

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

**Informe Técnico N° A7130**

# EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR MOVIMIENTOS EN MASA EN EL ÁREA URBANA DE MONTERO, SECTOR LOJA Y LAS QUEBRADAS JUAN PABLO II, LA ESPERANZA Y MARMAS

Región Piura  
Provincia Ayabaca  
Distrito Montero



MARZO  
2021

## **EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR MOVIMIENTOS EN MASA EN EL ÁREA URBANA DE MONTERO, SECTOR LOJA Y LAS QUEBRADAS JUAN PABLO II, LA ESPERANZA Y MARMAS, PROVINCIA DE AYABACA, REGIÓN PIURA**



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

*Equipo de investigación:*

*Cristhian Chiroque Herrera y Luis León Ordáz*

### **Referencia bibliográfica**

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2020). Evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa en el área urbana de Montero, sector Loja y las quebradas Juan Pablo II, La Esperanza y Marmas. Provincia de Ayabaca, región Piura. Lima: INGEMMET, Informe Técnico A7130, 50p.

## ÍNDICE

<b>RESUMEN</b> .....	1
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	2
<b>1.1. Objetivos del estudio</b> .....	2
<b>1.2. Antecedentes y trabajos anteriores</b> .....	3
<b>1.3. Aspectos generales</b> .....	4
1.3.1. UBICACIÓN .....	4
1.3.2. ACCESIBILIDAD .....	5
<b>2. ASPECTOS GEOLÓGICOS</b> .....	5
<b>2.1. Unidades litoestratigráficas</b> .....	6
2.1.1. FORMACIÓN SAN LORENZO (Ki-vsI) .....	6
2.1.2. FORMACIÓN LA BOCANA MIEMBRO MEDIO (Ks-bm).....	7
2.1.3. DEPÓSITOS ALUVIALES (Q-al) .....	8
2.1.4. DEPÓSITOS FLUVIALES (Q-fl).....	8
<b>3. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS</b> .....	9
<b>3.1. Modelo digital de elevaciones (MDE)</b> .....	9
<b>3.2. Pendientes del terreno</b> .....	10
<b>3.3. Unidades geomorfológicas</b> .....	10
3.3.1. GEOFORMAS DE CARÁCTER TECTÓNICO DEGRADACIONAL Y EROSIONAL.....	11
3.3.2. GEOFORMAS DE CARÁCTER DEPOSITACIONAL Y AGRADACIONAL ...	12
<b>4. PELIGROS GEOLÓGICOS</b> .....	14
<b>4.1. Peligros geológicos por movimientos en masa</b> .....	14
<b>4.2. Deslizamientos antiguos en el área urbana del distrito de Montero</b> .....	14
4.2.1. CARACTERÍSTICAS VISUALES DE LOS EVENTOS.....	15
<b>Deslizamiento antiguo 01 (DAN-01)</b> .....	15
<b>Deslizamiento antiguo 02 (DAN-02)</b> .....	17
<b>Deslizamiento antiguo 03 (DAN-03)</b> .....	18
<b>4.3. Deslizamientos recientes en el área urbana de Montero</b> .....	20
4.3.1. CARACTERÍSTICAS VISUALES DE LOS EVENTOS.....	20

<b>Deslizamiento reciente 01 (DR-01)</b> .....	20
<b>4.4. Flujo de detritos en las quebradas La Esperanza y Juan Pablo II</b> .....	22
4.4.1. CARACTERÍSTICAS VISUALES DEL EVENTO .....	22
<b>Flujos en las quebradas La Esperanza y Juan Pablo II</b> .....	23
<b>4.5. Flujos de detritos en la quebrada Marmas</b> .....	24
4.5.1. CARACTERÍSTICAS VISUALES DEL EVENTO .....	25
<b>Flujos en la quebrada Marmas</b> .....	25
<b>4.6. Reptación de suelos</b> .....	26
4.6.1. CARACTERÍSTICAS VISUALES DEL EVENTO .....	27
<b>4.7. Análisis multitemporal de imágenes satelitales</b> .....	29
<b>4.8. Factores condicionantes</b> .....	30
4.8.1. Litología .....	30
4.8.2. Pendientes.....	32
<b>4.9. Factores desencadenantes</b> .....	33
4.9.1. Lluvias intensas durante el Niño Costero .....	33
<b>4.10. Factores antrópicos</b> .....	34
4.10.1. Acequia Marmas.....	34
4.10.2. Cementerio Montero .....	34
<b>4.11. Daños por peligros geológicos</b> .....	35
4.11.1. Viviendas .....	35
4.11.2. Vías de acceso .....	36
<b>5. CONCLUSIONES</b> .....	37
<b>6. RECOMENDACIONES</b> .....	38
<b>7. BIBLIOGRAFÍA</b> .....	39
<b>ANEXO 1: MAPAS Y PERFILES</b> .....	41
<b>ANEXO 2: GLOSARIO</b> .....	45

## RESUMEN

El presente informe técnico es el resultado de la evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa en el sector Loja y las quebradas Juan Pablo II, La Esperanza y Marmas que forman parte del área urbana de Montero, que pertenecen a la jurisdicción de la Municipalidad Distrital de Montero, provincia de Ayabaca, región Piura. Con este trabajo, el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico – INGEMMET, cumple con una de sus funciones que consiste en brindar asistencia técnica de calidad e información actualizada, confiable, oportuna y accesible en geología en los tres niveles de gobierno (distrital, regional y nacional).

En el área urbana de Montero afloran calizas lodolíticas y margas intercaladas con niveles tobáceos correspondientes a la Formación La Bocana, estas rocas se encuentran fuertemente fracturadas e intensamente meteorizadas con baja resistencia y alto contenido de humedad. Los depósitos Cuaternarios de tipo aluvial, están conformados gravas angulosas en una matriz limo arenosa con contenido de arcillas constituyendo zonas susceptibles a deslizamientos.

La zona de estudio está dominada por montañas en rocas volcánico-sedimentarias de origen tectónico-degradacional y erosional, estas geoformas delimitadas al noroeste del área urbana de Montero tienen pendientes fuertes a muy fuertes que han condicionado la ocurrencia de deslizamientos antiguos. El área urbana de Montero se asienta sobre un piedemonte coluvio deluvial de origen depositacional y agradacional con pendientes fuertes, moderadas a suavemente inclinadas hacia el noreste en el sector La Esperanza. El cauce de la quebrada Marmas se distribuye de noreste a suroeste por donde descienden los flujos de detritos y lodos en temporada de lluvias extraordinarias. Los movimientos en masa como los deslizamientos identificados, están condicionados por las pendientes fuertes a muy fuertes del terreno, conjuntamente con la litología altamente meteorizada y fracturada.

El área urbana de Montero presenta evidencias de antiguos deslizamientos que se distribuyen entre los sectores Loja y La Esperanza. Los deslizamientos recientes afectan más de 12 viviendas y terrenos de cultivos con presencia de grietas y formación de escarpes que indican procesos de reactivación. Los flujos de detritos y lodos de menor a mayor magnitud descienden por las quebradas Juan Pablo II, La Esperanza y Marmas, los flujos se activaron el 25 de marzo del 2017 afectando viviendas, terrenos de cultivos y vías de acceso.

Se concluye que, el área de evaluación es considerada de **Peligro Alto** a la ocurrencia de deslizamientos, flujos y reptación, que pueden ser desencadenados en la temporada de lluvias (octubre a marzo) y eventos anómalos como El Niño y Niño Costero; así como sismos.

Se recomienda impermeabilizar con PVC o geomembrana las acequias y canales que rodean la ciudad, realizar estabilización de laderas en los escarpes de los deslizamientos recientes, mejorar el sistema de drenaje de vías, calles y trochas carrozables para evitar la sobresaturación de laderas inestables susceptibles a movimientos en masa.

## INTRODUCCIÓN

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

Atendiendo la solicitud de la Municipalidad Distrital de Montero, según Oficio N° 059-2020-MDM/A, es en el marco de nuestras competencias que se realiza una evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa de tipo “deslizamientos, flujos de detritos y procesos de reptación”, ocurridos el día sábado, 25 de marzo de 2017 que afectó viviendas en el área urbana de Jililí, los trabajos de campo se realizaron los días 05 y 06 de noviembre.

La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del INGEMMET designó a los ingenieros Cristhian Chiroque Herrera y Luis León Ordáz para realizar la evaluación geológica, geomorfológica y geodinámica de los peligros geológicos que afectan el área urbana e infraestructura vital.

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

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

### 1.1. Objetivos del estudio

El presente trabajo tiene como objetivos:

- a) Identificar, tipificar y caracterizar los peligros geológicos por movimientos en masa que se desarrollan en el área urbana de Jililí y los sectores Bella Vista y El Limón, procesos geodinámicos que pueden comprometer la seguridad física de la población, viviendas, obras de infraestructura y vías de comunicación.
- b) Determinar los factores condicionantes y desencadenantes que influyen en la ocurrencia de movimientos en masa.
- c) Emitir las recomendaciones generales para la reducción o mitigación de los daños que puedan causar los peligros geológicos identificados.

## 1.2. Antecedentes y trabajos anteriores

Existen trabajos previos y publicaciones del INGEMMET relacionados a temas de geología y geodinámica externa de los cuales destacan los siguientes:

- A) Informe: “Evaluación geológica de las zonas afectadas por El Niño Costero 2017 en la Región Piura” (Vílchez et al., 2017). Se adjunta un cuadro de zonas afectadas donde se incluye el área urbana de Montero y la principal vía de acceso.
  
- B) Informe A6787: “Peligros geológicos y geo-hidrológicos detonados por el Niño Costero 2017 en la región Piura: análisis geológico, geomorfológico y de peligros en la ciudad de Piura y centros poblados afectados por inundación en el tramo comprendido entre la presa Los Ejidos y la Unión” (2017). El año 2017, en la zona costera central y norte del Perú se presentó un evento climático excepcional denominado “Niño Costero”, que ocasionó fuertes precipitaciones pluviales que activaron varios movimientos en masa en la región Piura. El Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico a través de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico, como parte de sus funciones inherentes a la contribución como ente técnico-científico parte del Sistema Nacional de Gestión de Riesgo de Desastres (SINAGERD); evaluó y elaboró el inventario y caracterización de zonas afectadas por peligros geológicos, realizando un estudio de mayor detalle en la zona más afectada en la región Piura. Este estudio actualizó el mapa de susceptibilidad a movimientos en masa de la región Piura a escala 1:100 000, este mapa fue obtenido mediante la metodología heurística, que implica la superposición de capas o mapas de factores condicionantes, mediante un geoprocésamiento en GIS, en la generación de los respectivos peligros obteniéndose una zonificación del peligro (figura 01). El mapa de susceptibilidad fue utilizado para referenciar los eventos geodinámicos identificados relacionándolos con las geoformas de pendientes fuertes a muy fuertes.
  
- C) Boletín N° 39, serie A, Carta Geológica Nacional: “Geología de los cuadrángulos de Las Playas, La Tina, Las Lomas, Ayabaca, San Antonio, Morropón, Huancabamba, Olmos y Pomahuaca 13-d, 13-e, 13-f, 14-d, 14-e, 14-f, 14-g, 15-d, 15-e (1987). Se describe la geología a escala 1: 100,000, donde afloran el Volcánico Lancones y litología del Grupo San Pedro, estas litoestratigrafías fueron actualizadas en el cuadrángulo a escala 1: 50, 000.
  
- D) Mapa geológico del cuadrángulo de Ayabaca 10d4 (Jaimes et al., 1999). Este mapa a escala 1: 50, 000, describe las principales unidades litoestratigráficas conformadas por calizas y margas de la Formación La Bocana. Al este y sureste del distrito de Montero afloran lavas y andesitas basálticas con niveles brechosos de la Formación San Lorenzo.

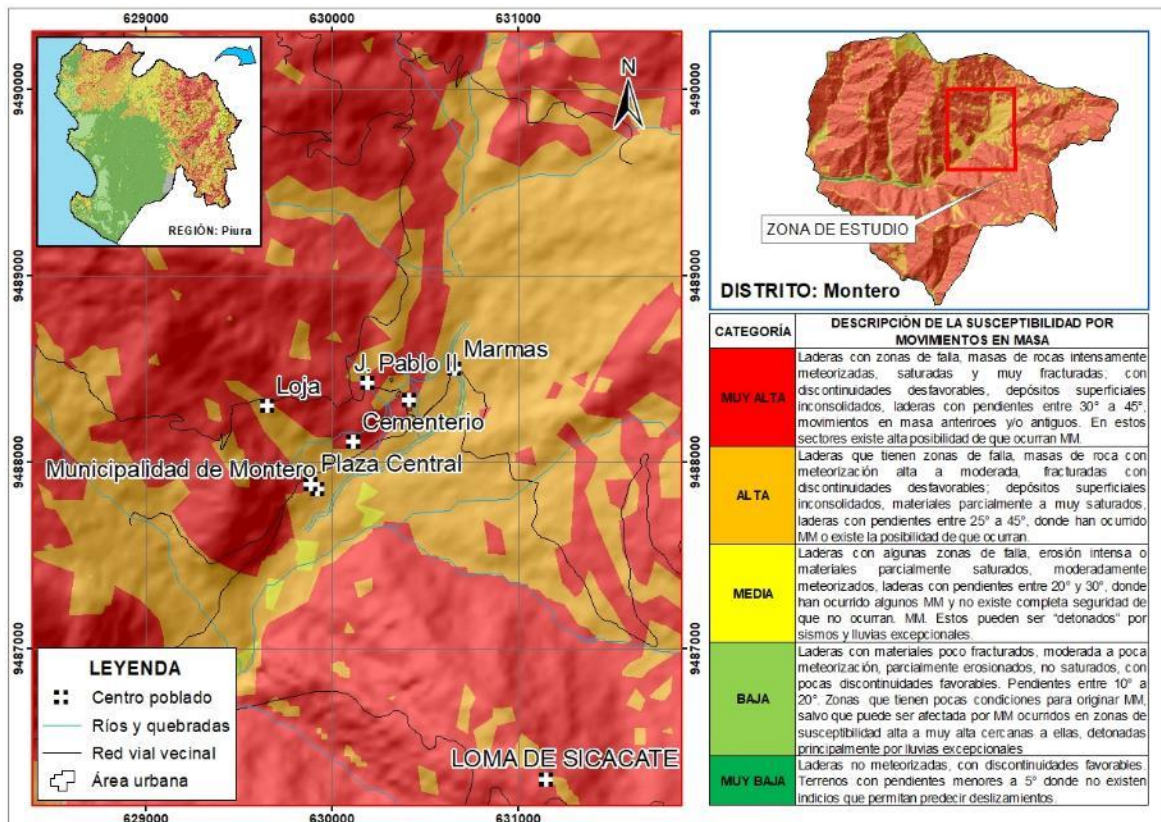


Figura 01. Mapa de susceptibilidad a movimientos en masa a escala 1:100 000 de la zona de evaluación (Vílchez et al., 2017).

