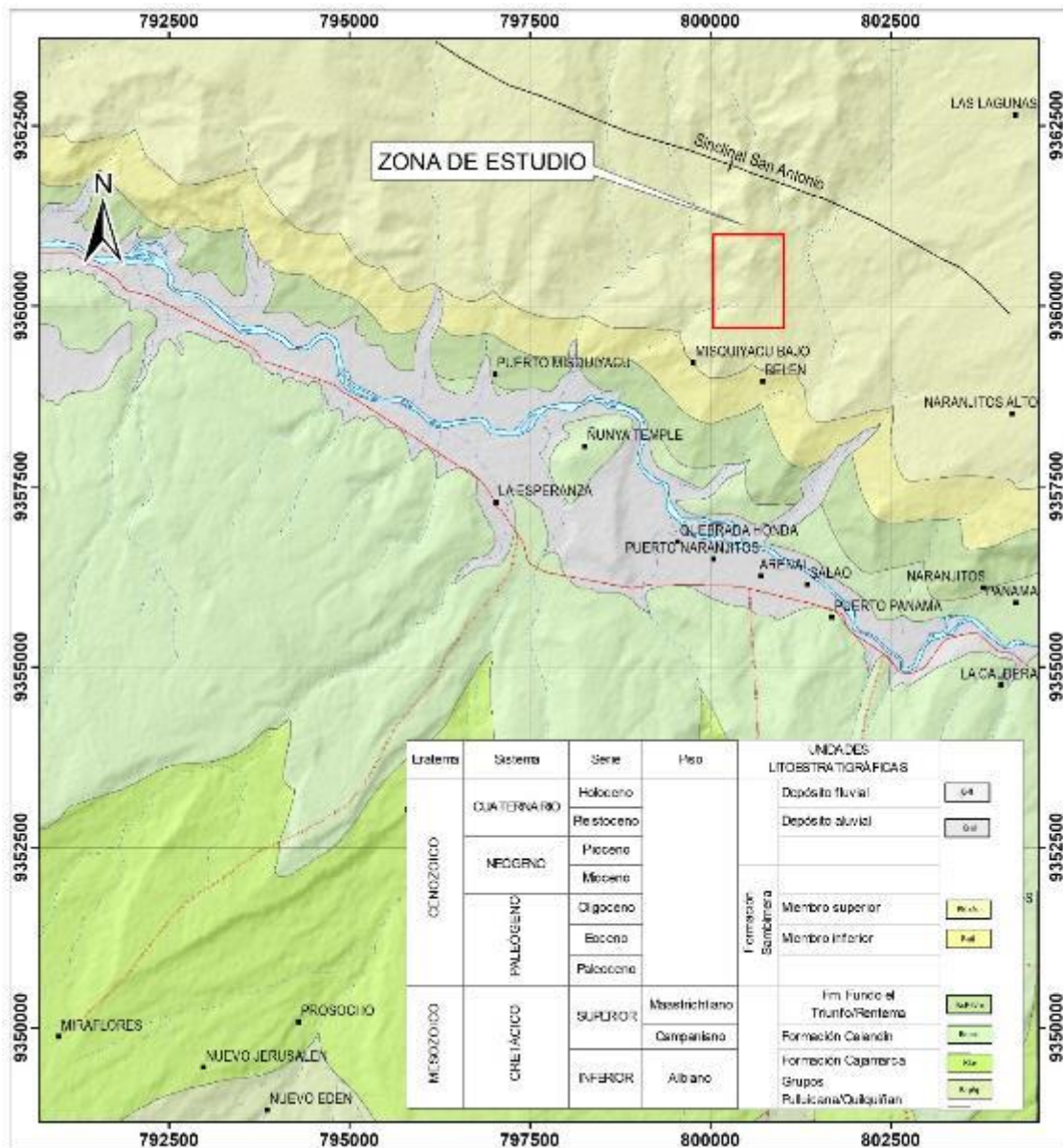


Figura 02. Geología a escala regional del cuadrángulo de Bagua Grande y la zona de estudio.

4.1. Geología local

Los afloramientos observados en la zona de estudio se encuentran con intensa meteorización formando parte del Sinclinal de San Antonio que inicia desde San Antonio, Naranjos Altos y Puerto Naranjitos cruzando a 1.5 km de la zona del deslizamiento La Florida

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

Son afloramientos de arcillitas y limolitas pardo rojizas con intercalaciones de calizas y tobas grises, este tipo de secuencias se observan al norte en el cerro Corralitos, las capas tienen buzamientos con pendientes opuestas y se emplazan en el flanco ascendente del Sinclinal San Antonio (figura 03).



Figura 03. Secuencias conformadas por arcillitas y limolitas con calizas grises, vista de sur a norte.

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

Las secuencias sedimentarias Sambimera miembro inferior afloran al sur del centro poblado La Florida próximas a la quebrada Corralitos, en los cortes del talud se pueden identificar conglomerados con intercalaciones de areniscas, tobas y margas (figura 04).



Figura 04. Vista de este a oeste de la secuencia sedimentaria de margas y conglomerados de la Formación Sambimera.

4.1.3. Formación Fundo El Triunfo (KsP-ft/re)

Unidad conformada por margas y limolitas rojas con intercalaciones de conglomerados y areniscas se ubican en la carretera Bagua Grande a Puerto Naranjitos (figura 05).



Figura 05. Margas y limolitas de la Formación El Triunfo, vista de norte a sur.

4.1.4. Formación Celendín (Ks-ce)

La litología de la Formación Celendín está conformada por arcillitas y limolitas verdes que afloran al sur de Puerto Naranjitos, estas capas se encuentran bastante erosionadas y son susceptibles a deslizamientos (figura 06).



Figura 06. Capas delgadas de arcillitas y limolitas verdes vistas de sur a norte.

4.1.5. Depósitos Cuaternarios Recientes

Los materiales inconsolidados están conformados por minerales, materia orgánica, agua y aire en los espacios vacíos entre los poros, estos se generan a partir de la alteración de una roca preexistente, causada por los agentes atmosféricos que erosionan, transportan y depositan estos sedimentos formando una cobertura reciente de variada naturaleza y litología.

La capa aluvial cuaternaria está conformada por arenas arcillosas y limosas con gravas angulosas y clastos dispersos producto de antiguos procesos de remoción en masa, esta capa más reciente está expuesta a erosión lo que crea inestabilidad en las laderas (figura 07).



Figura 07. Corte de talud natural observados en el escarpe principal del deslizamiento vista de suroeste a noreste.

5. ASPECTO GEOMORFOLÓGICO

El origen de las geoformas observadas está relacionado con la ocurrencia de antiguos procesos de remoción en masa, que probablemente estuvieron controlados por estructuras geológicas tipo sinclinales, anticlinales y fallas geológicas. La interacción de los tipos de rocas y sedimentos, con los agentes meteorológicos de la zona modeló el relieve sobre el cual se asienta la zona urbana del centro poblado La Florida.

Para el análisis de la geomorfología de la zona de estudio 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 de estudio presenta las máximas elevaciones al norte de la zona urbana en el cerro Corralitos con 800 m s.n.m; mientras que, las elevaciones más bajas se encuentran al suroeste con 594 m s.n.m. La quebrada Corralitos ubicada al este de la zona urbana tiene una gradiente, que nace desde los 680 m s.n.m., y que irriga gran parte de las áreas de cultivo. El centro poblado La Florida se asienta sobre superficies con elevaciones entre 680 m s.n.m y 650 m s.n.m (figura 08).

5.2. Mapa de Pendientes

La zona de estudio presenta geoformas con pendientes medias a altas formadas por colinas y lomas (20° a 50°) que han sido modeladas por antiguos procesos de remoción en masa y disectadas por quebradas, al norte se encuentra una colina con pendientes mayores a 35°; mientras que, la zona urbana de La Florida está asentada sobre superficies con pendientes menores a 10° (figura 09).

Tabla 01: Rangos de pendientes del terreno

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

Fuente: 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 cartografía a nivel nacional de movimientos en masa.

El modelo de susceptibilidad, utilizó un método 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 El 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 a alta ante la ocurrencia de movimientos en masa, que abarca desde el sector La Florida hasta el centro poblado Puerto Naranjitos (figura 10).

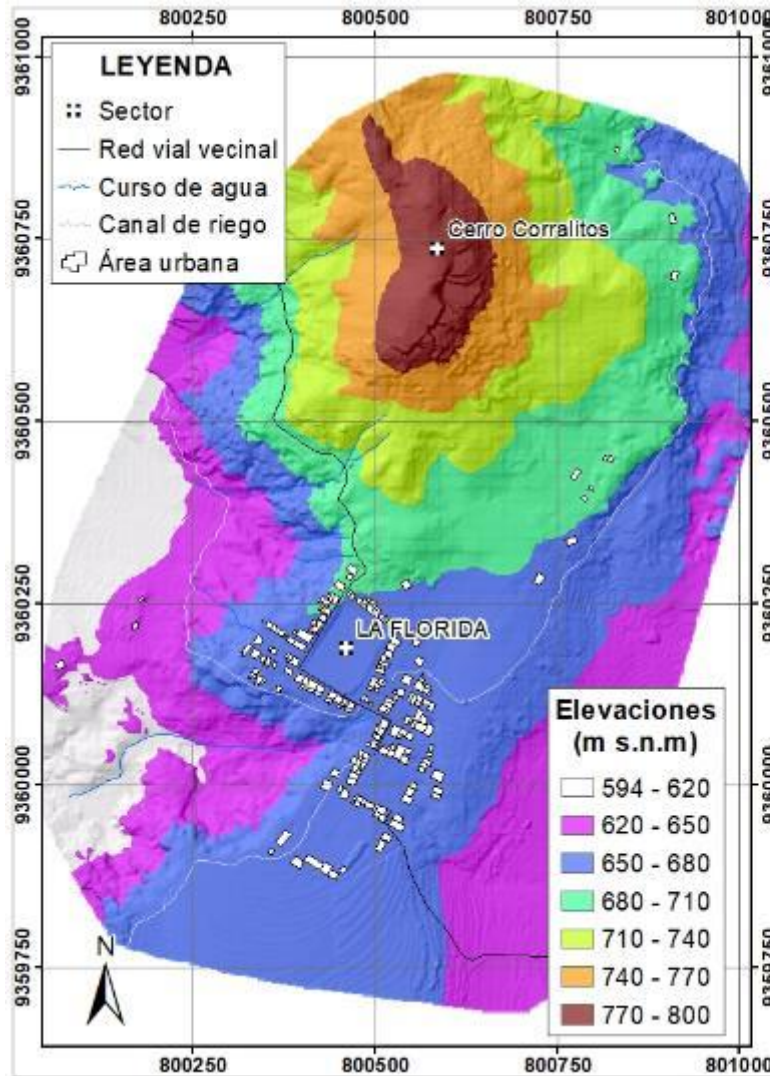


Figura 08. Modelo digital de elevaciones (MDE).