### 1.3. Aspectos generales

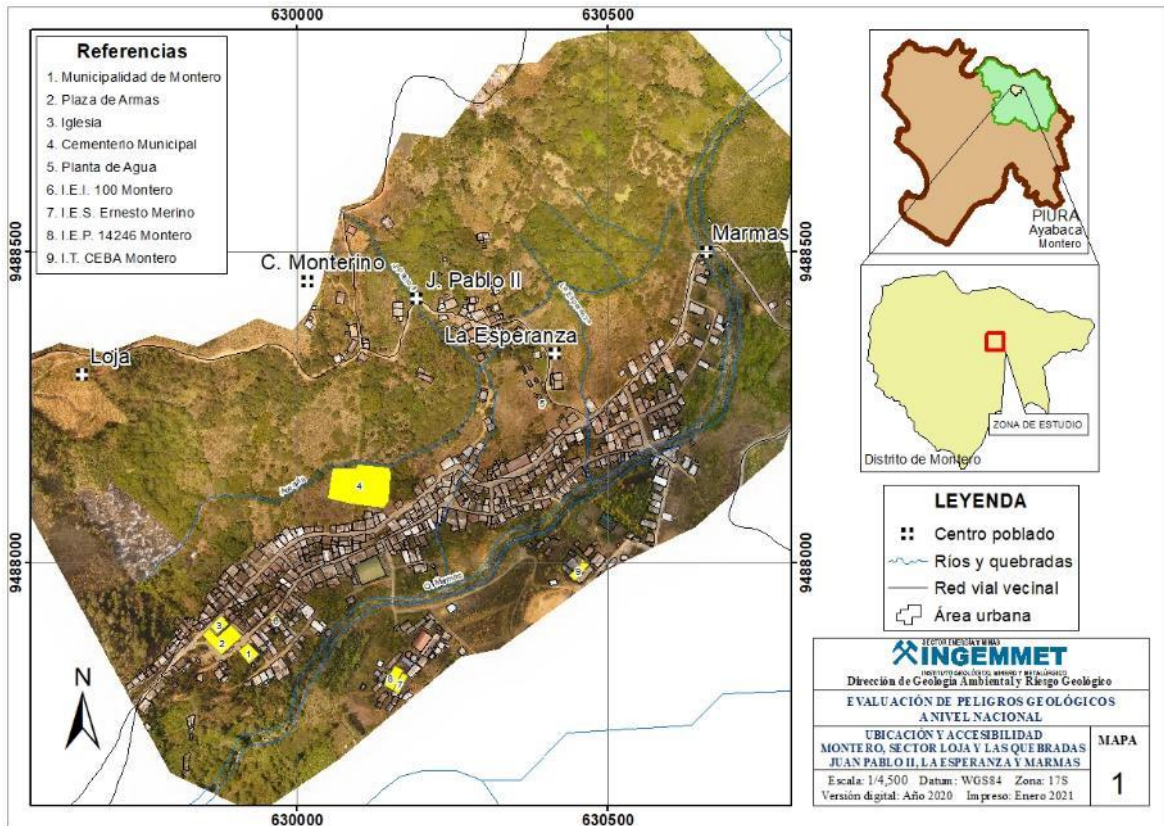
#### 1.3.1. UBICACIÓN

El área urbana de Montero se ubica a 153 km al noreste de la ciudad de Piura, Montero pertenece al distrito del mismo nombre, provincia de Piura, región Piura (figura 02), en las coordenadas UTM (WGS84 – Zona 17S) siguientes:

Cuadro 01. Coordenadas del área de evaluación

N°	UTM - WGS84 - Zona 17L		Geográficas	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
1	629420	9488894	-4.62°	-79.83°
2	630833	9487609	-4.62°	-79.82°
3	630833	9487609	-4.63°	-79.82°
4	629420	9487609	-4.63°	-79.83°
<b>COORDENADA CENTRAL DE LA ZONA EVALUADA O EVENTO PRINCIPAL</b>				
C	630128	9488265	-4.62°	-79.82°





**Figura 02.** Ubicación del área de estudio, sectores Loja y las quebradas Juan Pablo II y Marmas.

### 1.3.2. ACCESIBILIDAD

El acceso a la zona se realizó vía terrestre desde la ciudad de Lima mediante la siguiente ruta:

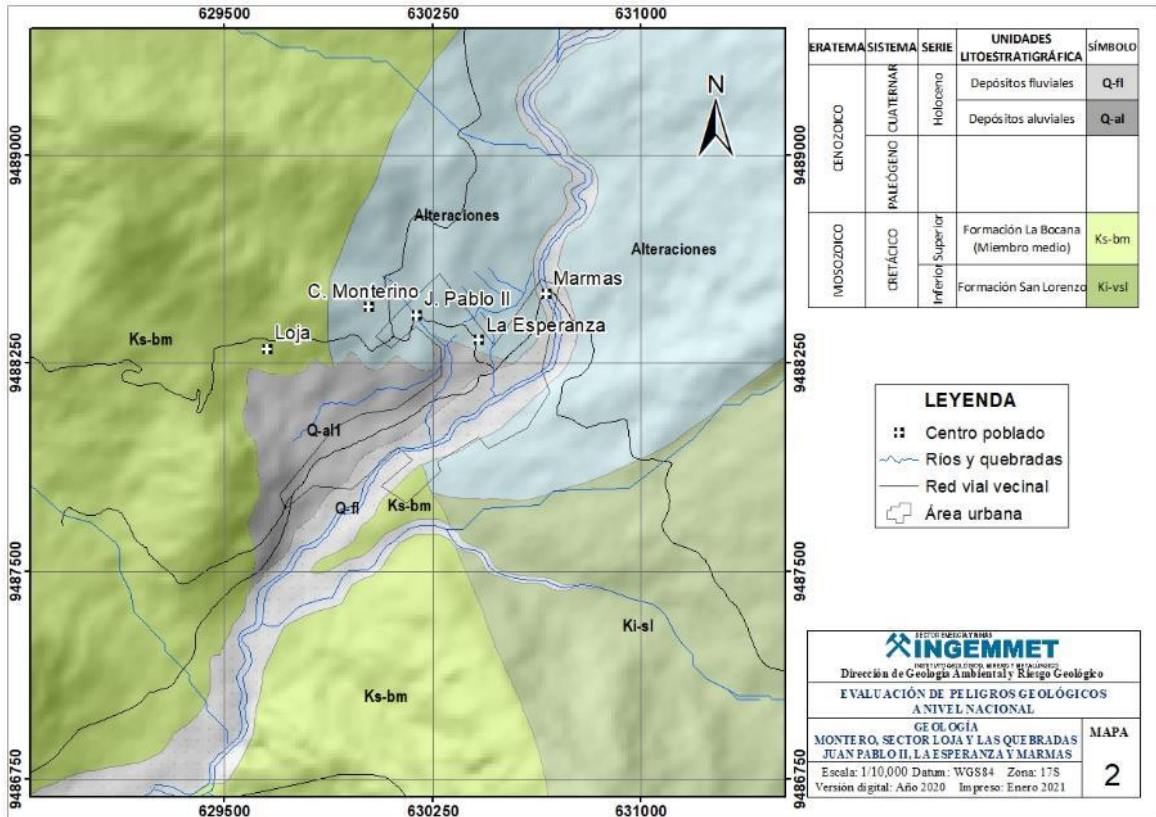
**Cuadro 02.** Rutas y accesos a la zona evaluada

Ruta	Tipo de vía	Distancia (km)	Tiempo estimado
Lima – Chiclayo	Asfaltada	770	12 h 31 min
Chiclayo – Piura	Asfaltada	215	3 h 15 min
Piura – Paimas – Puente Paraje	Asfaltada	156	2 h 40 min
Puente Paraje – Montero	Trocha carrozable	14.1	30 min

## 2. ASPECTOS GEOLÓGICOS

El análisis geológico se desarrolló en base al cuadrángulo geológico de Ayabaca hoja 10-d4 a escala 1:50 000 (Jaimes et al., 1999). Además, se realizó la interpretación de imágenes satelitales, fotos aéreas y observaciones de campo.

En las inmediaciones del área urbana de Montero afloran calizas y margas en estratos delgados intercaladas con niveles tobáceos correspondientes a la Formación La Bocana. Al sureste afloran lavas y andesitas basálticas con niveles brechosos de la Formación San Lorenzo. Los depósitos fluviales se distribuyen a lo largo del cauce de la quebrada Marmas (figura 03).



**Figura 03.** Geología del cuadrángulo de Montero y la zona de evaluación a escala 1:50 000 (Jaimes et al., 1999).

## 2.1. Unidades litoestratigráficas

A continuación, se describen las características litológicas locales de los afloramientos en la zona de estudio:

### 2.1.1. FORMACIÓN SAN LORENZO (Ki-vs1)

Son afloramientos de lavas basálticas y andesitas basálticas muy fracturadas y meteorizadas con estructuras amigdalares, interestratificado con niveles brechosos. Esta litología se distribuye al sureste y este de centro urbano del distrito de Montero y se proyecta muy cerca al área urbana del distrito de Jililí (fotografía 01).



**Fotografía 01.** Andesitas sobre las que se asientan los muros de contención en la margen derecha de la quebrada Marmas, coordenadas: 9488136N, 630465E.

#### 2.1.2. FORMACIÓN LA BOCANA MIEMBRO MEDIO (Ks-bm)

Las secuencias sedimentarias La Bocana Miembro Medio afloran en las inmediaciones del área urbana de Montero, están conformadas por calizas lodolíticas, margas grises oscuras laminadas, intercaladas con calizas color gris en estratos delgados y algunos niveles tobáceos. Estas rocas se encuentran fuertemente fracturadas e intensamente meteorizadas, con presencia de humedad (fotografía 02).



**Fotografía 02.** Secuencia de calizas lodolíticas y margas en el cerro El Monterino, toma de muestra en las coordenadas 9488321N y 629489E.

### 2.1.3. DEPÓSITOS ALUVIALES (Q-al)

Están constituidos por clastos, gravas, arenas y limos. Los clastos son de diferentes tamaños, subredondeados, con una matriz limo-arcillosa, intercalados con niveles arenosos, secuencias poco compactas y muy húmedas. Esta cobertura tiene espesores variables y se distribuye a ambas márgenes de la quebrada Marmas (fotografía 03).



**Fotografía 03.** Materiales aluviales ubicados en las coordenadas 9488239N y 629407E.

### 2.1.4. DEPÓSITOS FLUVIALES (Q-fl)

Están constituidos por clastos y gravas subredondeadas con arenas gruesas. Estos materiales están distribuidos a lo largo del cauce de la quebrada Marmas, tiene aportantes de materiales finos como limos y arcillas que provienen desde las laderas y que son transportados por la escorrentía en temporada de lluvias. Esta cobertura tiene espesores variables y se distribuye a ambas márgenes de la quebrada Marmas (fotografía 04).



**Fotografía 04.** Clastos y gravas en el cauce de la quebrada Marmas, coordenadas 9488894N y 630779E.

### 3. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

Para el análisis de la geomorfología, la brigada de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (DGAR) realizó el levantamiento fotogramétrico con drones, de donde se obtuvo el modelo digital de terreno con una resolución (GSD) de 5 cm por pixel. Esta información se complementó con el análisis de imágenes satelitales y el análisis de la morfometría del relieve en los trabajos de campo.

#### 3.1. Modelo digital de elevaciones (MDE)

La zona de estudio se distribuye sobre un relieve con elevaciones entre 1024 m s.n.m y 1286 m s.n.m; mientras que, el área urbana del centro poblado Montero se asienta sobre superficies con elevaciones entre 1024 m s.n.m y 1075 m s.n.m. Las máximas elevaciones se ubican al noreste con superficies que sobrepasan los 1500 m de altitud. Los deslizamientos se desarrollan desde los 1150 m de altitud con desniveles que descienden hasta 1100 m. Hacia el suroeste de la zona urbana se encuentran las cotas más bajas llegando a descender hasta 1000 m (figura 04).

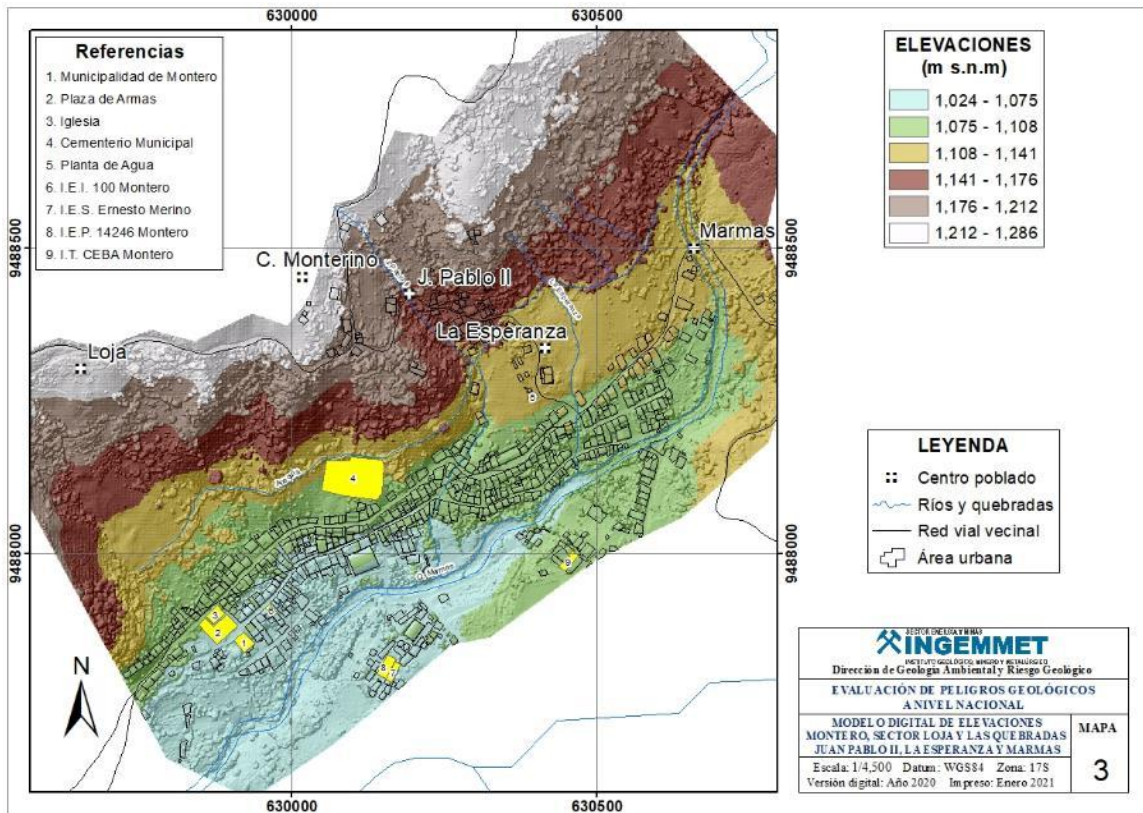


Figura 04. Mapa de elevaciones (Elaboración propia).

### 3.2. Pendientes del terreno

En la etapa de campo se delimitó el área de intervención, la cual abarcó 235.2 ha, del análisis del mapa de pendientes se determinó que el 25% equivalente a 59 ha presenta relieves con pendientes llanas a suavemente inclinadas, el 40% aproximadamente 95 ha presenta pendientes moderadas (5°-15°); mientras que, el 34% (80 ha) son superficies con pendientes fuertes a muy escarpadas (15° - 90°). Las pendientes muy fuertes a muy escarpadas abarcan 36 ha y representan los escarpes de los deslizamientos ocurridos al este de las áreas urbanas (figura 05).

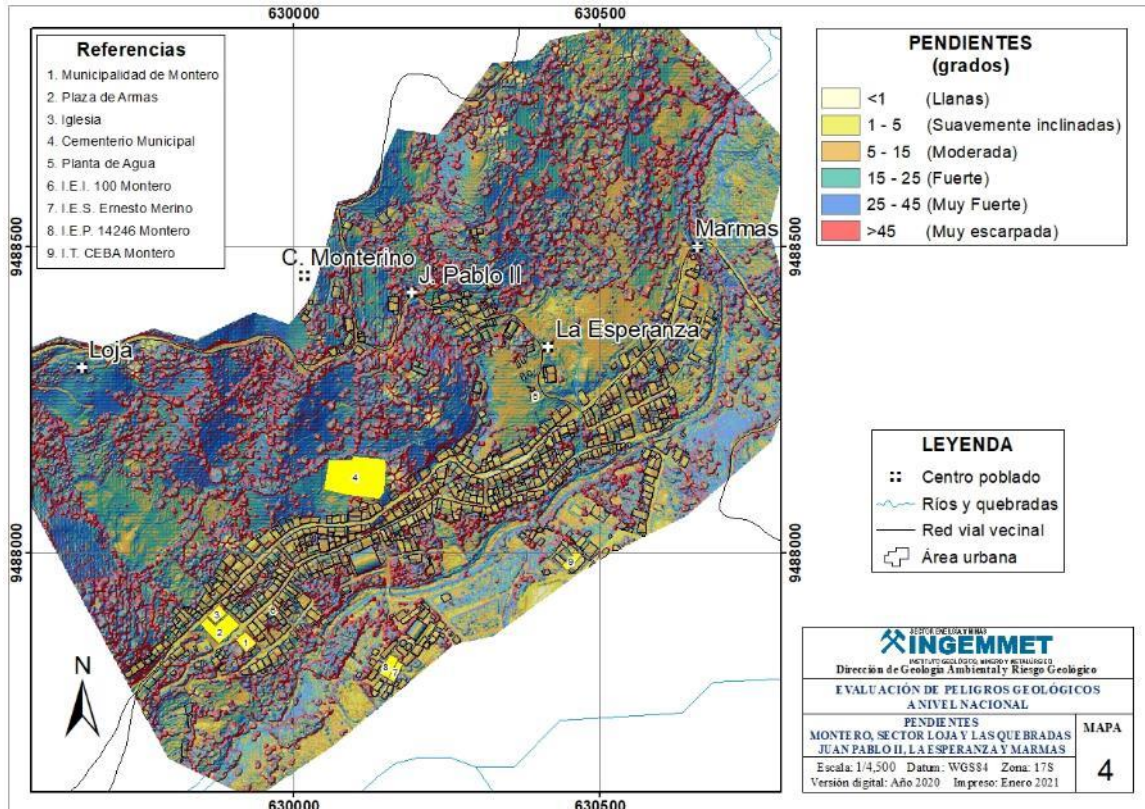


Figura 05. Mapa de pendientes del área urbana del distrito de Montero (Elaboración propia).