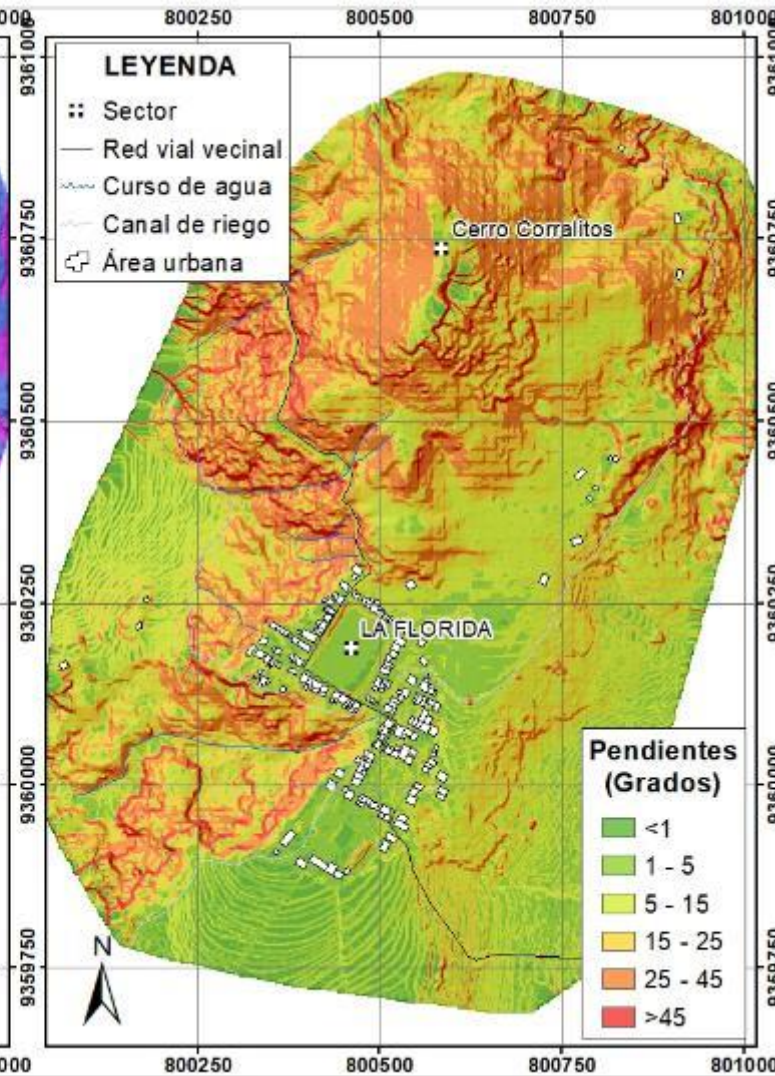


Figura 09. Mapa de pendientes.

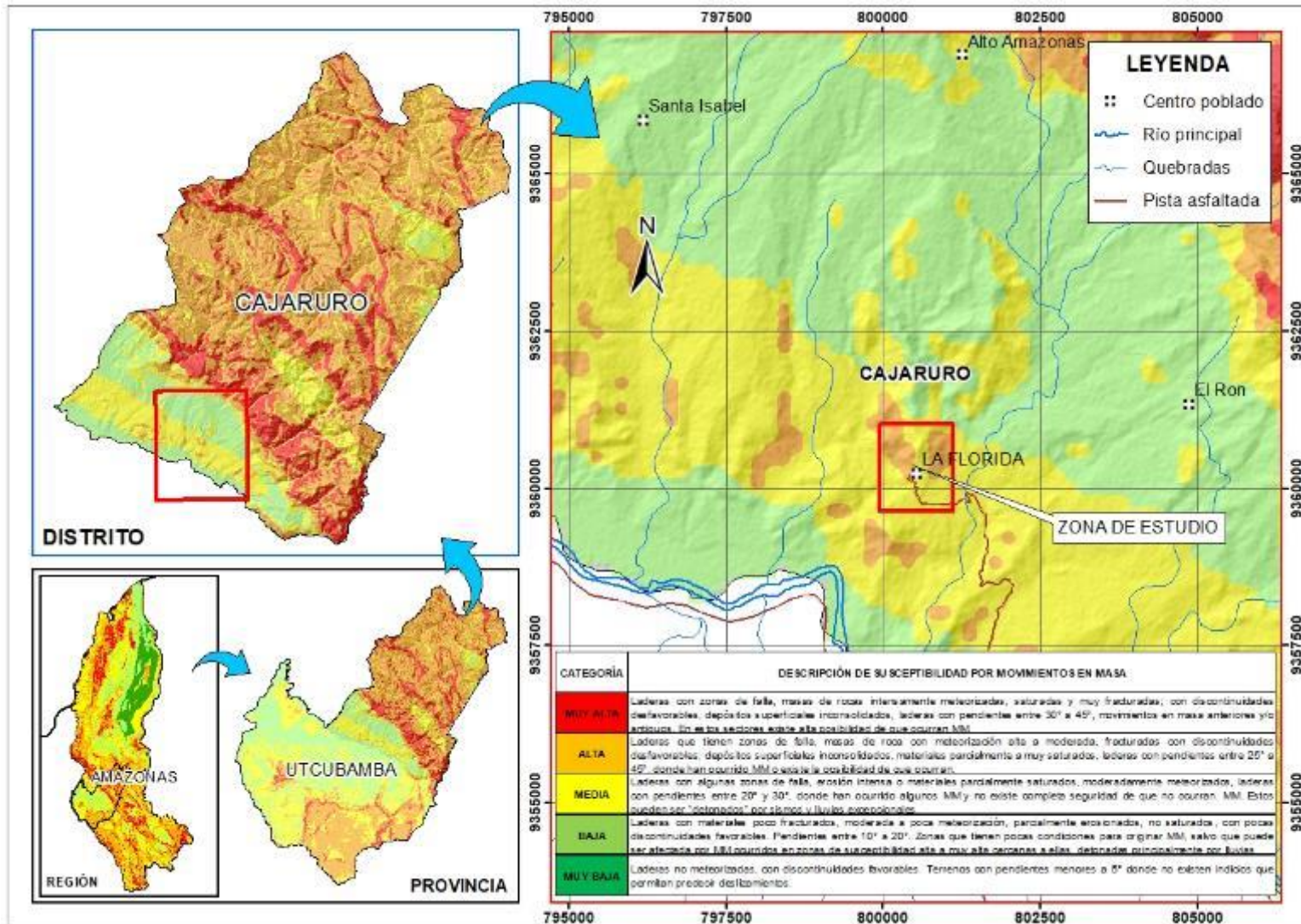


Figura 10. Mapa de susceptibilidad a movimientos en masa (Villacorta et al. 2012).

Según la geomorfología a escala regional contenida en el GEOCATMIN, la zona de estudio se asienta sobre una colina en roca sedimentaria, a escala local se observan lomas, colinas y abanicos aluviales desarrollados sobre materiales sedimentarios (figura 14).

5.4. Unidad de colinas y lomas

Según el Servicio Geológico de EE. UU., no existe una diferencia oficial entre colinas y montañas. El Reino Unido y los Estados Unidos solían definir colinas como cumbres de menos de 304 m. Sin embargo, ambos países abandonaron la distinción a mediados del siglo XX (Rosenberg, 2020).

Las colinas son porciones del relieve elevados por sobre la superficie que los rodea, tienen base y cima circular con relieves suaves, redondeados o semiredondeados, alcanzan poca altura con desniveles entre 20 y 300 m, tienen pendientes con rangos medios a bajos que no superan los 45°, morfometría que controla el tipo de drenaje.

El origen de las colinas está ligado a diversos procesos como la erosión y depósito o estructuras geológicas tales como las fallas y pliegues (USGS, 2008)

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

Al norte del área urbana de La Florida se observó una colina, denominada como cerro Corralitos, esta presenta relieves con pendientes medias a altas y alcanza elevaciones de 800 m s.n.m, que se desarrollan sobre rocas sedimentarias (figura 11).

Las lomadas tienen un desarrollo preferencial con dirección norte a sur, alcanzan altitudes de 680 m s.n.m. y pendientes menores a 35°, este tipo de emplazamiento obedece a antiguos procesos de remoción en masa, desde las partes altas de las montañas hacia el valle, la zona urbana del centro poblado La Florida se asienta sobre una lomada (figura 12).