### 3.3. Unidades geomorfológicas

Para la caracterización de las unidades geomorfológicas en el área de estudio, se consideraron criterios de control como: la homogeneidad litológica y caracterización conceptual en base a aspectos del relieve en relación a la erosión, denudación y sedimentación (Vílchez et al., 2019).

### 3.3.1. GEOFORMAS DE CARÁCTER TECTÓNICO DEGRADACIONAL Y EROSIONAL

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

#### 3.3.1.1. Unidad de montaña

Es la unidad o componente de cualquier cadena montañosa y se define como una gran elevación natural del terreno, de diverso origen, con más de 300 metros de desnivel, cuya cima puede ser aguda, sub aguda, semiredondeada, redondeada o tabular y cuyas laderas regulares, irregulares a complejas y que presenta un declive promedio superior al 30% (FAO, 1968, citado por Villota. 2005, p. 43).

**Subunidad de montaña en roca volcánico-sedimentaria (RM-rvs):** Están conformadas por rocas volcánicas y sedimentarias, ubicadas al oeste y noroeste del área urbana de Montero y forma las partes altas de la zona de estudio desde donde descienden quebradas que llegan hasta la parte baja de las viviendas (figura 06).



**Figura 06.** Montaña ubicada al noroeste del área urbana de Montero, sobre estas laderas se ubica el sector Loja.

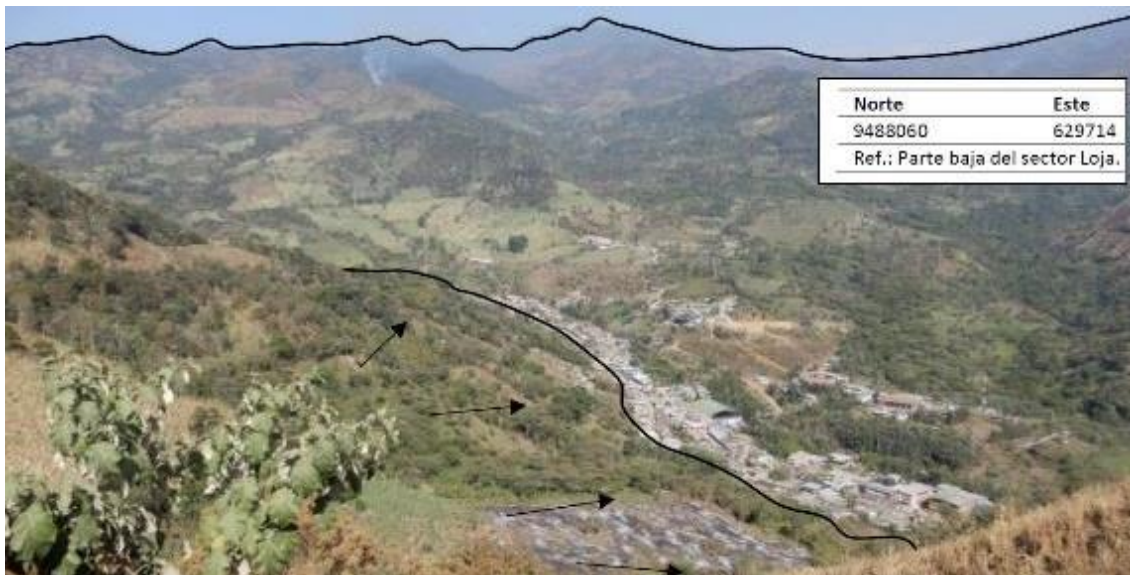
### 3.3.2. GEOFORMAS DE CARÁCTER DEPOSITACIONAL Y AGRADACIONAL

Están representadas por formas de terreno resultados de la acumulación de materiales provenientes de los procesos denudativos y erosionales que afectan las geoformas anteriores aquí se tiene:

#### 3.3.2.1. Unidad de piedemonte

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

**Subunidad de vertiente o piedemonte coluvio deluvial (V-cd):** Están conformadas por acumulaciones o depósitos de ladera, originados por procesos de movimientos en masa de tipo deslizamientos, derrumbes, avalanchas o movimientos complejos. Esta unidad se distribuye en gran parte del área urbana del distrito de Montero y sobre el cual se asientan gran parte de las viviendas e infraestructura de la zona (figura 07).



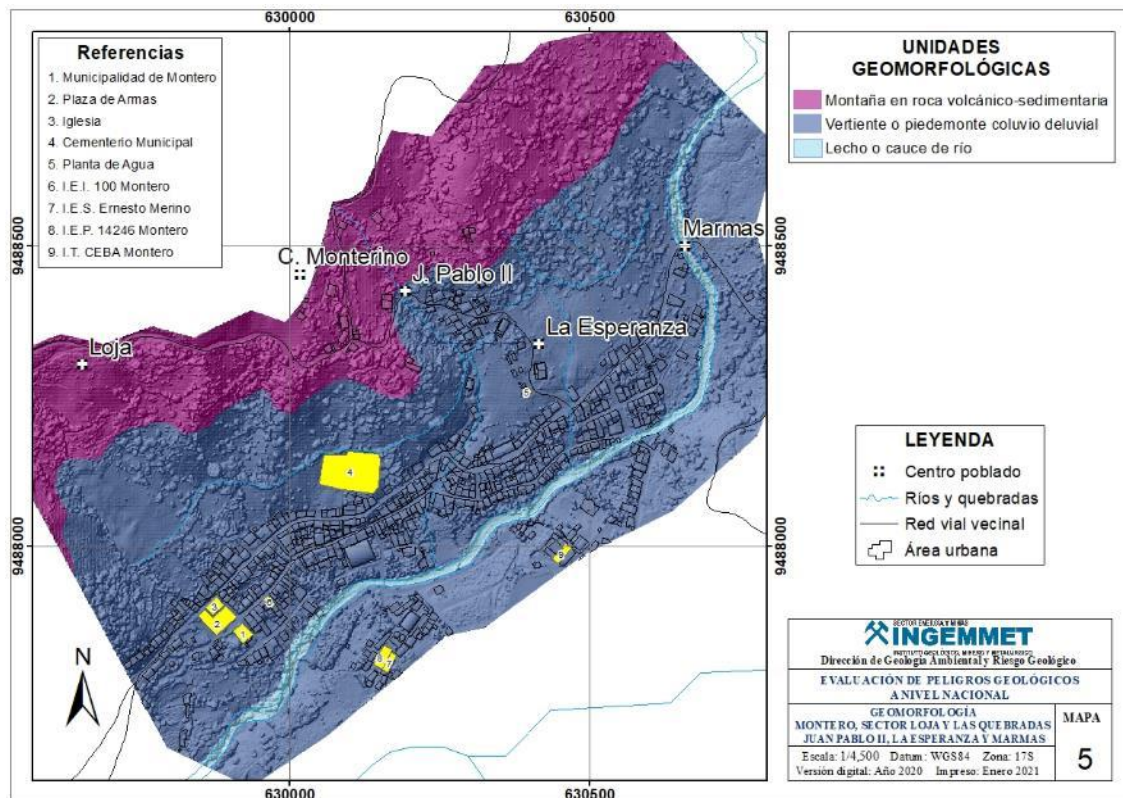
**Figura 07.** Vista panorámica del piedemonte coluvio deluvial en el distrito de Montero.

**Subunidad de cauce de río (R):** Está unidad corresponde al cauce y lecho de la quebrada principal de la zona de estudio y que es la principal recolectora del drenaje fluvial. La quebrada Marmas cruza la zona de noreste a suroeste, los materiales que transporta están conformados por clastos, gravas y arenas gruesas recorriendo un total de 2.5 km dentro del área de evaluación (figura 08).





**Figura 08.** Cauce de la quebrada Marmas con bloques de hasta 1 m de diámetro.



**Figura 09.** Unidades geomorfológicas en el área urbana de Montero y alrededores (Elaboración propia).

## **4. PELIGROS GEOLÓGICOS**

El territorio peruano es el resultado de procesos tectónicos que levantaron grandes masas de rocas y que dieron origen a la “Cordillera de los Andes”. Desde el inicio, durante millones de años y en este preciso momento, los procesos denudativos provocados por los fenómenos atmosféricos como la lluvia, el viento, la temperatura y la humedad han modelado el relieve. La orografía del Perú tiene una configuración geológica y geomorfológica muy compleja y por consiguiente una geodinámica interna y externa muy activa. La interacción de las placas de Nazca y la Sudamericana proporcionan a nuestro país una sismicidad muy activa acompañada de volcanes al sur del territorio. Sobre la superficie ocurren procesos como los deslizamientos, flujos de detritos (huaicos), caídas de rocas, derrumbes, entre otros; en conjunto estos procesos son denominados como peligros geológicos.

### **4.1. Peligros geológicos por movimientos en masa**

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).

Estos procesos de remoción de laderas, están condicionados por factores intrínsecos, como son la geometría del relieve, la pendiente, el tipo de roca, el tipo de suelo, el drenaje superficial-subterráneo y la cobertura vegetal. Por otro lado, los principales “desencadenantes” son las precipitaciones pluviales periódicas y extraordinarias que caen en la zona, así como la sismicidad.

Se definieron 03 deslizamientos antiguos (DAN), 02 deslizamientos reciente (DR) y una zona de reptación, todos estos ocurren en la ladera este del cerro El Monterino. Además, se identificaron flujos de detritos que se desarrollan de mayor a menor magnitud en las quebradas Marmas, La Esperanza y Juan Pablo II.

A continuación, se describen los peligros geológicos en la zona de estudio:

### **4.2. Deslizamientos antiguos en el área urbana del distrito de Montero**

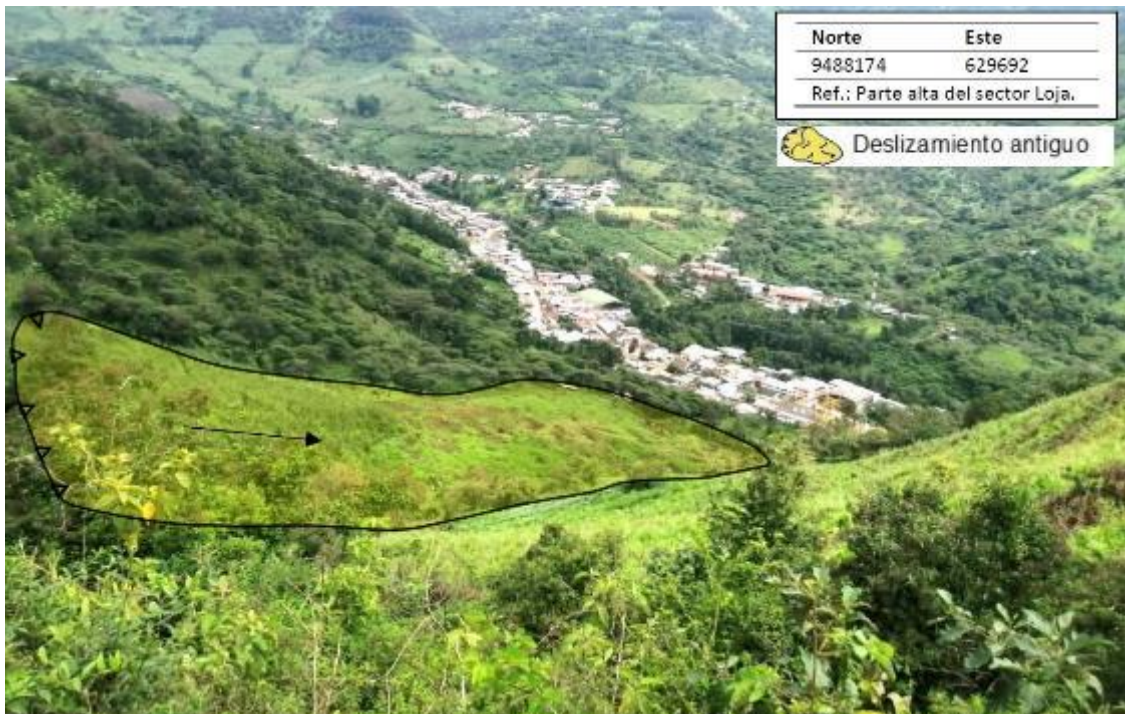
Para caracterizar los eventos geodinámicos ocurridos en el área urbana del distrito de Montero se realizaron los trabajos de campo en donde se identificaron los tipos de movimientos en masa a través del cartografiado geológico y geodinámico basado en la observación y descripción morfométrica in situ, la toma de datos GPS, fotografías a nivel del terreno, fotografías aéreas, ortofotos y modelos digitales de terreno.

#### 4.2.1. CARACTERÍSTICAS VISUALES DE LOS EVENTOS

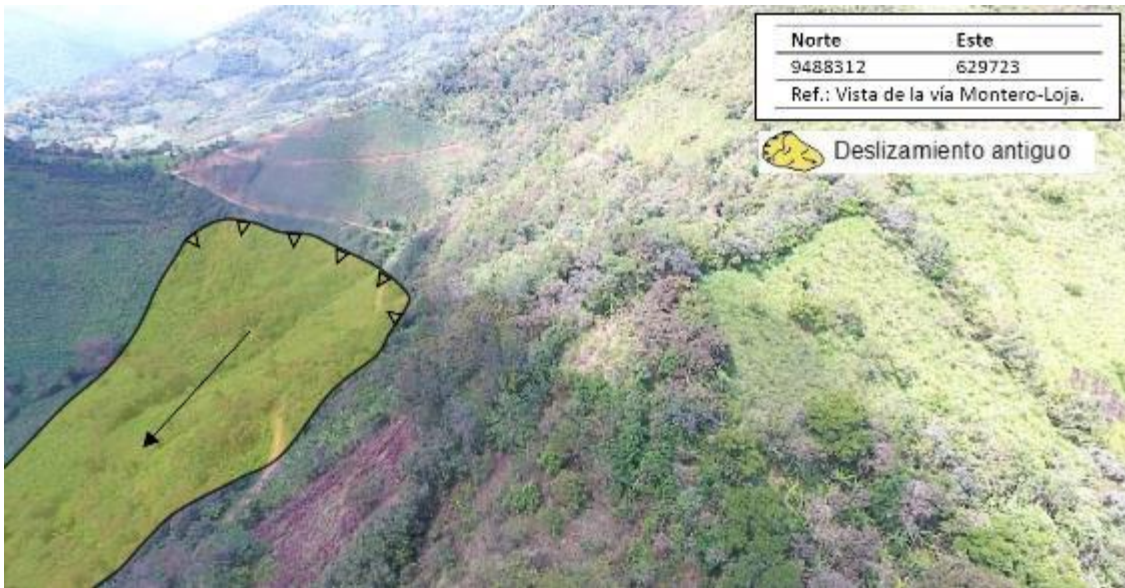
Los escarpes de los deslizamientos se ubican al norte y noroeste del área urbana del distrito de Montero, afectan a terrenos de cultivo, trochas carrozables y a viviendas ubicadas en las laderas próximas a la zona. Estos movimientos en masa antiguos han modelado el piedemonte sobre el cual hoy se asienta el área urbana del distrito de Montero (figuras 10 y 11) y Anexo 01 (figura 39).