Figura 11. Vista de sur a norte de la colina ubicada al norte de La Florida donde se desarrollan procesos de remoción en masa.



Figura 12. Lomada sobre la que asienta el área urbana de La Florida, vista de noroeste a sureste.

5.5. Unidad de Piedemonte

Estas geoformas son resultado del conjunto de procesos geomorfológicos constructivos, determinados por fuerzas de desplazamiento, como por agentes móviles, tales como: el agua de escorrentía, los glaciares, las corrientes marinas, las mareas y los vientos, los cuales tienden a nivelar hacia arriba la superficie de la tierra, mediante el depósito de materiales sólidos resultantes de la denudación de terrenos más elevados.

a) Subunidad de abanico de piedemonte (Ab)

Los abanicos aluviales de piedemonte se han emplazado desde las partes altas, con la zona de transición entre las montañas con pendientes medias a altas mayores a 30° y las zonas llanas con pendientes menores a 20° , estas zonas se encuentran al este de la zona de estudio y son empleadas como áreas de cultivo de arroz (figura 13).



Figura 13. Vista de norte a sur del abanico aluvial emplazado al este de la zona de estudio.

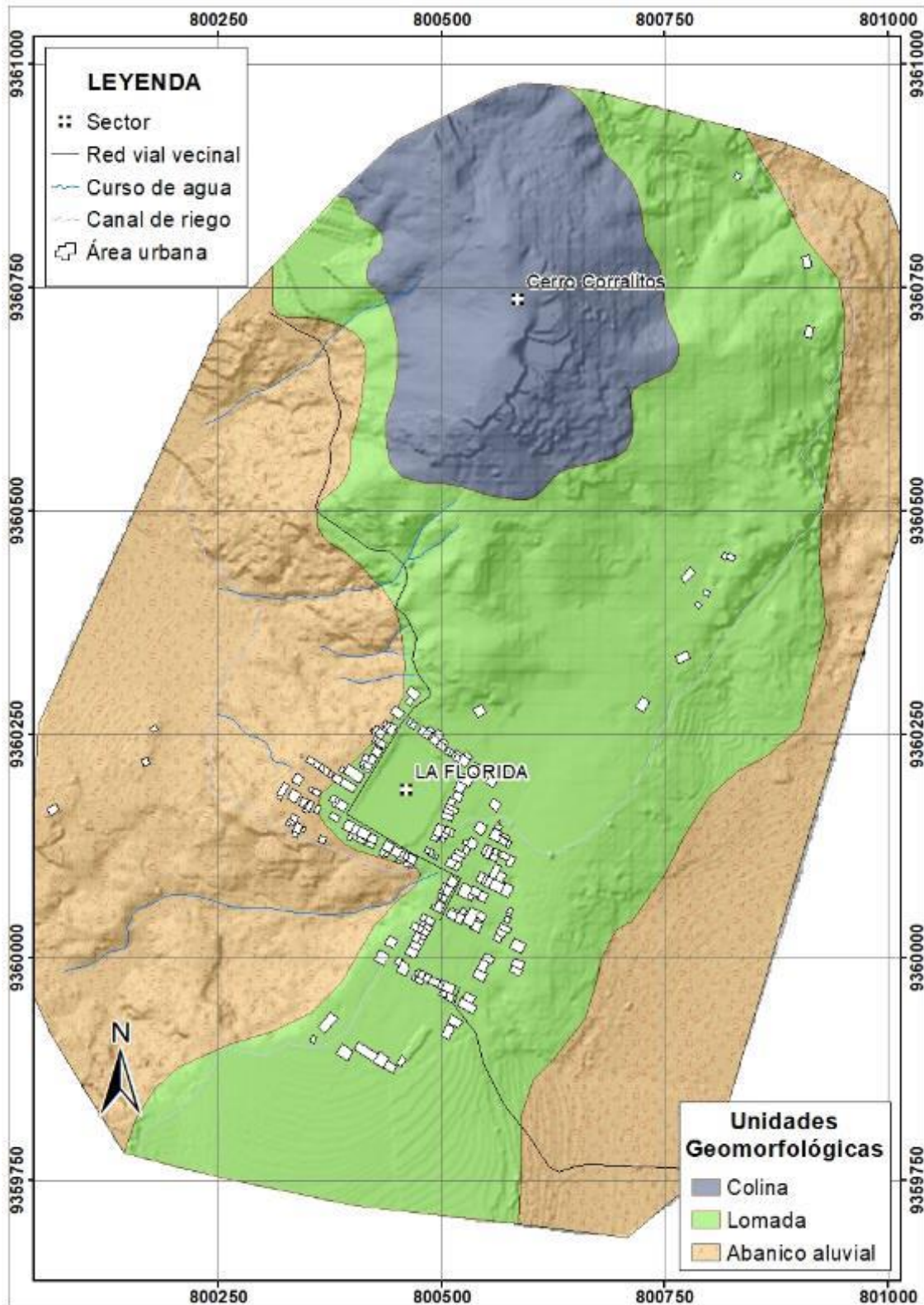


Figura 14. Unidades geomorfológicas del centro poblado La Florida.

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 y modelos digitales de terreno.

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 15).

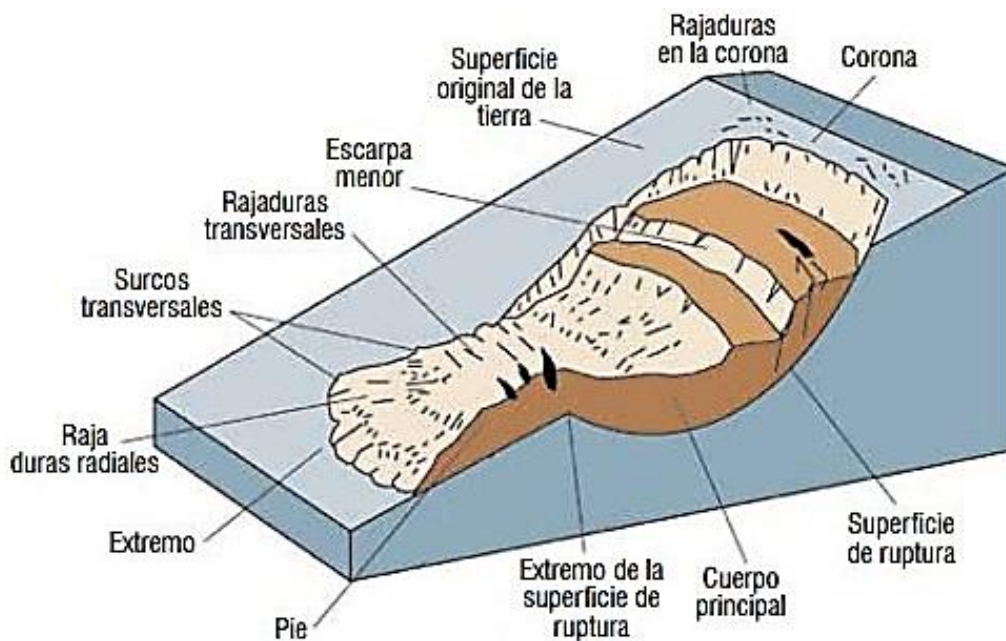


Figura 15. Deslizamiento de tipo rotacional, Adaptado de USGS (2008), GEMMA: PMA-GCA (2007).

6.2. Erosión de laderas (cárcavas)

Las incisiones que constituyen las cárcavas, se ven potenciadas por avenidas violentas y discontinuas, lluvias intensas o continuas sobre terrenos desnudos o por la concentración de flujos superficiales fomentados por obras de drenaje de caminos o carreteras.

En general, los cursos de agua fluctúan hacia un punto de equilibrio, de forma que, si el caudal se incrementa, el canal se ensanchará, profundizará o incrementará su pendiente hasta conseguirlo, y sólo podrá recuperar su estado original si las alteraciones son leves; pero si la cárcava comienza, será necesario un esfuerzo de mayor magnitud para conseguir volver a esa situación inicial. En la denominada erosión por cárcavas, el escurrimiento superficial es grande y con elevada energía erosiva, de forma que se

concentra dando lugar a surcos o cárcavas que pueden alcanzar decenas de metros, tanto en dimensión longitudinal como altitudinal (Faustino, 1985; Rivera et al., 2007; Casalí et al., 1999).

La FAO (1967) describe el crecimiento de las cárcavas como el resultado de la combinación de diferentes procesos, los cuales pueden actuar de manera aislada. Estos procesos comprenden:

Erosión en el fondo o en los lados de la cárcava por la corriente de agua y materiales abrasivos (fragmentos de roca o partículas de suelo).

Erosión por el agua de escorrentía que se precipita en la cabecera de la cárcava y que ocasiona la regresión progresiva de ésta.

Derrumbes en ambos lados de la cárcava por erosión de las aguas de escorrentía.

Las cárcavas inicialmente tienen una sección transversal en forma de "V" pero al presentarse un material más resistente a la erosión o interceptar el nivel freático, se extienden lateralmente, tomando una forma en "U" (figura 16).