##### **Deslizamiento antiguo 01 (DAN-01)**

- La escarpa del deslizamiento de forma alargada y semicircular, inicia en la cota 1241 m s.n.m., y se desplaza hasta los 1116 m s.n.m.
- La longitud total del escarpe alcanza una longitud de 182 m, con un desnivel entre el escarpe y el pie de 125 m.
- El área afectada: 4.2 ha.
- La superficie de falla es rotacional.
- El salto de falla principal mide 1 m a 5 m.
- Largo y ancho del deslizamiento: 335 m y 113 m.
- Volumen desplazado: 42511 m<sup>3</sup>.
- No se muestran evidencias de procesos retrogresivos.

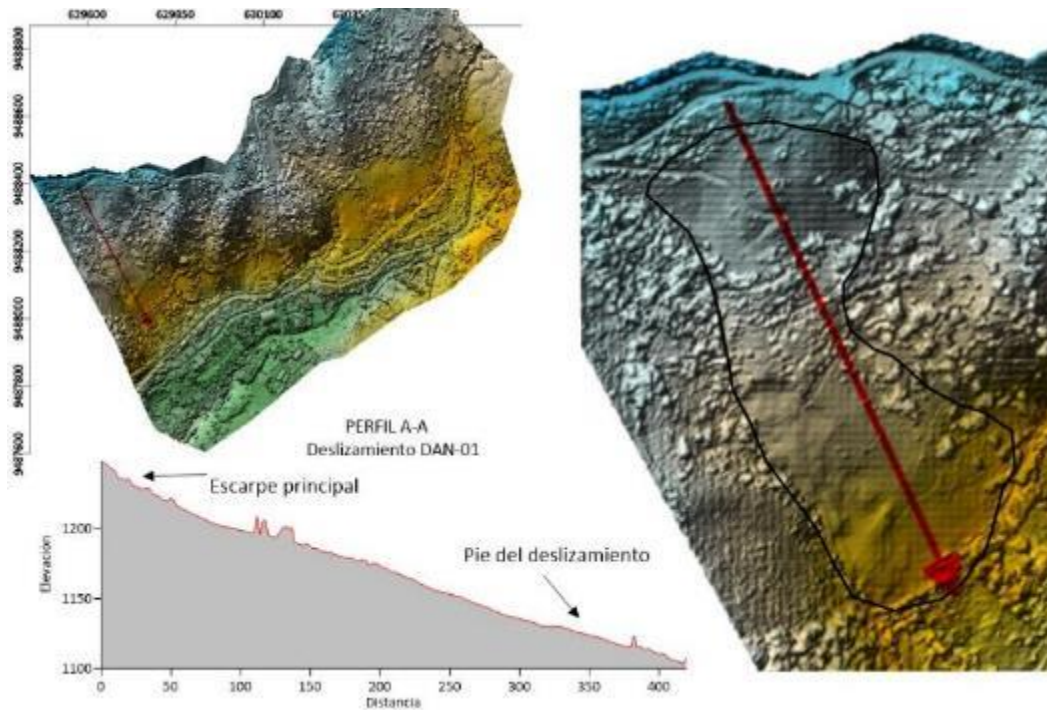


**Figura 10.** Vista del deslizamiento antiguo próximo a la trocha carrozable Loja Montero.



**Figura 11.** Parte alta del sector Loja donde se ubica el deslizamiento antiguo 01.

Las definiciones de los tipos de eventos y partes de un deslizamiento se adjuntan en el Anexo 02, se caracterizó la morfometría del escarpe y los desniveles o saltos de falla, llegando a determinar desplazamientos que varían de 1 m a 5 m de alto (figura 12).



**Figura 12.** Perfil longitudinal del deslizamiento antiguo en el sector Loja.

No se evidencian escarpes secundarios, sin embargo, la ausencia de cunetas en la trocha carrozable Montero-Loja origina que el agua de escorrentía fluya sobre la ladera erosionando la superficie y saturando los materiales.

### Deslizamiento antiguo 02 (DAN-02)

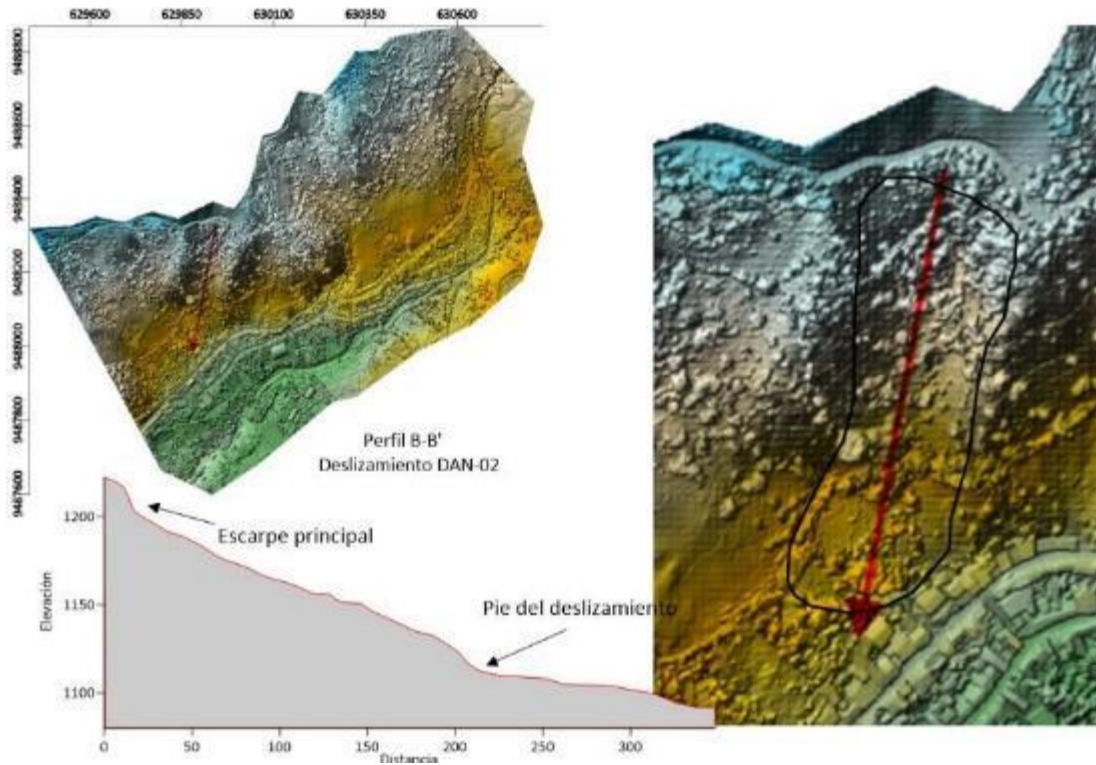
Se ubica a 470 m al norte y noreste del área urbana de Montero, afectó principalmente terrenos de cultivos y 04 viviendas ubicadas en la parte baja próximas al deslizamiento (figura 13) y Anexo 01 (figura 40).

- La escarpa del deslizamiento de forma irregular, se encuentra muy próxima a la trocha carrozable Montero-Loja-Marmas Bajo en la cota 1207 m s.n.m., y se desplaza hasta los 1087 m s.n.m.
- El escarpe alcanza una longitud total de 213 m, el desnivel entre el escarpe y el pie de 120 m.
- El área afectada: 3.4 ha.
- El salto de falla principal mide 0.50 m a 2 m.
- Largo y ancho del deslizamiento de la zona afectada: 305 m y 117 m.
- Volumen desplazado: 34 391 m<sup>3</sup>.



**Figura 13.** Deslizamiento antiguo 02 próximo al área urbana de Montero.

La abundante cobertura vegetal no permite observar el escarpe del deslizamiento, mediante perfiles transversales se determinó la morfometría del escarpe y los desniveles o saltos de falla, llegando a estimar desplazamientos que varían de 1 m a 1.50 m de alto (figura 14).



**Figura 14.** Perfil del deslizamiento DAN 02.

### **Deslizamiento antiguo 03 (DAN-03)**

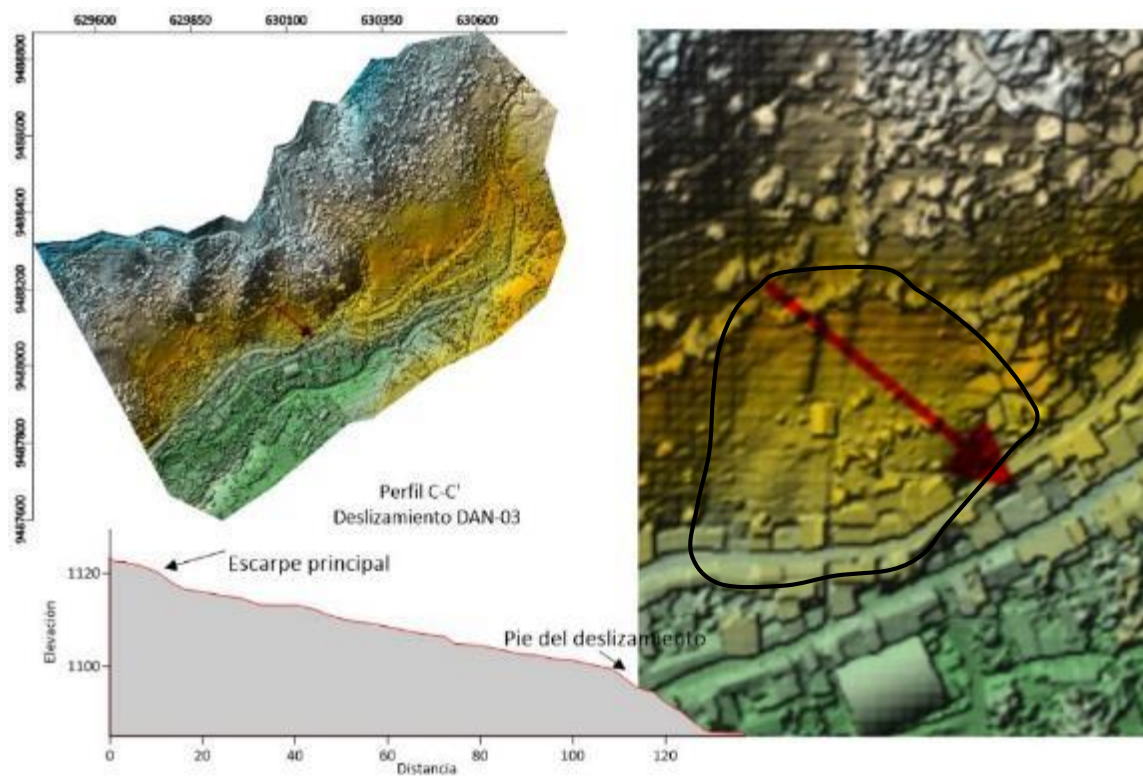
Se ubica a pocos metros del área urbana de Montero, afectó principalmente terrenos de cultivos y 15 viviendas ubicadas en la parte baja próximas al deslizamiento (figura 15) y Anexo 01 (figura 41).

- La escarpa del deslizamiento de forma irregular, se encuentra próxima a la trocha carrozable Montero-Marmas Bajo en la cota 1202 m s.n.m., y se desplaza hasta los 1081 m s.n.m.
- El escarpe alcanza una longitud total de 314 m, el desnivel entre el escarpe y el pie de 121 m.
- El área afectada: 5 ha.
- El salto de falla principal mide 1 m a 2 m.
- Largo y ancho del deslizamiento de la zona afectada: 253 m y 315 m.
- Volumen desplazado: 75 111 m<sup>3</sup>.



**Figura 15.** Deslizamiento antiguo 03 próximo al área urbana de Montero.

En el deslizamiento antiguo 03 se han visto mejores evidencias de los procesos ocurridos en la ladera y que afectaron varias viviendas, los desniveles se estimaron en más de 7 m (figura 16).



**Figura 16.** Vista en perspectiva del deslizamiento DAN-03.

### 4.3. Deslizamientos recientes en el área urbana de Montero

Estos deslizamientos se activaron en el mes de marzo durante el Niño Costero del año 2017 afectando principalmente viviendas.

#### 4.3.1. CARACTERÍSTICAS VISUALES DE LOS EVENTOS

Estos deslizamientos se ubican en el área urbana de Montero, específicamente afectan a las viviendas ubicadas en el Jr. Piura intercepción con Jr. 3 de Octubre, este proceso afectó más de 0.2 ha de terrenos y 12 viviendas; además, futuras reactivaciones pueden causar daños a 105 m lineales de la vía asfaltada (figuras 17 y 18) y Anexo 01 (figura 42).

#### Deslizamiento reciente 01 (DR-01)

- Escarpa principal de forma alargada, se encuentra en la cota 1106 m s.n.m. y el pie a los 1088 m s.n.m
- La longitud total del escarpe llega 97 m de longitud, el desnivel entre el escarpe y el pie del deslizamiento es de 18 m.
- El área afectada: 0.2 ha.
- La superficie de falla es rotacional.
- El salto de falla principal mide 10 m.
- Largo y ancho del deslizamiento: 23 m y 98 m.
- Volumen desplazado: 3 049 m<sup>3</sup>.
- Se muestran evidencias de procesos retrogresivos.



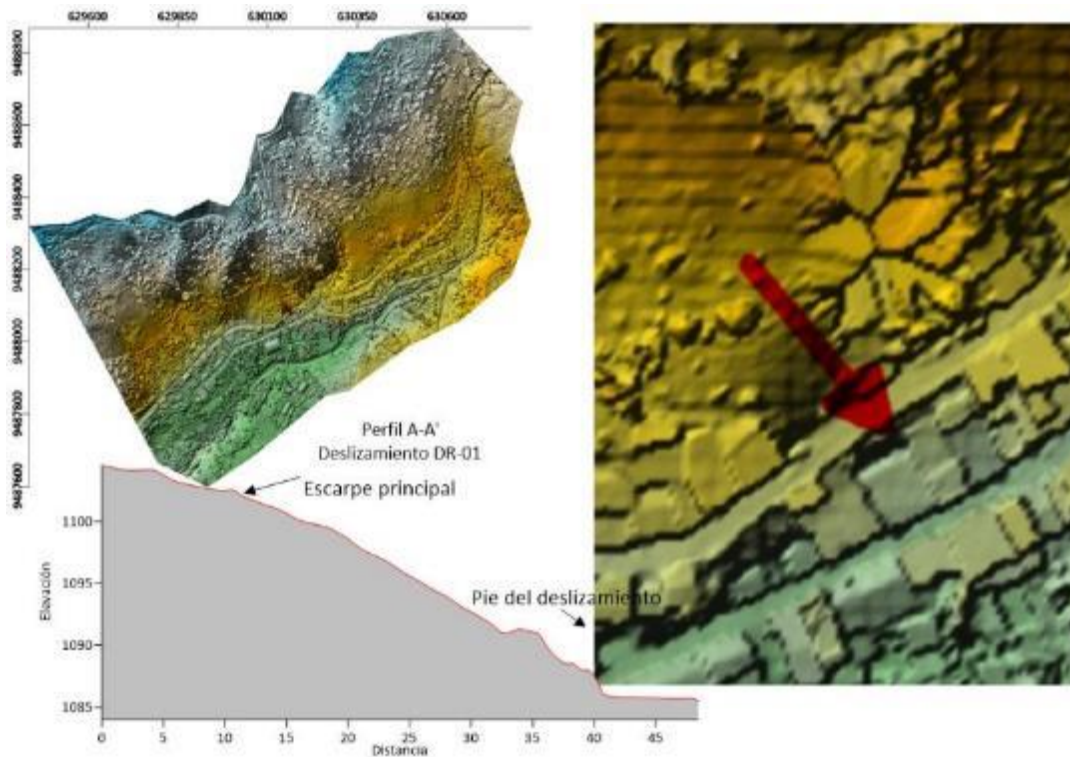
**Figura 17.** Deslizamiento DR-01 que afecta a 12 viviendas y que llega hasta el Jr. Piura.



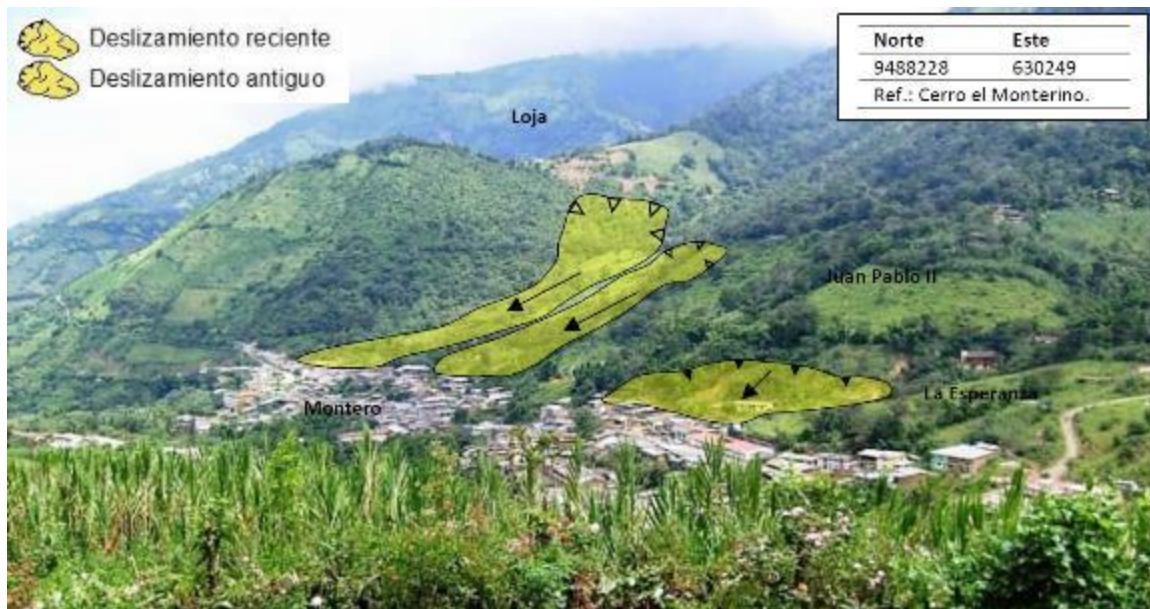


**Figura 18.** Viviendas de la calle Piura afectadas por la caída de los materiales provenientes del deslizamiento DR-01.

La morfometría del escarpe y los desniveles o saltos de falla, tienen desplazamientos que varían de 10 m a 15 m de alto, el material desplazado ha llegado a cubrir la calle Piura y el ancho de la vía de hasta 4 m (figuras 19 y 20).



**Figura 19.** Vista y perfil del escarpe principal del deslizamiento DR-01.



**Figura 20.** Vista panorámica de los deslizamientos antiguos y el deslizamiento reciente.

#### 4.4. Flujo de detritos en las quebradas La Esperanza y Juan Pablo II

La estación meteorológica ubicada en el distrito de Paimas, registró entre enero y marzo del 2017 picos diarios de precipitación de hasta 63 mm. Los flujos de detritos y lodo ocurrieron el 25 de marzo durante el Niño Costero, donde las precipitaciones alcanzaron un pico histórico de 131.6 mm. Los flujos descendieron de las quebradas La Esperanza y Juan Pablo II hasta el área urbana de Montero, afectando áreas de cultivo, viviendas, vías de acceso y calles. Los antecedentes y testimonio recopilados en campo indican la ocurrencia de eventos más críticos en los años 1983, 1987, 1997-1998 y 2012; recientemente, en el 2019 también ocurrieron flujos, pero de menor magnitud.

##### 4.4.1. CARACTERÍSTICAS VISUALES DEL EVENTO

Los flujos de detritos y lodos, definidos así por el contenido mixto de grueso y fino de la masa transportada conformada por bloques, clastos, gravas y sedimentos limo arcillosos con arenas (figura 21).



**Fotografía 21.** Cauce de la quebrada La Esperanza donde ocurrió el flujo el 25 marzo del 2017.

### **Flujos en las quebradas La Esperanza y Juan Pablo II**

- En las quebradas La Esperanza y Juan Pablo II descendieron flujos de lodo que fueron disipándose con fases más líquidas, con menos contenido de sedimentos y más detritos (gravillas). El emplazamiento del material originó erosión por las calles sin pavimentación y daños en viviendas.
- El área afectada distribuida en franjas y zonas próximas a los cauces de quebradas alcanzó 2.4 ha.
- Ancho y altura del flujo: 4 m y 0.50 m.
- Volumen desplazado aproximado: 1200 m<sup>3</sup>.
- Tamaños de la fase granular y fina: gravas (20%), arenas (20%) y finos (60%).
- El flujo se canalizó en el cauce de las quebradas, recorriendo una distancia de 1965 m.

En el cauce de la quebrada La Esperanza se cartografiaron bloques de hasta 2 m de diámetro que provienen de antiguos deslizamientos que transportaron gran cantidad de materiales y rocas (figura 22).



**Figura 22.** Bloques de gran tamaño en el cauce y abanico de la quebrada La Esperanza.

El flujo tuvo una fase líquida que afectó varias viviendas ubicadas entre las calles Prolongación Piura y Jr. Merino hasta la quebrada Marmas, los sedimentos se dispersaron y el agua ingreso a varias viviendas (figura 23).



**Figura 23.** Vista aguas abajo y aguas arriba de la quebrada La Esperanza.

#### 4.5. Flujos de detritos en la quebrada Marmas

Los flujos de detritos ocurridos en la quebrada Marmas el 25 de marzo del 2017, afectaron terrenos de cultivos, trochas carrozables, bases de muros y puentes. Los picos más altos de precipitación ocurrieron entre las 20:00 y 23:00 horas con un total de 123 mm.

#### 4.5.1. CARACTERÍSTICAS VISUALES DEL EVENTO

Los flujos de detritos tuvieron un gran porcentaje de materiales granulares y gruesos, este tipo de eventos geodinámicas son los más destructivos debido al tamaño de los bloques arrastrados (figura 24).

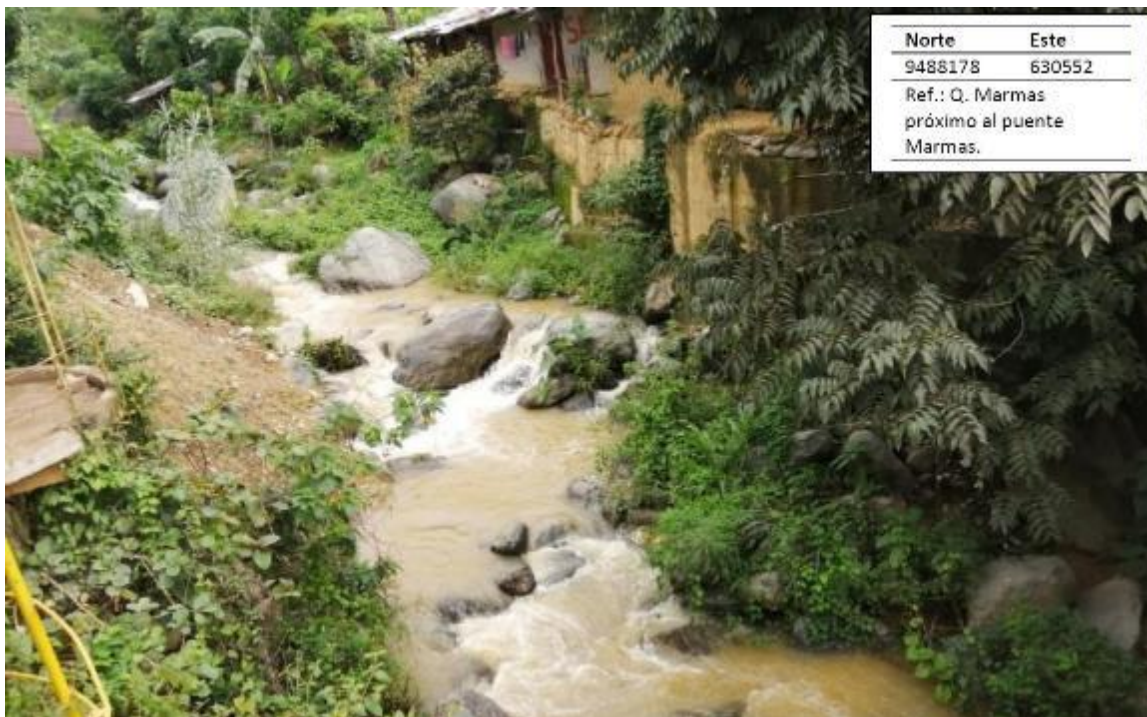


**Figura 24.** Quebrada Marmas en la crecida del mes de marzo del 2017.

#### Flujos en la quebrada Marmas

- Los flujos de detritos transportaron gran cantidad de materiales conformados por bloques y clastos que descendieron desde la parte alta de Marmas.
- El área afectada distribuida en franjas y zonas próximas a los cauces de quebradas alcanzó 2.8 ha.
- Ancho y altura del flujo: 22 m y 2.50 m.
- Volumen desplazado aproximado: 1200 m<sup>3</sup>.
- Tamaños de bloques: clastos (35%), gravas (30%), arenas (25%) y finos (10%).
- El flujo se canalizó en el cauce de la quebrada recorriendo una distancia de 2250 m en la zona de estudio.

En el cauce de la quebrada Marmas se cartografiaron bloques de hasta 2 m de diámetro que provienen de antiguos deslizamientos que transportaron gran cantidad de materiales y rocas (figura 25).



**Figura 25.** Cauce de la quebrada Marmas con muros de contención en la margen derecha.

#### 4.6. Caídas

Las caídas de rocas y suelos ocurren conjuntamente con los deslizamientos, estas rocas intensamente meteorizadas y fracturadas en contacto con las coberturas aluviales muy saturadas se mezclan en las zonas de depósitos como ocurre en el Jr. Piura.

##### 4.6.1. CARACTERÍSTICAS VISUALES DEL EVENTO

Las caídas de rocas se han cartografiado en el sector Juan Pablo II, específicamente en la parte posterior de las viviendas ubicadas en el Jr. Piura (figura 26):

- En total la zona afectada alcanza 3.4 ha.
- Largo y ancho de zona de caída: 14 m y 25 m.
- El volumen de los materiales es variable al tamaño de los bloques.
- Tamaño de bloques o clastos: 0.25 a 0.50 m de diámetro.



**Figura 26.** Zona de caídas de rocas y suelos en el Jr. Piura.

#### 4.7. Reptación

Los procesos de reptación suelen provocar transformaciones muy sutiles a lo largo del tiempo, debido principalmente a la velocidad del movimiento. Las evidencias más notables de estos movimientos en masa son las estrías de deformación, los desgarros de cobertura vegetal que son típicos estiramientos de raíces superficiales a sub superficiales de la vegetación.

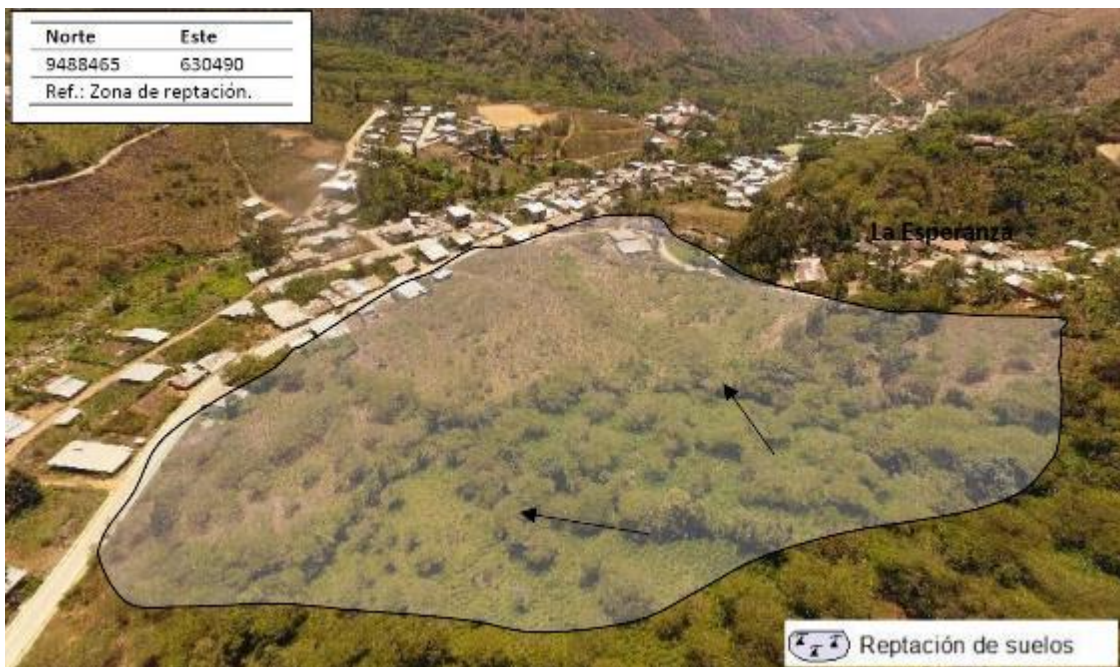
##### 4.7.1. CARACTERÍSTICAS VISUALES DEL EVENTO

La reptación en el sector La Esperanza tiene las siguientes características (figuras 27 y 28):

- En total la zona afectada alcanza 8.2 ha, la dirección principal de desplazamientos se encentra de norte a sur y de noroeste a sureste.
- Se pueden diferenciar ondulaciones en el relieve y agrietamientos en la ladera.
- Existen desgarros de cobertura vegetal, típicos estiramientos de raíces superficies o sub superficiales de vegetación.
- Saturación y remoción de suelo superficial producida por escorrentía en temporada de lluvias.



**Figura 27.** Vista de relieves con evidencia de reptación y las estrías de deformación.



**Figura 28.** Vista panorámica del sector La Esperanza con problemas de reptación.

Estos procesos se pueden observar al noreste del centro urbano de Montero en el sector La Esperanza, en la parte alta del sector mencionado, existen zonas saturadas en donde emana agua que desciende hasta la quebrada La Esperanza.

La zona afectada por reptación está clasificada como área de expansión urbana para el distrito de Montero, los procesos de reptación en muchos casos son precursores de procesos de remoción más grandes y violentos como los deslizamientos.



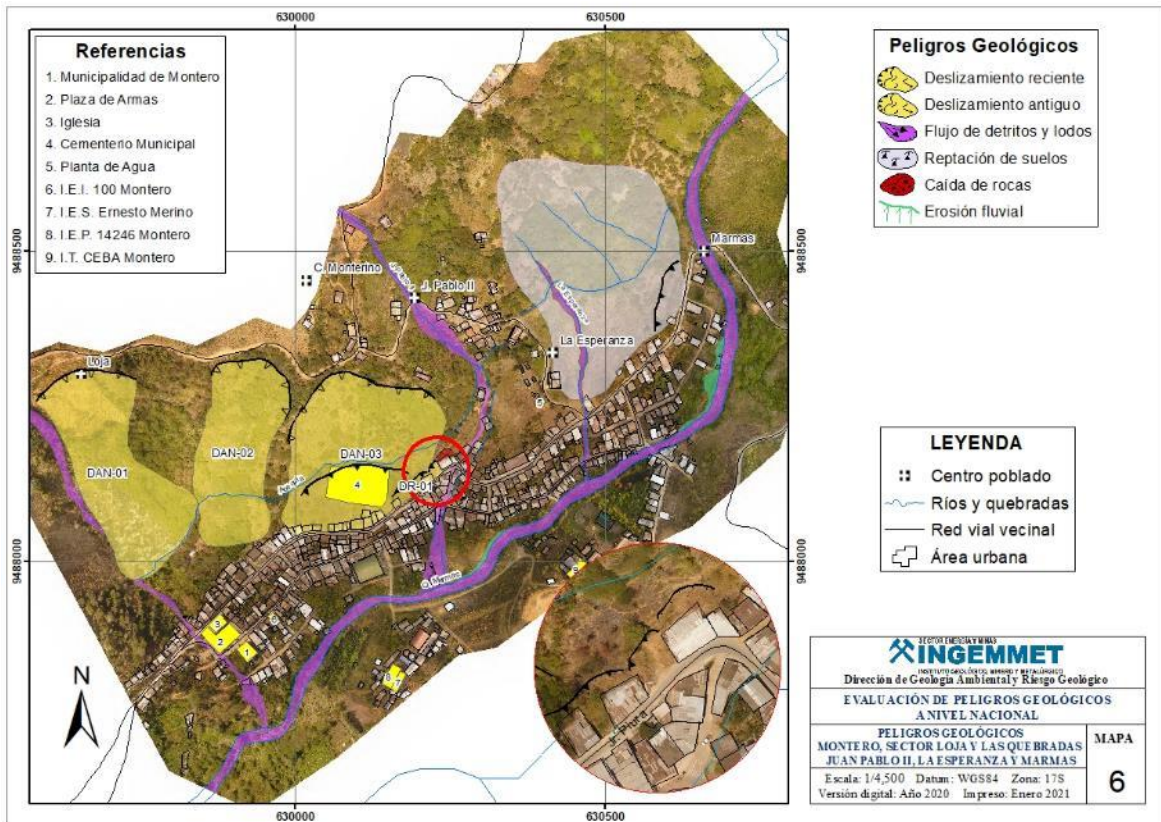


Figura 29. Peligros geológicos del área urbana del distrito de Montero.