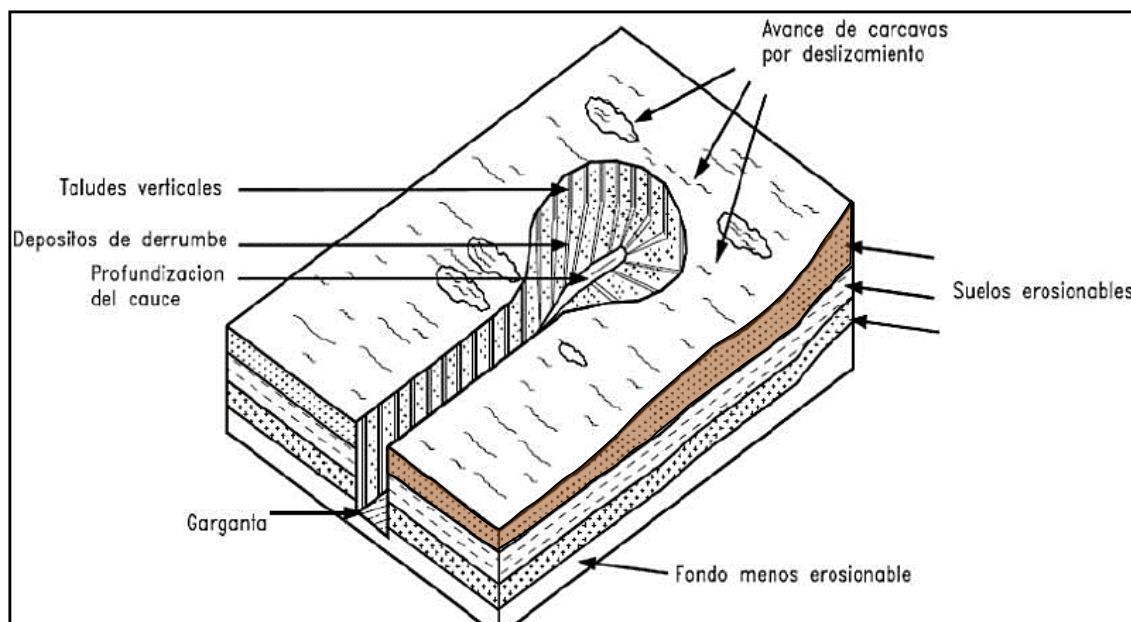


Figura 16: Esquema general de una cárcava. Tomado de Suárez (1998).

6.3. Flujo

Según Varnes (1978), un flujo es un tipo de movimiento en masa que durante su desplazamiento exhibe un comportamiento semejante al de un fluido; puede ser rápido o lento, saturado o seco (figura 17). En muchos casos se originan a partir de otro tipo de movimiento, ya sea un deslizamiento o una caída.

Flujo de Detritos (Huaico)

Es un flujo muy rápido a extremadamente rápido de detritos saturados, no plásticos (Índice de plasticidad menor al 5%), que transcurre principalmente confinado a lo largo de un canal o cauce con pendiente pronunciada. Se inician como uno o varios deslizamientos superficiales de detritos en las cabeceras o por inestabilidad de segmentos del cauce en canales de pendientes fuertes. Los flujos de detritos incorporan

gran cantidad de material saturado en su trayectoria al descender en el canal y finalmente los depositan en abanicos de detritos.

Los flujos de detritos desarrollan pulsos usualmente con acumulación de bloques en el frente de onda. Como resultado del desarrollo de pulsos, los caudales pico de los flujos de detritos pueden exceder en varios niveles de magnitud a los caudales pico de inundaciones grandes. Esta característica hace que los flujos de detritos tengan un alto potencial destructivo (GEMMA, 2007).

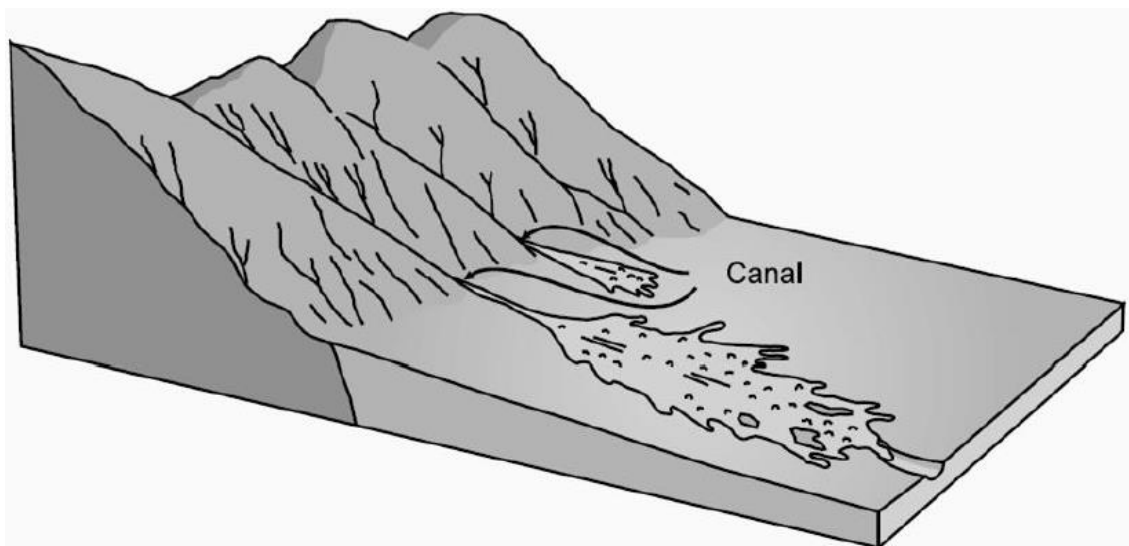


Figura 17. Esquema de un flujo canalizado (Cruden y Varnes, 1996).

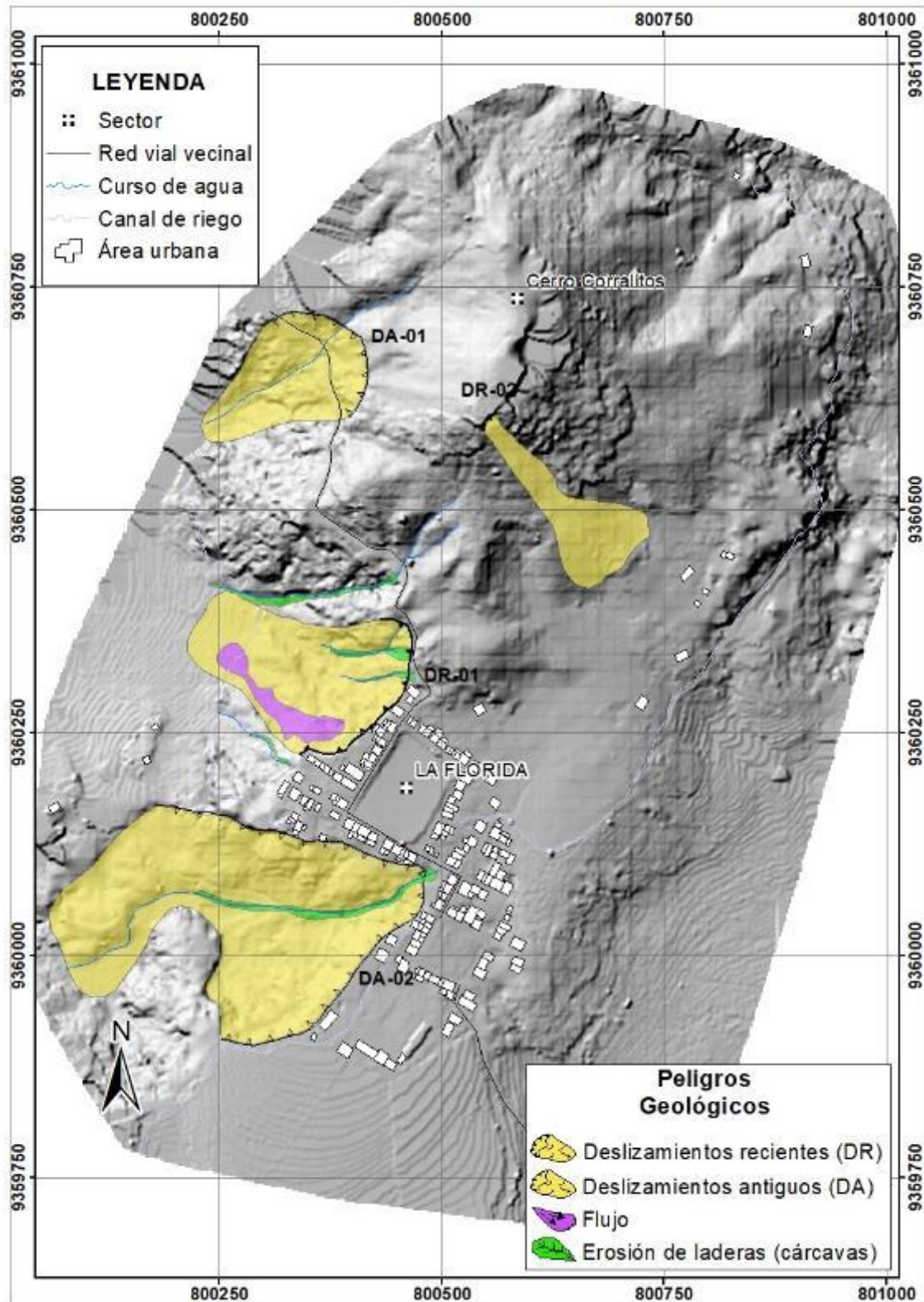


Figura 18. Mapa de Peligros Geológicos de la zona de estudio.

6.4. Deslizamientos en el centro poblado La Florida

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

Se han definido dos deslizamientos antiguos (DA) y dos recientes o activos (DR), identificados a través de los escarpes, morfometría con cambios de relieves abruptos y materiales de depósitos aluvionales, los cuales fueron comprobados con los antecedentes escritos y testimonios recogidos de mano de los pobladores.

Los deslizamientos antiguos se ubican a 320 m y 20 m al norte y sur de la zona urbana respectivamente, llegan a 208 m y 223 m de longitud, 139 m y 103 m de ancho.

Los desniveles de desplazamiento o saltos de falla de los escarpes promedian los 3 m y 1 m de alto (figura 19).

El deslizamiento reciente (DR-01) de tipo rotacional alcanzó más de 230 m de largo y 170 m de ancho, el escarpe activo tiene 257 m de longitud con 10 m de desnivel con respecto al relieve original. Estos procesos afectaron 30 viviendas y al local comunal del centro poblado, el escarpe se ubica a menos de 20 m y presenta grietas paralelas que indican un avance retrogresivo (figura 19).



Figura 19. Vista de sur a norte del deslizamiento 01 ubicado a 760 m de la zona urbana de Colcas.

Los deslizamientos descritos fueron activados por lluvias intensas ocurridas durante Fenómenos “El Niño”, Niño Costero y recientemente por lluvias extraordinarias de febrero del 2019.

La geodinámica de la zona de estudio se considera activa, pues los factores condicionantes como la cobertura cuaternaria, tipos de suelos, litología y las geoformas están expuestas tanto a precipitaciones como sismos de regular intensidad.

Según manifiestan los pobladores, el sismo del 26 de mayo del 2019 ocurrido en el distrito de Lagunas, provincia de Alto Amazonas en la Región Loreto, epicentro ubicado a 300 km de la zona de estudio, ocasionó derrumbes y deslizamientos en algunos sectores, además de agrietamientos en el suelo. Las viviendas también presentaron daños en paredes, vigas y columnas; ocasionando alarma en los pobladores de la Florida.

Se evidenciaron grietas longitudinales o paralelas a la corona de los deslizamientos, estas se originan tracción y podrían formar nuevos escarpes activados por lluvias intensas. Las grietas se alinean pasando por varias viviendas en donde también hay asentamientos de suelos afectando juntas, vigas y aberturas en las paredes; teniendo en cuenta que la mayoría de viviendas están construidas con materiales como el adobe también afectó casas de material de ladrillo y concreto (figura 20).

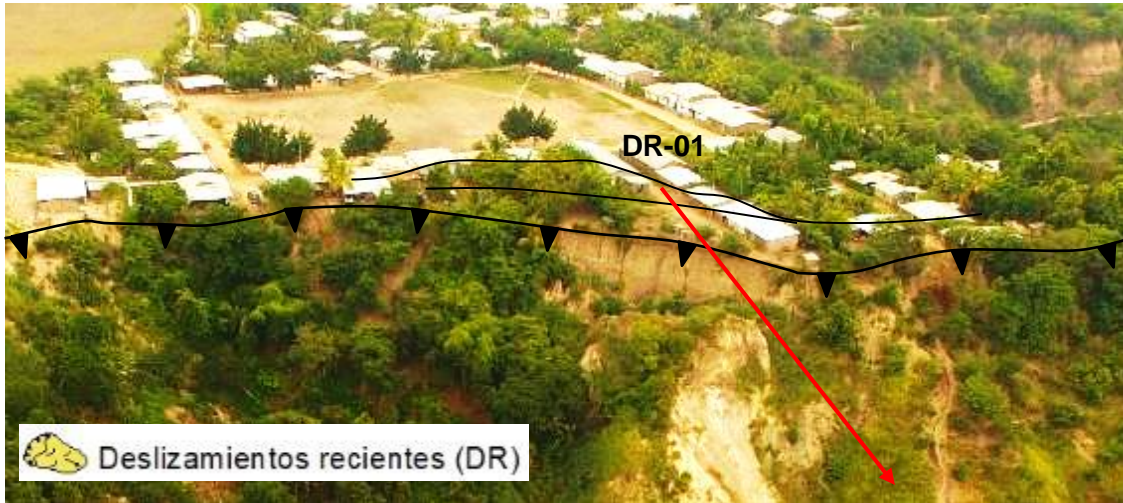


Figura 20. Escarpe de deslizamiento activo o reciente próximo a la zona urbana de la Florida.

El deslizamiento reciente (DR-02) ocurrió en el mes de febrero del 2019, en el cerro Corralitos, tiene 224 m de largo y 30 m de ancho, afectó solo terrenos de cultivo, la causa principal fueron las lluvias, además la deforestación (figura 21).



Figura 21. Deslizamiento en el cerro Corralitos afectando áreas de cultivos.

6.4.1. Flujos de lodo y detritos

La ocurrencia de flujos de lodo dentro del cuerpo del deslizamiento, está relacionado a la presencia de afloramientos de agua o la migración de aguas subterráneas, debido al desplazamiento de los materiales o sedimentos en muchos casos con alta porosidad y permeabilidad, otro aspecto a considerar es la intervención del factor antrópico, en el

caso del centro poblado La Florida, varias viviendas drenan sus aguas hacia la ladera donde se desarrolló el deslizamiento (figura 22).



Figura 22. Flujo de lodo y detritos formado dentro del cuerpo del deslizamiento.

6.4.2. Erosión de laderas (Cárcavas)

La presencia de cárcavas en un terreno indica un grado avanzado de degradación, ya que la mayoría de las veces se inician luego de la pérdida superficial del suelo, por efecto del impacto de las lluvias, destrucción de los agregados naturales del suelo, la erosión laminar y en surcos, como consecuencia del uso y manejo inadecuado de los suelos y ausencia de prácticas preventivas de conservación.

Las cárcavas se han identificado en los escarpes de deslizamientos y laderas adyacentes a la zona, presentan hasta 10 m de largo y 2 m de ancho, se ubican a menos de 50 m del área urbana del centro poblado La Florida (figura 23).



Figura 23. Erosión en las laderas y escarpes próximos al área urbana de La Florida.

7. MECANISMOS ASOCIADOS A LA INESTABILIDAD DE LADERAS

Los factores que influyen en la inestabilidad de laderas y posterior ocurrencia de movimientos en masa; están relacionados a 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 lluvias intensas se consideraran el principal factor desencadenante de los procesos de remoción en masa.

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 arcillitas y limolitas con intercalaciones de calizas y tobas con intenso fracturamiento y erosión, los tipos de suelos y cobertura aluvial es el resultado de la erosión, transporte y depósito de este tipo de rocas, las cuales forman suelos arcillosos susceptibles a deslizamientos desencadenados por lluvias intensas (figura 24).



Figura 24. Arcillitas y limolitas susceptibles a erosión y formación de cárcavas.

7.1.2. Pendientes

Se ha elaborado un perfil transversal del deslizamiento DR-01 para resaltar los cambios geomorfológicos como los escarpes escalonados debido al desplazamiento continuo y progresivo de los materiales (figura 25). Los movimientos en masa producen importantes transformaciones geomorfológicas las que a su vez pueden condicionar la ocurrencia de nuevos procesos de remoción en masa.

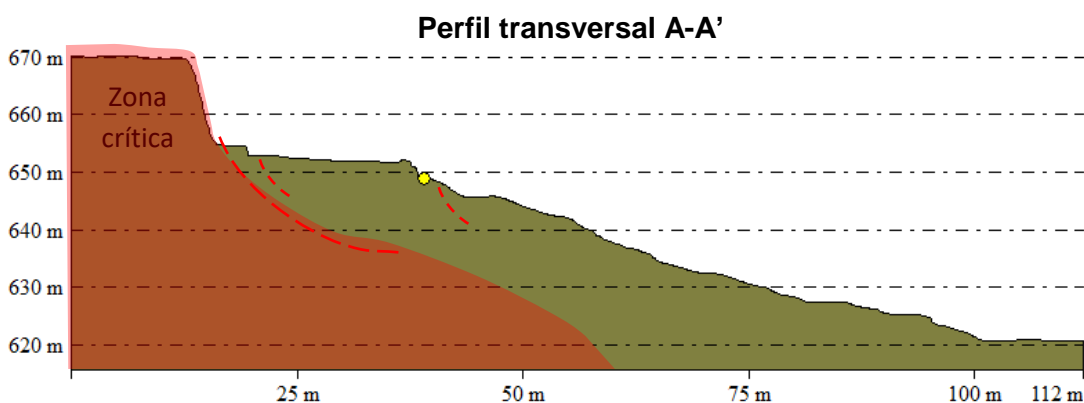


Figura 25. Perfil de deslizamiento en la zona urbana de la Florida.

7.2. Factor desencadenante

7.2.1. Precipitaciones pluviales

Los deslizamientos ocurridos próximos a la zona urbana del centro poblado La Florida, fueron activados el 26 de febrero del 2019, se recopiló la información de las estaciones meteorológicas más cercanas del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI), los datos extraídos no tienen un control de calidad, pero son tomados como referencia para el estudio de las precipitaciones en la zona. Las estaciones próximas se ubican en las ciudades de Bagua Grande y Puerto Naranjitos.

Para el periodo mencionado, la estación más cercana se ubica a 4.6 km (Puerto Naranjitos), el 25 de febrero un día antes de los deslizamientos se registraron lluvias que alcanzaron los **19.9 mm/día**, y días previos el 8 y 19 por encima de 10.0 mm/día, lo cual es alto para la zona y fue humedeciendo el suelo (Cuadro 02 y figura 26).

Cuadro 02. Datos de precipitaciones pluviales durante el Niño Costero en la zona de estudio.