#### 4.8. Análisis multitemporal de imágenes satelitales

Para este análisis se realizó la recolección, georreferenciación de imágenes satelitales. La zona de estudio fue afectada por deslizamientos desde el año 1999, las imágenes disponibles muestran deformación en el relieve en el año 2010, en la imagen satelital resalta la formación de escarpes alargados que tienen avances laterales con procesos retrogresivos.

En la imagen de julio del 2013 se observa un escarpe de semicircular que ha tenido avances retrogresivos y laterales que ha mediado del año 2019 alcanzó 90 m de ancho y 50 m de largo (figura 30).





**Figura 30.** Imágenes satelitales del deslizamiento DR-01, años 2010, 2013 y 2019.

#### 4.9. Factores condicionantes

##### 4.9.1. Litología

Los tipos de rocas que afloran en la zona de estudio están conformados por calizas lodolíticas y margas intercaladas con niveles tobáceos, estos afloramientos se encuentran muy fracturados e intensamente meteorizados. Estas rocas de naturaleza sedimentaria, tienen un alto grado de descomposición, se parten en fragmentos con un simple golpe de martillo y en algunos casos se desboronan a presión manual. El intenso fracturamiento favorece la acumulación de agua entre los espacios y las aberturas de las rocas, los taludes se muestran húmedos (figuras 31 y 32).



**Figura 31.** Margas muy fracturadas, mediante prueba de martillo se fracturan con facilidad.



**Figura 32.** Presencia de humedad alta en afloramientos de calizas y margas.

La cobertura Cuaternaria está conformada por clastos y gravas retrabajadas de granulometría angulosa a subredondeada, están distribuidas de forma caótica lo que evidencia la ocurrencia de antiguos procesos de remoción en masa con procesos violentos. La matriz de los depósitos está conformada por un material limo y arenoso, estas capas forman un medio poroso por donde se infiltra el agua y sobresatura los sedimentos (figura 33).



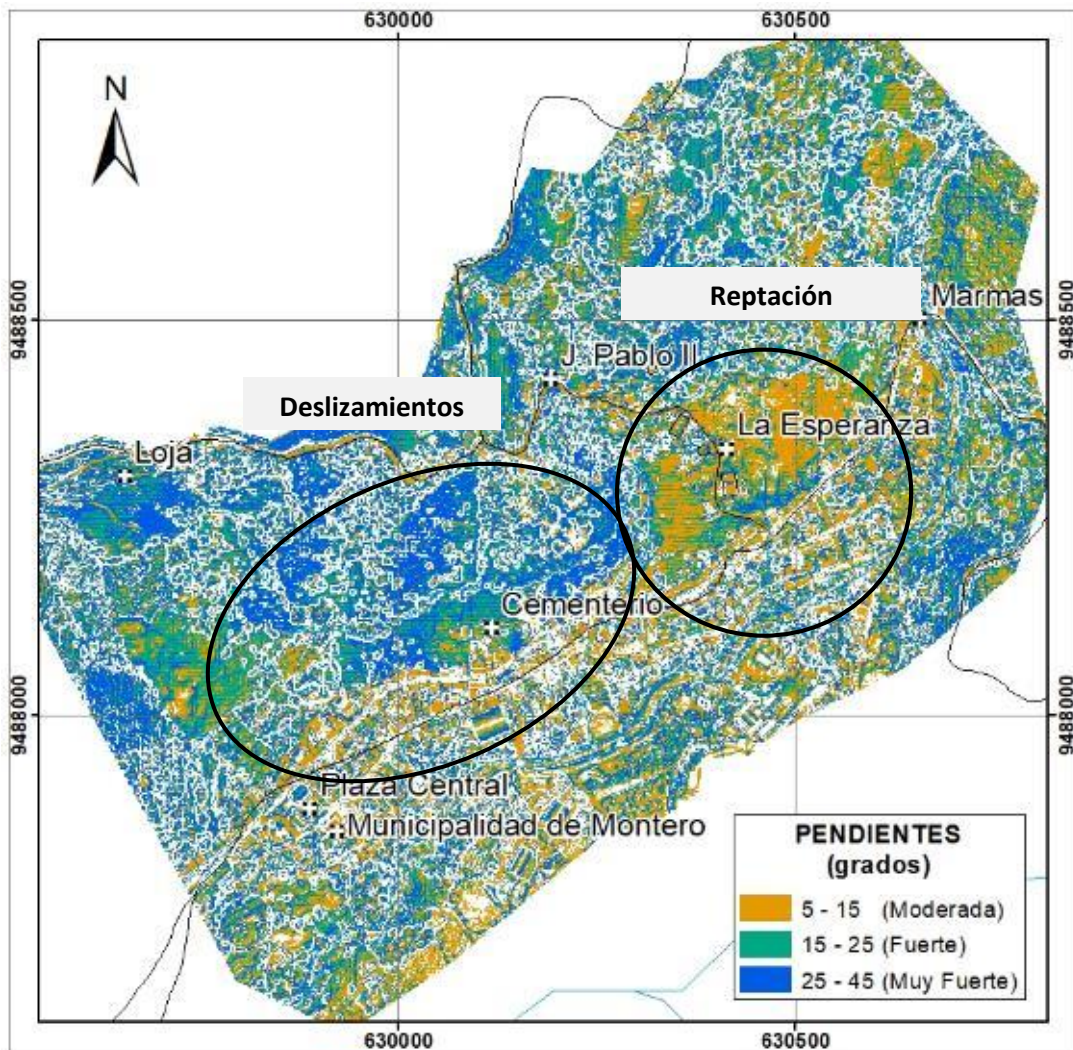
**Figura 33.** Gravas y clastos angulosos a subredondeados.

#### 4.9.2. Pendientes

El análisis actual del relieve muestra que, los deslizamientos antiguos DAN-01, 02 y 03 se ubican sobre laderas con pendientes muy fuertes a muy escarpadas ( $25^\circ$  a  $75^\circ$ ), sobre estas superficies existe abundante vegetación casi todo el año, debido a la humedad de la zona. En temporada de lluvias existe escorrentía que desciende a gran velocidad por la ladera debido a la fuerte pendiente.

Hacia el noreste, en el sector La Esperanza la pendiente varía de norte a sur de fuerte a moderada, esta variación está relacionada con los bloques y clastos encontrados en la zona, indica la existencia de un antiguo deslizamiento cuyo emplazamiento del depósito modelo una zona con pendientes moderadas ( $5^\circ - 15^\circ$ ).

Debido a la naturaleza de los depósitos encontrados en esta zona y la pendiente del relieve, se han definido procesos de reptación debido a la humedad con presencia de oconales en la parte alta del sector Marmas Bajo (figura 34).



**Figura 34.** Vista panorámica de las zonas afectadas por deslizamientos.

#### 4.10. Factores desencadenantes

##### 4.10.1. Lluvias intensas durante el Niño Costero

Se recopiló la información de las estaciones meteorológicas próximas al área de estudio del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI). Entre los meses de enero a marzo del 2017 se registraron lluvias intensas, superaron los 10 mm diarios; mientras que, los días 7, 8, 15, 22, 25, 26, y 30 de marzo las lluvias superaron los 20 mm diarios con un pico máximo histórico 131.6 mm (gráfico 01).

La estación meteorológica más cercana a la zona de estudio se ubica en el distrito de Paimas ubicada a 13 km al suroeste del distrito de Montero (cuadros 03 y 04, gráfico 01).

**Cuadro 03.** Ubicación de la estación meteorológica Paimas.

Estación: PAIMAS					
Departamento:	PIURA	Provincia:	AYABACA	Distrito:	PAIMS
Latitud:	4°38'3.79" S	Longitud:	79°56'45.03" W	Altitud:	609 m s.n.m.
Tipo:	Automática - Meteorológica		Código:	472FC5B8	

AÑO	2017																														
MES	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	29	30	31
PRECIPITACIÓN (mm)	0	0	0	0	0.1	0	30	43	12	13	1.8	5.8	14	5.6	30	5.1	3.5	3.5	7.4	5.7	2.5	42	1.5	1.1	132	23	19	0.6	64	64	8.7

**Cuadro 04.** Datos de precipitación diaria de marzo 2017.

Para el año 2017, las precipitaciones llegaron a mínimos y máximos mensuales de 3.5 y 64 mmm, mientras que, el acumulado anual llego a 538.6 mm.



**Gráfica 01.** Precipitaciones registradas durante el mes de marzo del 2017.

Fuente: SENAMHI / DRD

\* Datos sin control de calidad.

#### 4.11. Factores antrópicos

##### 4.11.1. Acequia Marmas

El factor de tipo antrópico son todas aquellas modificaciones y construcciones que produce el hombre sobre el relieve. El agua como principal elemento de vía es conducida por distintos medios para el desarrollo de actividades económicas, en este caso las acequias y canales son los elementos estructurales que más ha utilizado el hombre.

La acequia Marmas conduce agua desde el sector Marmas Alto hacia el sector Loja Bajo, alcanza una longitud total de 1.2 km, el tramo completo de esta acequia se encuentra sin revestir, con régimen de tipo permanente abastece de agua a las partes bajas de Montero y además sobre satura los materiales permitiendo la infiltración del agua al subsuelo (figura 35).



**Figura 35.** Acequia Marmas de régimen permanente sin revestimiento.

##### 4.11.2. Cementerio Montero

El cementerio de Montero se ubica en el Jr. Piura altura del Jr. Marco Pasache, se ubica sobre una ladera con pendientes muy fuertes ( $25^\circ$  -  $45^\circ$ ), los materiales cartografiados y descritos en el ítem de geología tienen características geomecánicas muy pobres. Los suelos o materiales aluviales distribuidos en las laderas se encuentran saturados o medianamente húmedos, tienen poca compactación y son susceptibles a la erosión (figura 36).



**Figura 36.** Cementerio del área urbana de Montero.

#### 4.12. Daños por peligros geológicos

En la zona de evaluación se han producido los siguientes daños:

##### 4.12.1. Viviendas

Debido a los deslizamientos y flujos las viviendas ubicadas en las laderas próximas al Jr. Piura han tenido serias afectaciones en las bases y paredes. Según el Informe SINPAD N° 00087411 con fecha 31 de marzo, indica que cerca de 10 viviendas están en riesgo de colapso debido a las lluvias intensas (figuras 37 y 38).



**Figura 37.** Vivienda afectada por deslizamientos y flujos.



**Figura 38.** Materiales deslizados ingresaron a la vivienda de material rústico.

#### 4.12.2. Vías de acceso

Los flujos o crecidas ocurridas en la quebrada Marmas afectaron la vía de acceso entre el distrito de Montero y Jililí, el flujo erosionó el ancho de la vía perdiendo parte de la carpeta asfáltica (fotografía 05).



**Fotografía 05.** Vía de comunicación Montero – Jililí en las coordenadas 9487894N y 631076E.




## 5. CONCLUSIONES

- a) En el área urbana de Montero afloran calizas y margas intensamente meteorizadas y fracturadas, estas rocas sedimentarias tienen un comportamiento geomecánico muy desfavorable. Las calizas y margas tienen un grado de cementación o compactación muy bajo, son muy susceptibles a los factores climáticos como la lluvia, la temperatura, la humedad, entre otros. Los materiales Cuaternarios están compuestos por clastos, gravas y gravillas en una matriz limo-arenosa, estas capas tienen una alta porosidad, lo que favorece la infiltración del agua que satura los sedimentos.
- b) El área urbana Montero se ubica sobre un piedemonte coluvio deluvial con pendientes moderadas en el centro de la ciudad y pendientes muy fuertes hacia las laderas de montañas ubicadas al noroeste, esta geomorfología es el resultado antiguos procesos de remoción en masa que se desplazaron de noroeste a sureste hacia la quebrada Marmas.
- c) En los sectores Loja y Juan Pablo II se identificaron antiguos deslizamientos que se emplazaron hacia el área urbana de Montero originando las geoformas de piedemonte coluvio deluvial. Los deslizamientos ocurridos el 25 de marzo del 2017, se desarrollaron en la ladera oeste el cerro El Monterino, los materiales deslizados llegaron hasta el Jr. Piura afectando a más de 10 viviendas.  
El sector La Esperanza presenta problemas de reptación debido a la presencia de oconales o surgencias de agua en la parte alta del sector Marmas, la reptación es un proceso geodinámico que puede desencadenar en deslizamientos de mayor magnitud ante lluvias intensas o sismos.
- d) Los escarpes de los deslizamientos antiguos llegan a medir 182, 213 y 315 m de longitud aproximadamente; mientras que, los cuerpos de los deslizamientos superan los 325 m de largo y 250 m de ancho, los saltos de falla presentan desniveles de 1 m a 10 m de alto. Los volúmenes estimados de los deslizamientos antiguos DAN-01, 02 y 03 son de 42 511 m<sup>3</sup>, 34 391 m<sup>3</sup> y 75 116 m<sup>3</sup> y el deslizamiento reciente DR-01 llegó a 3 049 m<sup>3</sup>.
- e) Las precipitaciones ocurridas durante el mes de marzo del 2017, alcanzaron un pico máximo histórico de 131 mm el día sábado 25, desencadenando los deslizamientos y flujos ocurridos en el área urbana del distrito de Montero y alrededores. Debido a la crecida del caudal, se interrumpieron las principales vías de acceso al distrito, anexos y caseríos pertenecientes a la zona de evaluación.  
Las lluvias también incrementaron los tirantes de agua que fluyeron por los canales y acequias no revestidas que sobresaturaron los materiales expuestos en las laderas.
- f) Tomando en cuenta las condiciones geológicas y geomorfológicas actuales, se considera que el área urbana del distrito de montero tiene "Peligro Alto por deslizamientos, flujos y reptación".