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	2019																											
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)	0.1	0.3	6.6	7.2	2.4	1.5	4.7	11.3	9.1	0.0	0.4	7.2	0.0	0.0	5.6	0.0	0.0	2.7	18.0	5.4	0.5	0.1	0.1	1.2	19.9	0.0	0.0	0.0

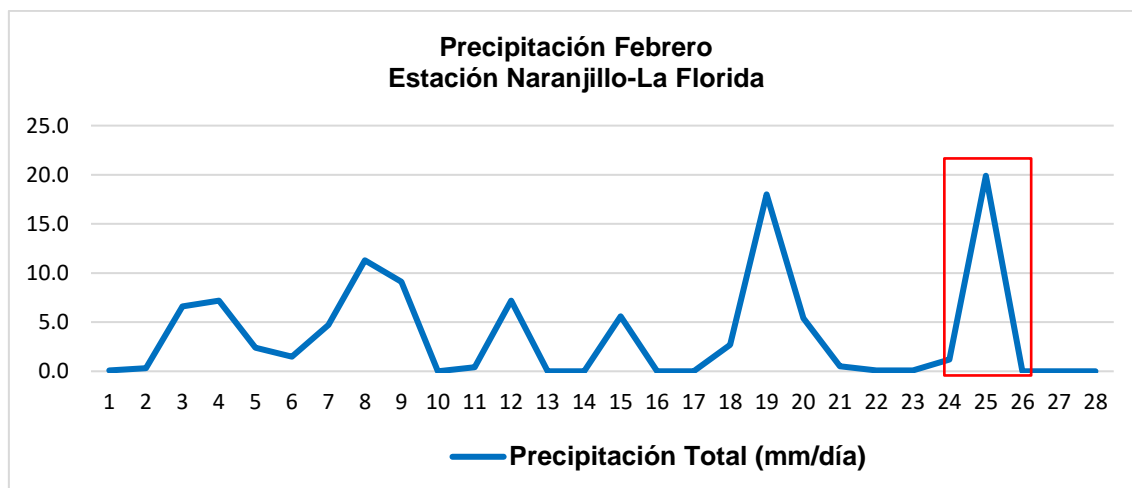


Figura 26. Precipitaciones registradas durante el mes de febrero.

Fuente: SENAMHI / DRD

* Datos sin control de calidad.

8. ZONA DE REUBICACIÓN

Los procesos de remoción en masa se desarrollan a escasos metros de las viviendas ubicadas al oeste del área urbana, es por ello que, se recomienda la inmediata reubicación de las mismas, con la finalidad de evitar daños a personas e infraestructura. Los puntos de probable reubicación se encuentran en las siguientes coordenadas (cuadro 03 y figura 27):

Cuadro 03. Polígonos propuestos para reubicación

Denominación	Código	Norte	Este
Zona de Reubicación	ZR-01	9360170	800567
Zona de Reubicación		9360253	800662
Zona de Reubicación		9360195	800713
Zona de Reubicación		9360123	800626
Zona de Reubicación	ZR-02	9359894	800532
Zona de Reubicación		9359804	800579
Zona de Reubicación		9359713	800543
Zona de Reubicación		9359751	800467

Las zonas se encuentran a 237 m y 204 m al este del área afectada por los deslizamientos, tiene un relieve con pendientes llanas a suavemente inclinadas.

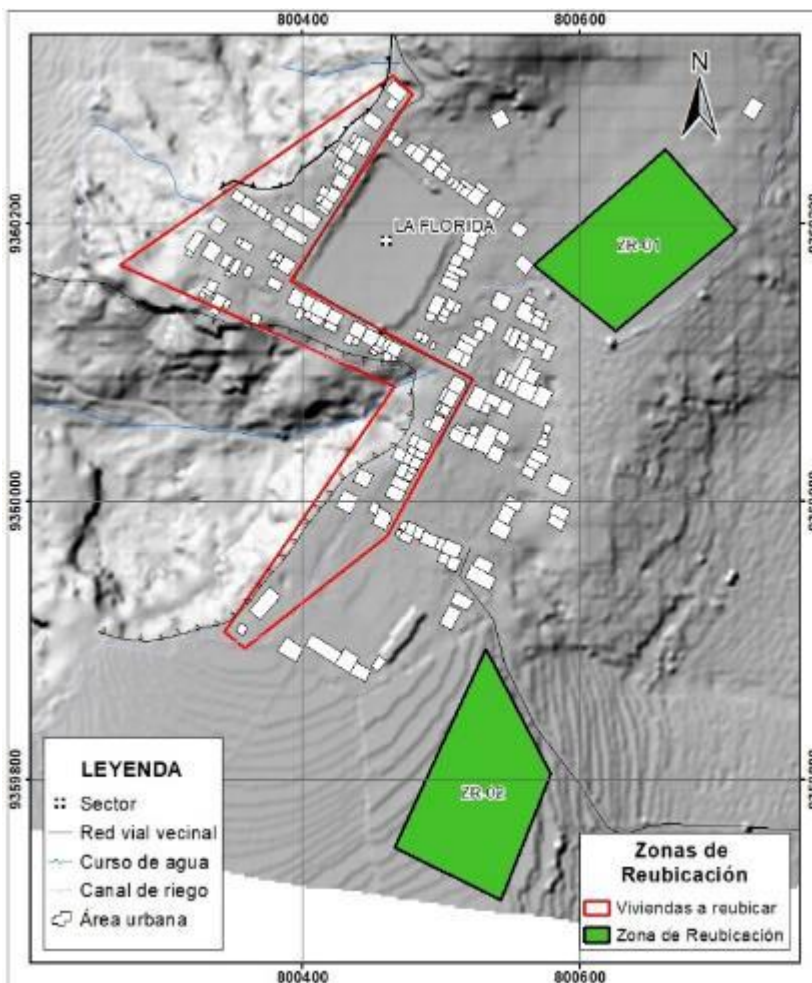


Figura 27. Zonas para reubicación.

Para habilitar la probable área de reubicación temporal o definitiva se deben tener las siguientes consideraciones:

- Realizar estudios de suelos para caracterizar las mejores condiciones de cimentación del área disponible.
- Construir un drenaje pluvial, para evitar la infiltración de agua hacia el subsuelo.
- Los cortes de ladera próximos a esta área tendrán que realizarse con dirección técnica especializada.

9. PROPUESTAS DE MEDIDAS PREVENTIVAS Y CORRECTIVAS

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.

9.1. Medidas estructurales para captación de flujos de escorrentía

9.1.1. 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 28).

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.

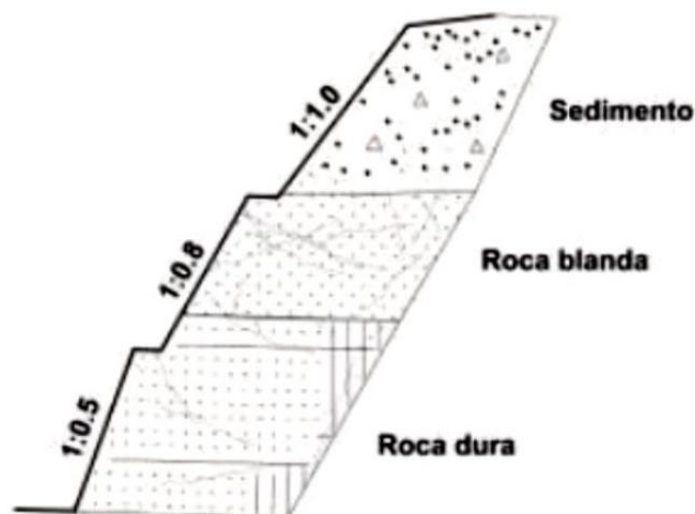


Figura 28. Condiciones de terreno y forma de taludes (JICA, 2004)

9.2. Medidas estructurales para control de cárcavas

Las cárcavas son el resultado de la erosión superficial, precedida por la erosión en forma de salpicadura, laminar y en surcos; al aumentar el volumen de escorrentía o su velocidad. En muchos casos estas formas de erosión alcanzan estados de gran avance y desarrollo, de difícil control posterior.

Considerando las condiciones geomorfológicas-geológicas y los peligros geológicos evaluados se debe llevar un manejo adecuado de conservación de suelos cuyos 3 principios fundamentales son:

- Reducir la velocidad de la escorrentía que define la energía con la cual se transportan y emplazan los materiales.
- Favorecer la infiltración del agua.
- Crear cobertura vegetal.

Las medidas de prevención y mitigación, son las siguientes:

- Mejorar el sistema de drenaje de aguas pluviales de la zona urbana de La Florida, evacuando sus aguas hacia otras quebradas.
- Permitir el crecimiento de la cobertura vegetal nativa a lo largo de la cárcava y en las zonas circundantes a ella (figura 29), y de esta manera asegurar su estabilidad, así como la disipación de la energía de las corrientes concentradas en los lechos de las cárcavas.
- Promover el desarrollo de programas de control y manejo de cárcavas sobre la base de diques o trinchos transversales construidos con materiales propios de la región como troncos, ramas, etc. (figuras 30, 31 y 32).
- Manejo agrícola: evitar riegos en exceso, estos deben ser cortos y frecuentes, de modo que limiten la infiltración y la retención en la capa superficial del suelo en contacto con los cultivos. Lo recomendable es evitar todo tipo de cultivo en las laderas.
- En las partes altas se debe favorecer el cultivo de plantas que requieran poca agua y proporcionen una buena cobertura del terreno para evitar el impacto directo de la lluvia sobre el terreno.
- El desarrollo de vegetación natural (pastos, malezas, arbustos, árboles) contribuye a atenuar el proceso de incisión rápida del terreno; no obstante, este seguirá produciéndose en forma lenta hasta alcanzar el equilibrio natural entre el suelo y la vegetación nativa.
- Realizar un monitoreo diario del movimiento de los deslizamientos y ocurrencia de derrumbes, con el fin de estar prevenidos.