## 6. RECOMENDACIONES

- A) Restringir la construcción de nuevas viviendas en la ladera del cerro Montero entre los sectores Loja y La Esperanza, así como, la modificación del talud para construir nuevos niveles en las viviendas ya existentes
- B) Deshabilitar el cementerio de Montero ubicado en el Jr. Piura, esta zona presenta pendientes fuertes muy susceptibles a deslizamientos y se encuentra constantemente saturadas debido a la acequia Marmas.
- C) Realizar el entubamiento o impermeabilización de canales y acequias que cruzan el área urbana del distrito de Montero, sobre todo de la acequia Marmas que pasa a media ladera por toda la ciudad. Se debe mejorar el sistema de drenaje de aguas pluviales con el objetivo de evacuar las aguas superficiales hacia la quebrada Marmas. Construir cunetas a lo largo de la trocha carrozable Montero-Loja con el propósito de evitar que el agua de escorrentía se infiltre rápidamente ocasionando erosión en la superficie.
- D) Plantear la construcción de muros de contención en la parte superior de la ladera, en las viviendas ubicadas en el Jr. Piura, zanjas de coronación y drenajes mediante la impermeabilización con PVC y banqueteo de los taludes críticos en el deslizamiento reciente ubicado en el Jr. Piura.
- E) Realizar el monitoreo diario o semanal de los deslizamientos y zonas de reptación durante la temporada de lluvias, para advertir futuras reactivaciones que puedan producir daños a viviendas y vías de acceso. Implementar estacas y cercos que bordeen los escarpes de los deslizamientos activos y las zonas susceptibles para estimar los desplazamientos.
- F) Tomar en cuenta los peligros geológicos y geoformas susceptibles a deslizamientos para zonificar y ordenar la expansión urbana del distrito de Montero, con el objetivo de disminuir el crecimiento indiscriminado y no planificado de la población, lo que representaría su exposición en zonas de alto peligro.
- G) Prohibir la construcción de infraestructura o viviendas en las zonas definidas y delimitadas como susceptibles a la ocurrencia de nuevos deslizamientos, porque están clasificadas como zonas de peligro muy alto por movimiento en masa.
- H) Sensibilizar a la población a través de talleres o charlas con el objetivo de concientizar en gestión de riesgos, para evitar asentamientos de viviendas o infraestructura, migración a nuevas técnicas de irrigación y tipos de cultivos.

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

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

## 7. BIBLIOGRAFÍA

Corominas Dulcet, J., & García Yagué A. (1997). Terminología de los movimientos de laderas, en Memorias, IV Simposio Nacional sobre Taludes y Laderas Inestables, Granada, España, p. 1051–1072.

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, p. 36–75.

Díaz, J. S. (1998). Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales. INSTITUTO DE INVESTIGACION.

Evans, S.G., y Hungr, O. (1993). The analysis of rock fall hazard at the base of talus slopes: Canadian Geotechnical Journal, v. 30, p. 620–636.

Jaimes, Concha, Coaquira, Chapillequen (1996). Geología del cuadrángulo de Ayabaca 10d4. INGEMMET.

JICA (2007). Estudio sobre medidas preventivas para desastres en carreteras en la red fundamental de la República de Bolivia informe final: manual de gestión y prevención de desastres en carreteras. Procedimiento V: Obras de Prevención de Desastres, pág. 23.

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.

Reyes, L. & Caldas, J. (1987). Geología de los cuadrángulos de Las Playas, La Tina, Las Lomas, Ayabaca, San Antonio, Morropón, Huancabamba, Olmos y Pomahuaca 13-d, 13-e, 13-f, 14-d, 14-e, 14-f, 14-g, 15-d, 15-e. INGEMMET, Boletín A N° 39].

Suarez, J. (1998). Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales. INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN.

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.

Vílchez, M. Ochoa, M. & Pari, W. (2019), Boletín N°69, Serie C: Geodinámica e ingeniería geológica, Peligro Geológico en la región Huancavelica. Lima: Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. 219p

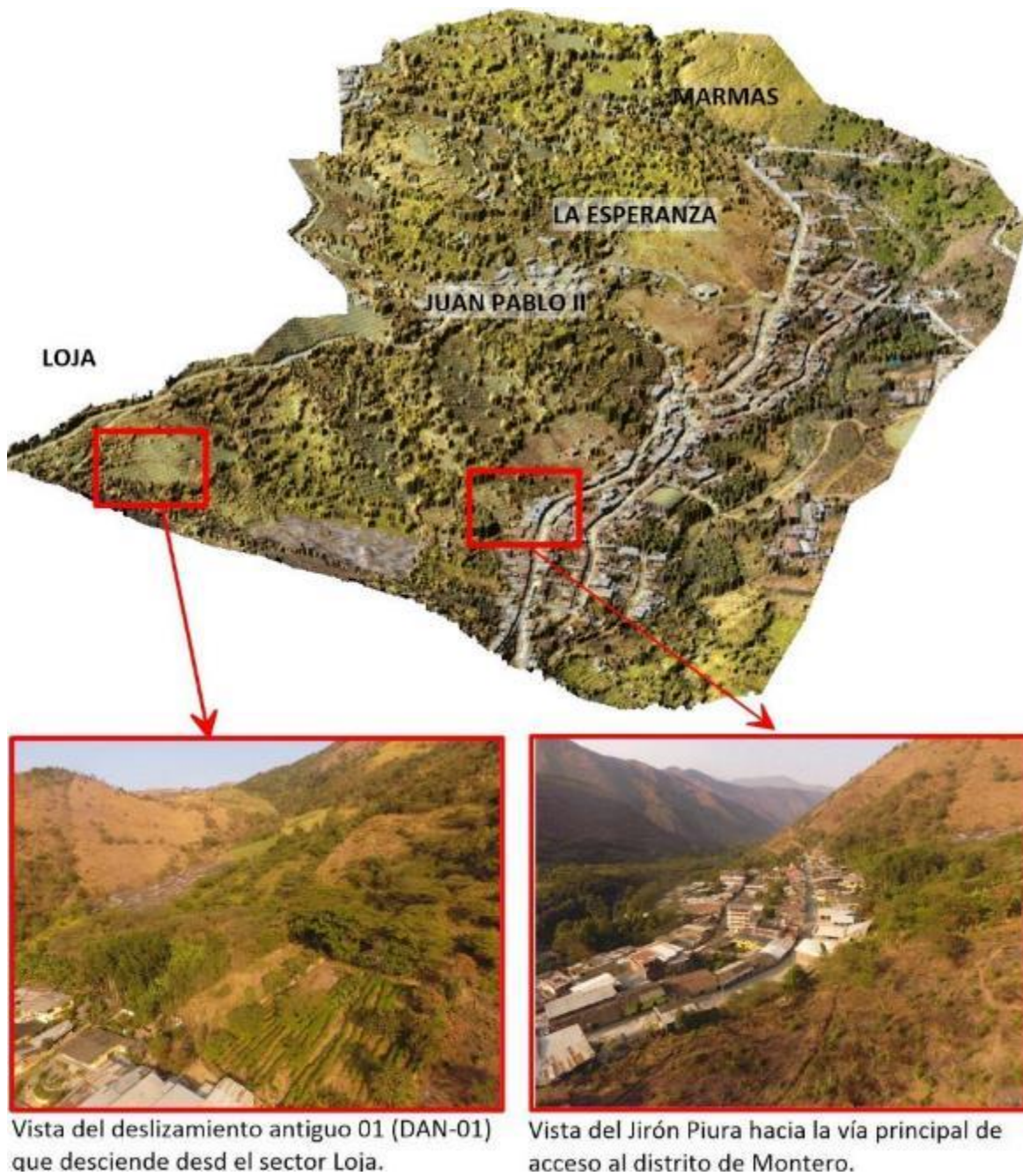
Vílchez, Sosa, Jaimes, Mamani, Cerpa, Martínez (2017). Peligros geológicos y geohidrológicos detonados por el Niño Costero 2017 en la región Piura.

Vílchez, M., Sosa, S. & Jaimes, S. (2017). Evaluación Geológica de las Zonas afectadas por El Niño Costero 2017 en la Región Piura.

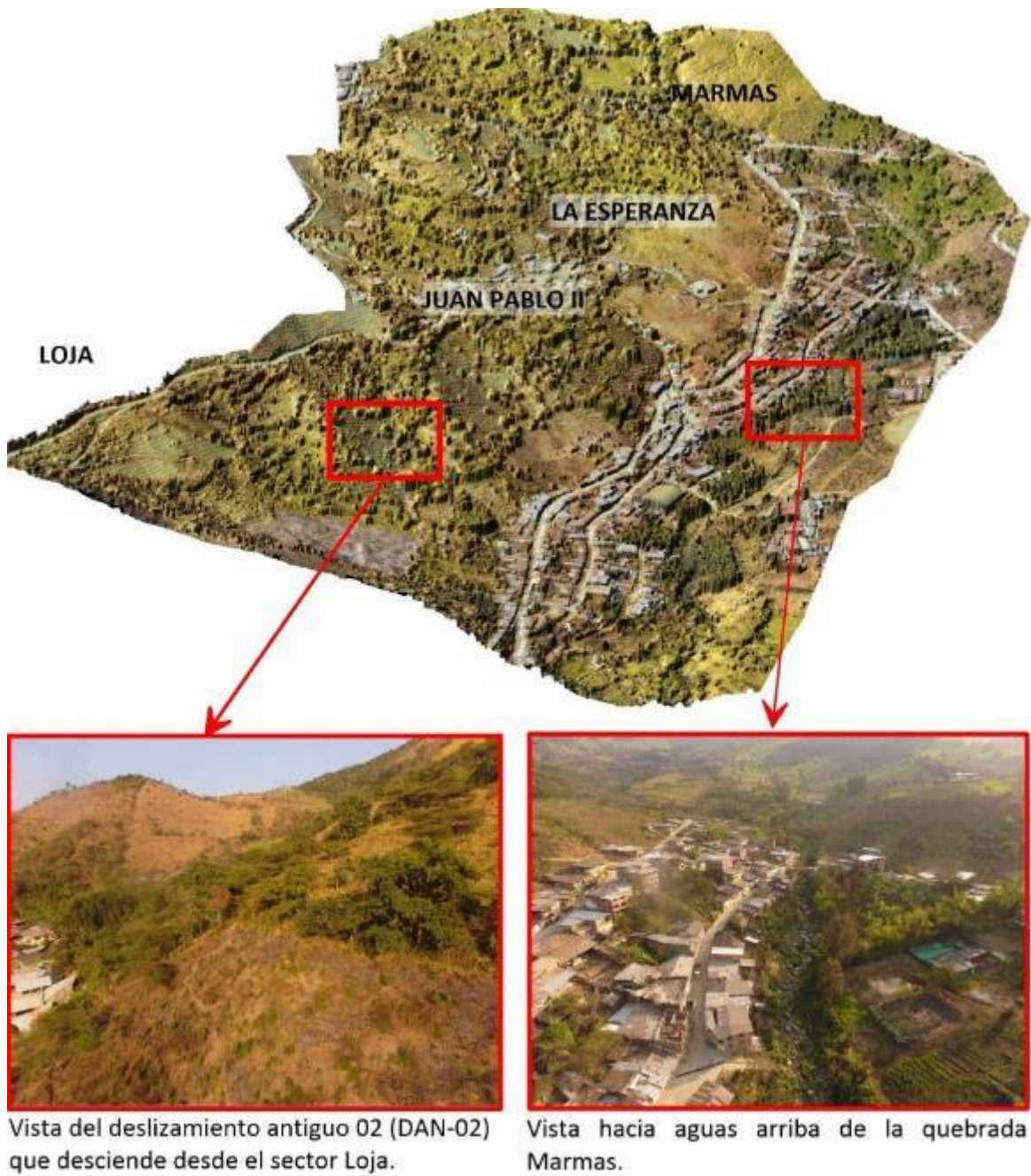
Villota, H. (2005). Geomorfología Aplicada a Levantamientos Edafológicos Y Zonificación de Tierras. Bogotá, Colombia. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Departamento Administrativo Nacional de Estadística. 183 p.

WP/WLI, 1990, A suggested method for reporting a landslide: Bulletin of the International Association of engineering Geology, no. 41, p. 5–12.