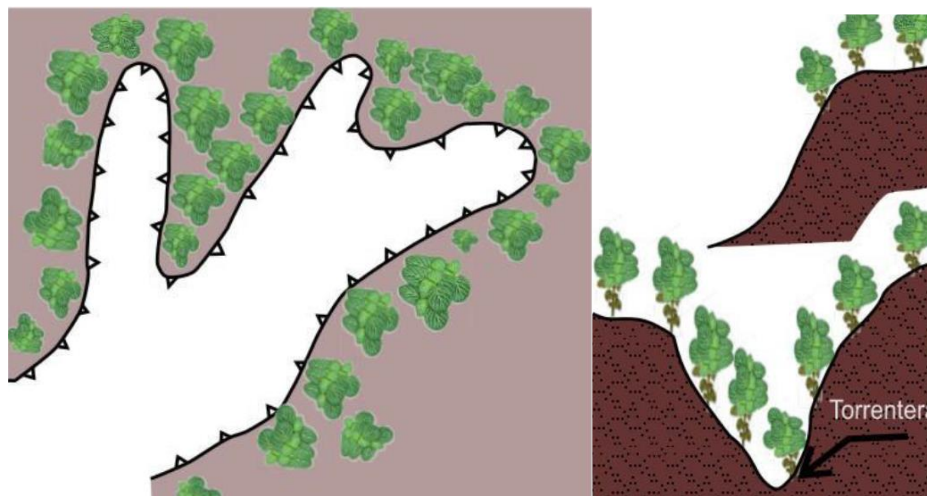
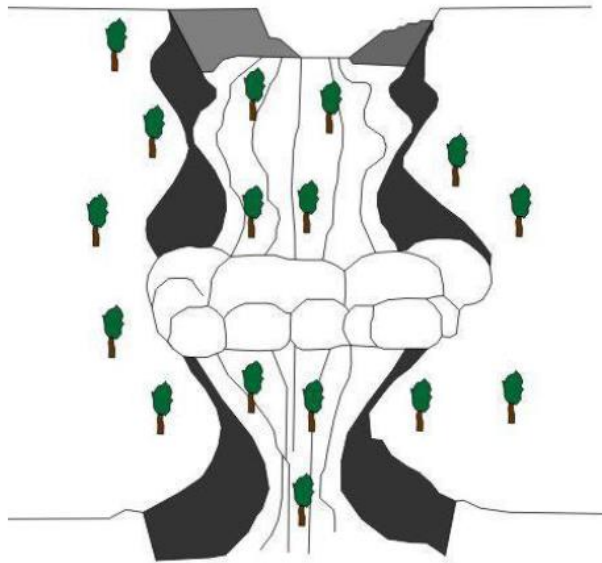
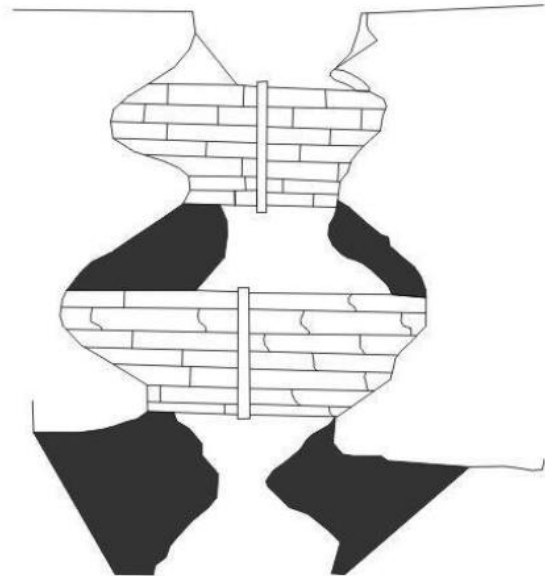


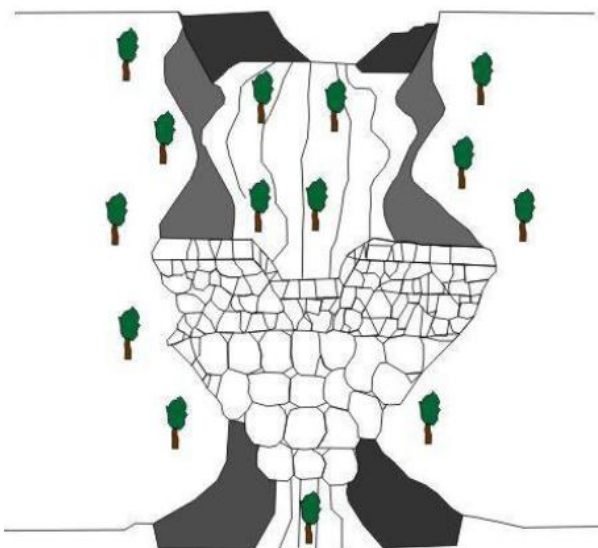
Figura 29. Vista en planta y perfil de los procesos de forestación en cabeceras y márgenes de las áreas inestables.



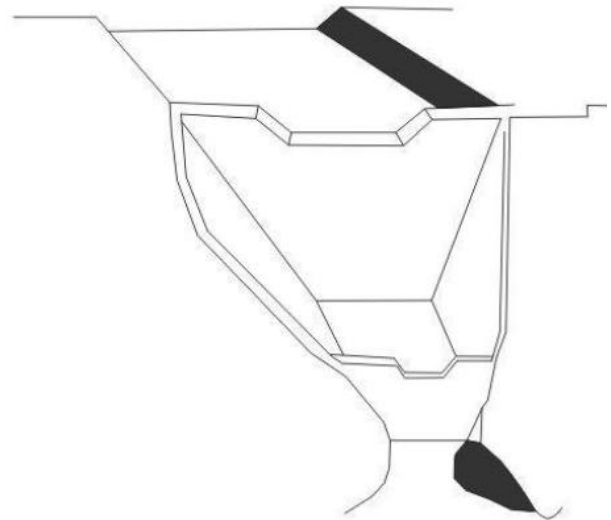
Protección transversal con empedrado



Trinchos de madera



Dique de gaviones, vertedero y lecho de disipación



Obra de concreto

Figura 30. Obras hidráulicas transversales para el control de erosión en cárcavas.

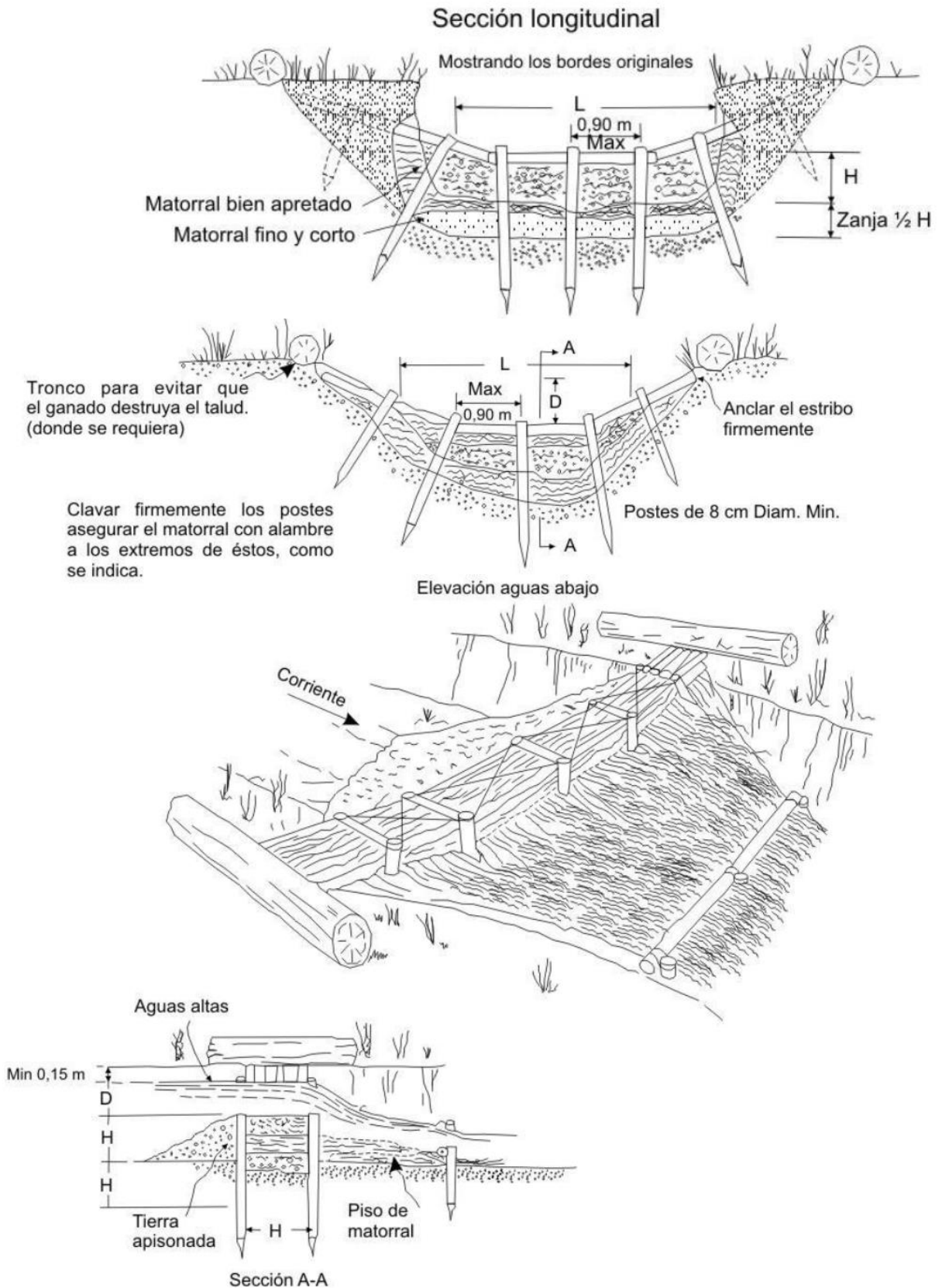


Figura 31. Presa de matorral tipo doble hilera de postes

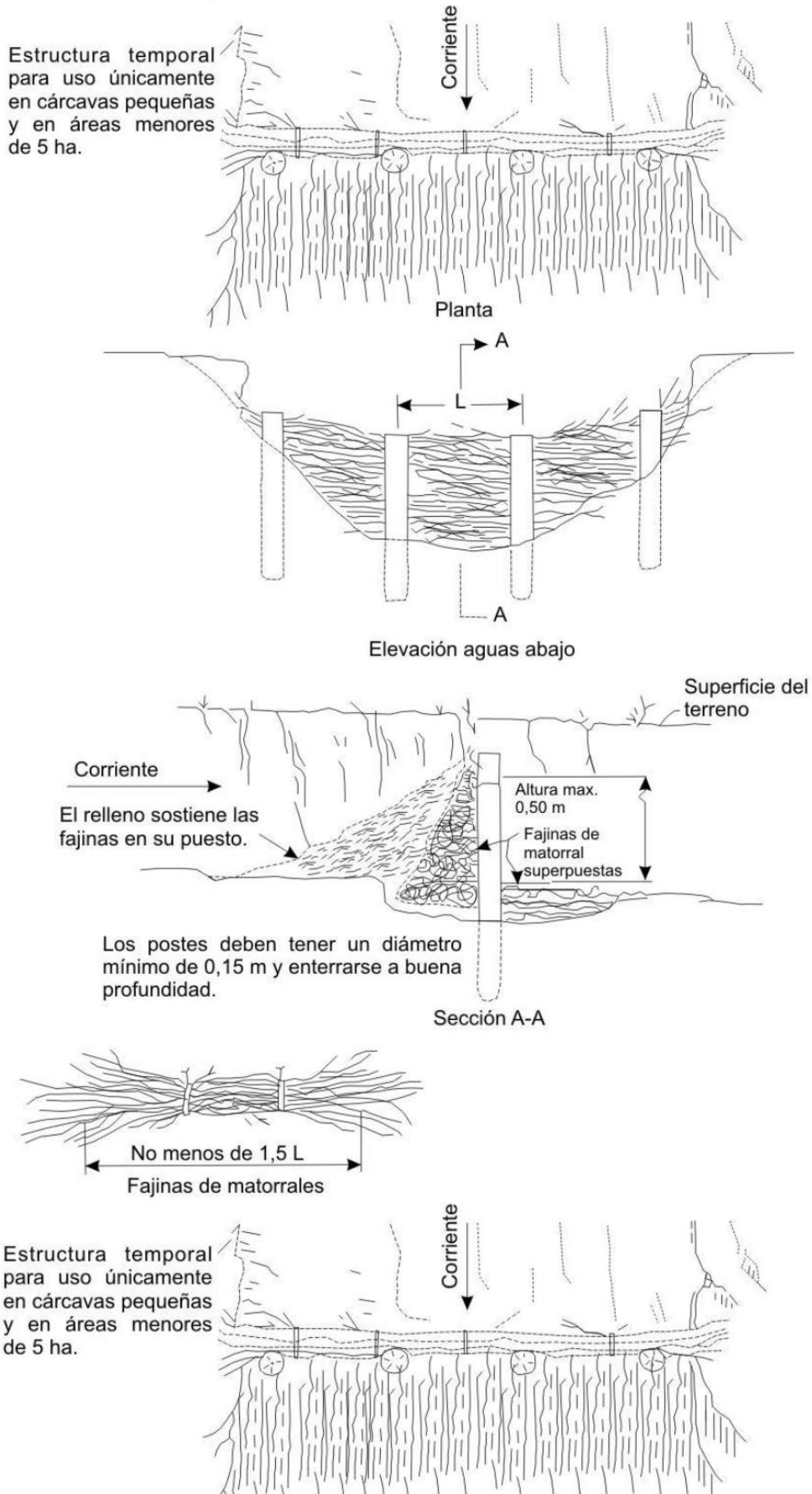


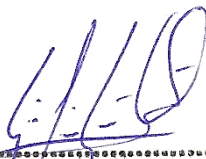
Figura 32. Presas de matorral tipo una hilera de postes (adaptado de Valderrama et al., 1964)

CONCLUSIONES

- a) En las inmediaciones del área urbana de La Florida afloran arcillitas, limolitas y margas con intercalaciones de calizas, tobas y areniscas con un intenso fracturamiento correspondientes a la Formación Sambimera, en conjunto este tipo de litología al erosionarse forma suelos susceptibles a procesos de remoción en masa. Los depósitos que constituyen la cobertura aluvial, están conformados por arcillas arenosas poco compactas susceptibles a la erosión por escorrentía superficial.
- b) El área urbana del centro poblado La Florida se asienta sobre una lomada con pendientes menores a 10°, al norte se ubica el cerro conocido como Corralitos con pendientes mayores a 35° y que forma una colina en rocas sedimentarias que alcanza elevaciones de hasta 800 m s.n.m. Hacia el este y oeste la geodinámica de la zona de estudio ha dado origen a los abanicos aluviales que descienden hasta 594 m s.n.m.
- c) La caracterización geológica y geodinámica de la zona, ha definido los procesos de remoción en masa como **DESLIZAMIENTOS RETROGRESIVOS EN ESTADO ACTIVO**. Se identificó escarpes antiguos y recientes que alcanzan en promedio más de 200 m de longitud, mientras que, los cuerpos de los deslizamientos superan los 100 m de largo y 70 m de ancho, los saltos de falla presentan desniveles de 1 m a 10 m de alto.
- d) Las precipitaciones registradas durante el mes de febrero del 2019 sobresaturaron los sedimentos del cuerpo del deslizamiento y originó un flujo de lodo, que se desplazó hasta los cultivos ladera abajo. Cabe destacar que, la dinámica de los deslizamientos antiguos y procesos de erosión data desde el año 1998-2000 relacionado a la presencia de Fenómenos El Niño y recientemente con el Niño Costero 2017.
- e) Existen grietas longitudinales que conservan la misma dirección de emplazamiento de los escarpes lo que indica el avance retrogresivo de los deslizamientos hacia la zona urbana.
- f) La escorrentía superficial en temporada de lluvias intensas origina erosión de laderas tipo cárcavas, estos procesos se encuentran en estadios jóvenes o recientes, al avanzar afectarían el perímetro del área urbana alcanzando la cancha de fútbol.
- g) Debido a las condiciones geológicas y geomorfológicas, se considera que el centro poblado La Florida 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 que sobrepasen los parámetros normales de precipitación en la zona.

RECOMENDACIONES

- a) Reubicar de forma inmediata las viviendas e infraestructura próximas al escarpe del deslizamiento principal DR-01 y DR-02, por están en **peligro muy alto**.
- b) No permitir la construcción de nuevas viviendas próximas a los escarpes de los deslizamientos o cárcavas identificadas.
- 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.
- d) Construir las medidas de mitigación estructural como: banquetas, drenajes dendríticos, barreras y canales para el adecuado manejo de la escorrentía superficial con el objetivo de conducir adecuadamente el agua proveniente de la parte alta de la ladera, impermeabilizar el mayor porcentaje de superficie y evitar la pérdida de suelo.
- e) Construir cunetas a lo largo de las vías o calles con la finalidad de evitar que el agua de escorrentía proveniente de temporada de lluvias descienda rápidamente ocasionando erosión en la superficie.
- f) Realizar el seguimiento y mantenimiento del control de erosión de laderas, manteniendo la vigilancia permanente al conjunto de obras dispuestas para el control de la erosión, prolongar su vida útil y determinar la funcionalidad de las medidas adoptadas.
- g) Se deben de rellenar e impermeabilizar las cárcavas adyacentes a la zona con el objetivo de evitar la infiltración del agua al subsuelo y la erosión de ladera.
- h) Sensibilizar a la población a fin de evitar asentamientos cerca de los deslizamientos, flujos y cárcavas.


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


César Augusto Chacaltana Budiel
Director de Geología Ambiental y Riesgo Geológico

REFERENCIAS

- Casalí, J.; Giménez, R. (Eds.); 2007. Progress in gully erosion research. Universidad Pública de Navarra. Pamplona.
- 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.
- Faustino, J. (1985). CATIE. Proyecto regional de manejo de cuencas. Conservación de suelos. Curso de capacitación. Panamá.
- Gómez, H. & Pari, W. (2020) - Peligro geológico en la región Puno. INGEMMET, Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, 77, 236 p., 9 mapas.
- IDESEP (2017). Infraestructura de datos espaciales del SENAMHI-2017.
- OSTERKAMP, W.R. (2008) Annotated Definitions of Selected Geomorphic Terms and Related Terms of Hydrology, Sedimentology, Soil Science and Ecology, USGS Open file Report 2008-1217, Reston, Virginia.
- 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.
- Rivera, J.H.; Sinisterra, J.A.; Calle; Z. (2007). Restauración ecológica de suelos degradados por erosión en cárcavas en el enclave xerófito de Dagua, Valle del Cauca, Colombia. Fundación CIVAP.
- Rosenberg, M (2020). Differences Between Hills and Mountains. Retrieved. <https://www.thoughtco.com/difference-between-hill-and-mountain-4071583>.
- 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.

- Valderrama, L. Montenegro, E. y Galindo, J. (1964). Reconocimiento Forestal del Departamento de Cundinamarca. Departamento Agrológico. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Bogotá. 86 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).