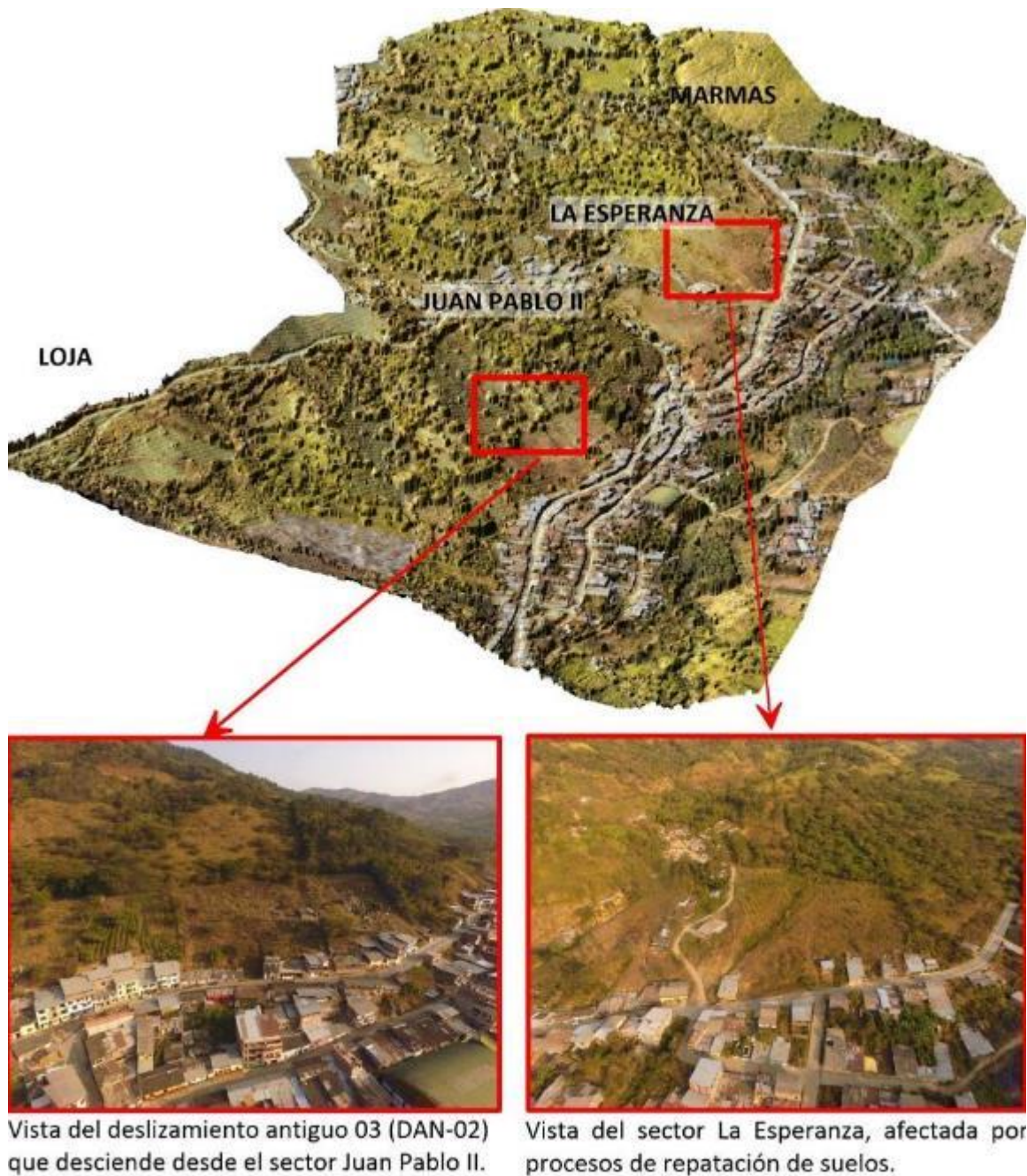
## ANEXO 1: MAPAS Y PERFILES



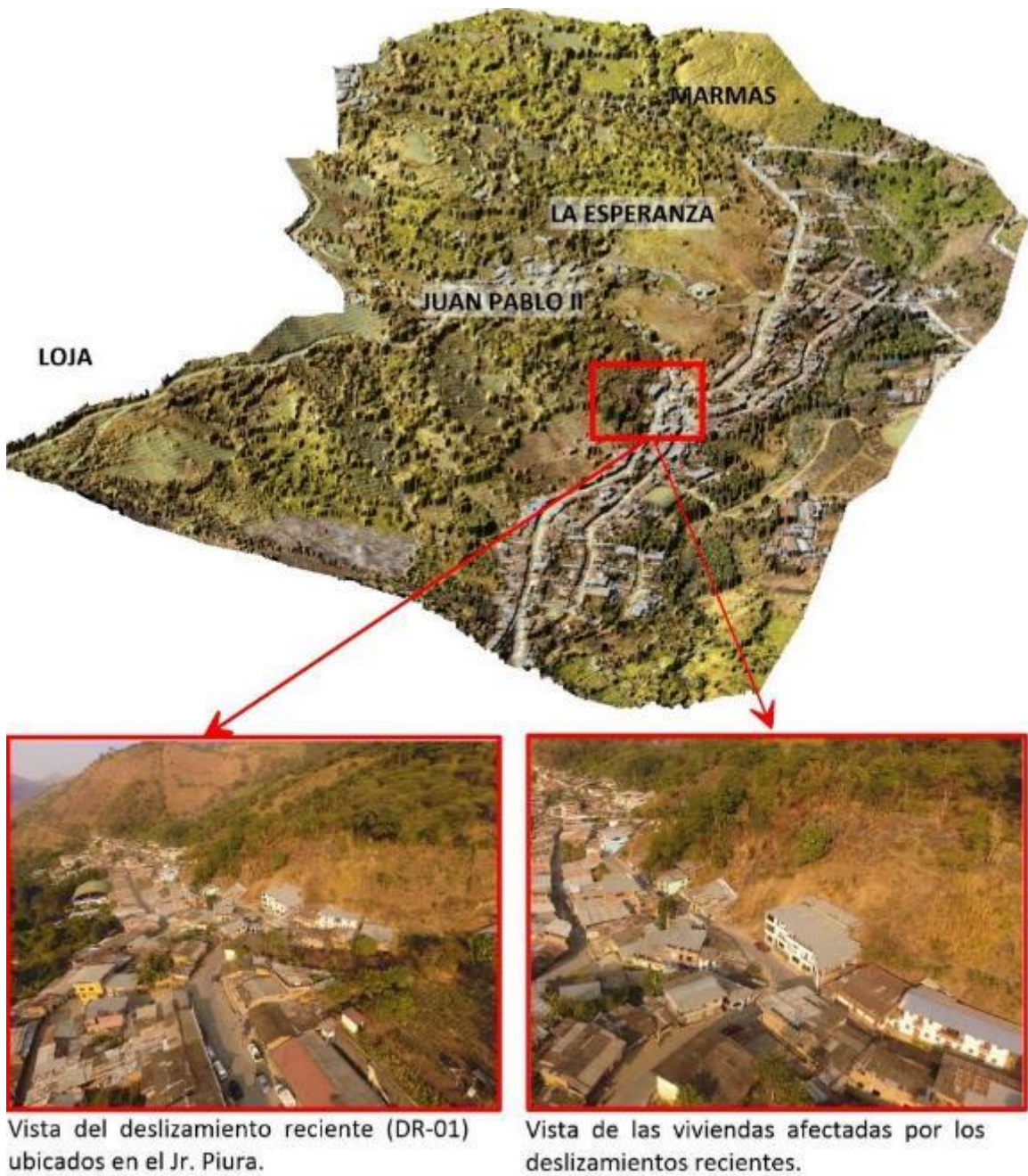
**Figura 39.** Vista del deslizamiento antiguo DAN-01.



**Figura 40.** Vista del deslizamiento antiguo DAN-02 y la quebrada Marmas.



**Figura 41.** Vista del deslizamiento antiguo DAN 03 y la zona de reptación.



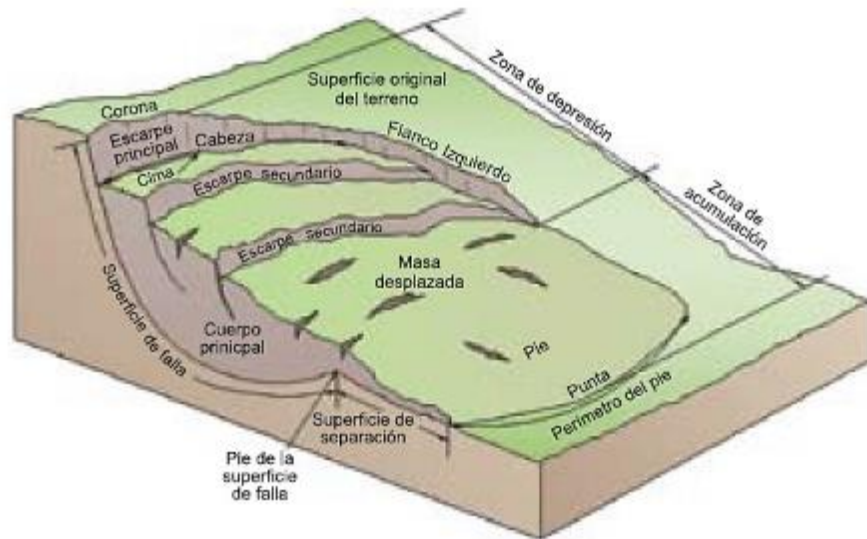
**Figura 42.** Vista del deslizamiento reciente en el Jr. Piura.



## ANEXO 2: GLOSARIO

### Deslizamiento

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 43).



**Figura 43.** Diagrama de bloque de un deslizamiento (WP/WLI, 1990).

### Caídas (Fall)

La caída es un tipo de movimiento en masa en el cual uno o varios bloques de suelo o roca se desprenden de una ladera, sin que a lo largo de esta superficie ocurra desplazamiento cortante apreciable. Una vez desprendido, el material cae desplazándose principalmente por el aire pudiendo efectuar golpes, rebotes y rodamiento (Varnes, 1978). Dependiendo del material desprendido se habla de una caída de roca, o una caída de suelo. El movimiento es muy rápido a extremadamente rápido (Cruden y Varnes, 1996), es decir con velocidades mayores a  $5 \times 10^1$  mm/s. El estudio de casos históricos ha mostrado que las velocidades alcanzadas por las caídas de rocas pueden exceder los 100 m/s.

En Evans y Hungr (1993) se pueden consultar ejemplos de caída de roca fragmentada (figura 44). Los acantilados de roca son usualmente la fuente de caídas de roca, sin embargo también puede presentarse el desprendimiento de bloques de laderas en suelo de pendiente alta.



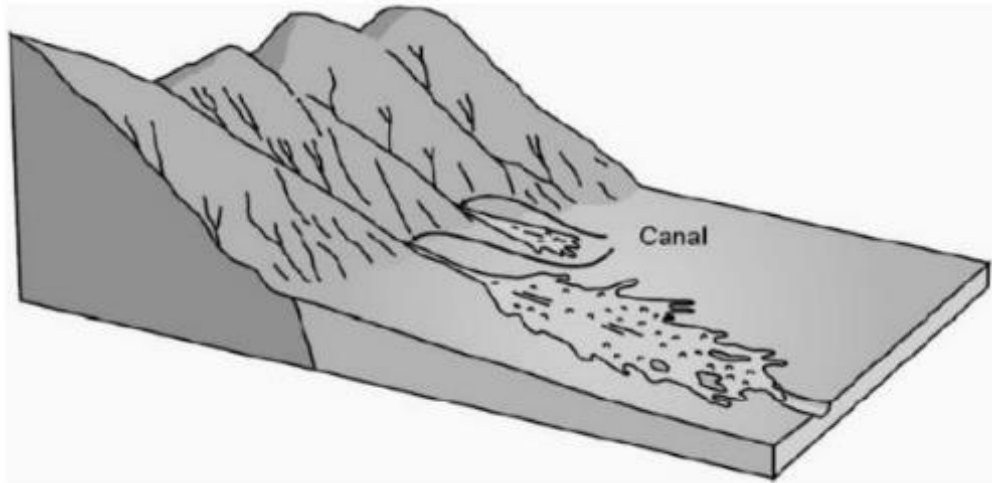
**Figura 44.** Caída de rocas (a) Comunidad Chullpa Khasa, Provincia de Ayopaya, Departamento de Cochabamba, Bolivia (Fotografía G. Quenta) (b) Margen izquierda del río Huaura, provincia de Oyon, Lima, Perú (Fotografía L. Fidel).

## 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 45). 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 (PMA: GCA, 2007). Esta característica hace que los flujos de detritos tengan un alto potencial destructivo.



**Figura 45.** Esquema de un flujo canalizado (Cruden y Varnes, 1996).

**Reptación**

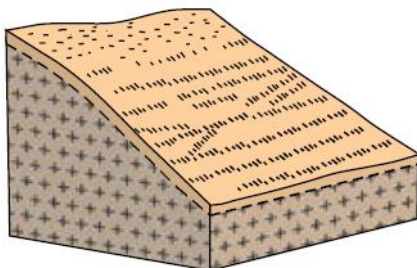
La reptación se refiere a aquellos movimientos lentos del terreno en donde no se distingue una superficie de falla (figura 46). La reptación puede ser de tipo estacional, cuando se asocia a cambios climáticos o de humedad del terreno, y verdadera cuando hay un desplazamiento relativamente continuo en el tiempo (PMA: GCA, 2007).



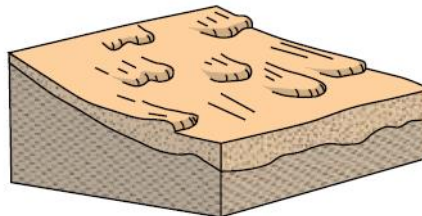
(a)



(b)



(c) Reptación



(d) Soliflucción

**Figura 46.** Procesos de reptación (a) Ladera en reptación entre la carretera Ibagué – Armenia. (b) Reptación de suelos, margen derecha del río Nupe, Lauricocha, Huánuco, Perú (Fotografía L. Fidel) (c) y (d) Esquemas de reptación y soliflucción, según Corominas Dulcet y Garcia Yague, 1997.

### Caída

La caída es un tipo de movimiento en masa en el cual uno o varios bloques de suelo o roca se desprenden de una ladera, sin que a lo largo de esta superficie ocurra desplazamiento cortante apreciable. Una vez desprendido, el material cae desplazándose principalmente por el aire pudiendo efectuar golpes, rebotes y rodamiento (Varnes, 1978). Dependiendo del material desprendido se habla de una caída de roca, o una caída de suelo. El movimiento es muy rápido a extremadamente rápido (Cruden y Varnes, 1996), es decir con velocidades mayores a  $5 \times 10^1$  mm/s. El estudio de casos históricos ha mostrado que las velocidades alcanzadas por las caídas de rocas pueden exceder los 100 m/s (figura 47).

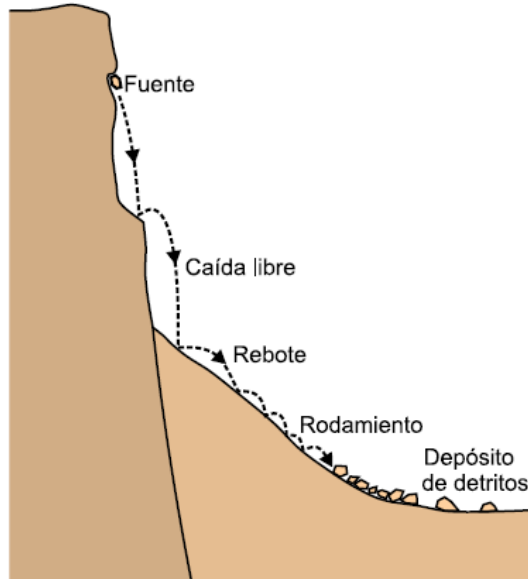


Figura 47. Esquema de la caída de rocas (Varnes, 1978).

## ANEXO 3: ALTERNATIVAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN

### 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 48).

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 y 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.

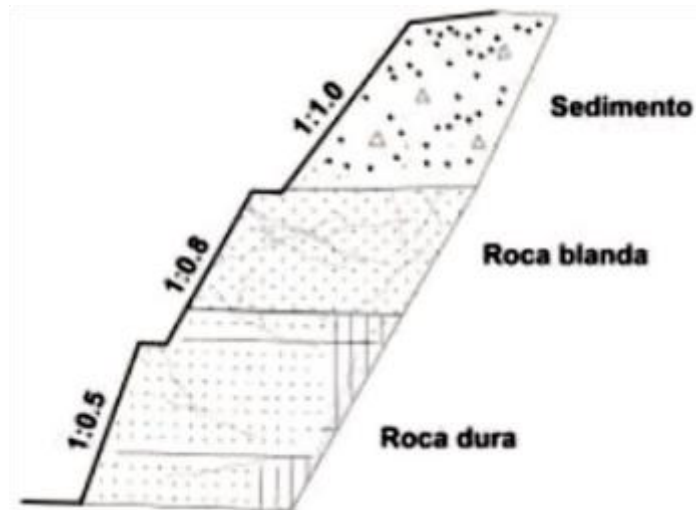


Figura 48. Condiciones de terreno y forma de taludes (JICA, 2007).

### Muros de contención

El propósito de una estructura de contención es el resistir las fuerzas ejercidas por la tierra contenida, y transmitir esas fuerzas en forma segura a la fundación o a un sitio por fuera de la masa analizada de movimiento. En el caso de un deslizamiento de tierra el muro ejerce una fuerza para contener la masa inestable y transmite esa fuerza hacia una cimentación o zona de anclaje por fuera de la masa susceptible de moverse. Las deformaciones excesivas o movimientos de la estructura de contención o del suelo a su alrededor deben evitarse para garantizar su estabilidad (Díaz, 1998).

### Tipos de Estructura

Existen varios tipos generales de estructura, y cada una de ellas tiene un sistema diferente de transmitir las cargas.

### Muros masivos rígidos

Son estructuras rígidas, generalmente de concreto, las cuales no permiten deformaciones importantes sin romperse. Se apoyan sobre suelos competentes para transmitir fuerzas de su cimentación al cuerpo del muro y de esta forma generar fuerzas de contención.

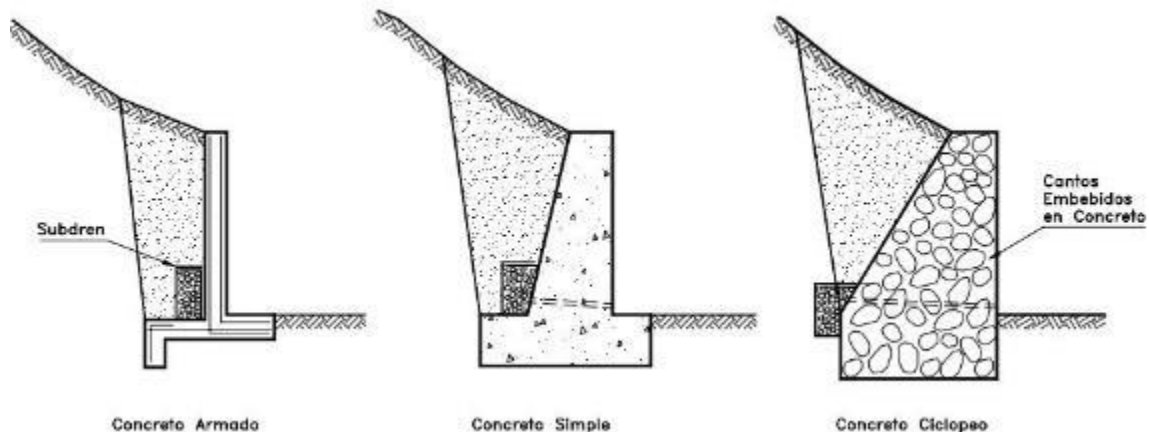


Figura 48. Esquema de muros rígidos (Díaz, 1998).

**Ventajas y desventajas de los diversos tipos de muro rígido.**

Muro	Ventajas	Desventajas
Reforzado	Los muros de concreto armado pueden emplearse en alturas grandes (superiores a diez metros), previo su diseño estructural y estabilidad. Se utilizan métodos convencionales de construcción, en los cuales la mayoría de los maestros de construcción tienen experiencia.	Requieren de buen piso de cimentación. Son antieconómicos en alturas muy grandes y requieren de formaletas especiales. Su poco peso los hace inefectivos en muchos casos de estabilización de deslizamientos de masas grandes de suelo.
Concreto simple	Relativamente simples de construir y mantener, pueden construirse en curvas y en diferentes formas para propósitos arquitectónicos y pueden colocarse enchapes para su apariencia exterior.	Se requiere una muy buena fundación y no permite deformaciones importantes, se necesitan cantidades grandes de concreto y un tiempo de curado, antes de que puedan trabajar efectivamente. Generalmente son antieconómicos para alturas de más de tres metros.
Concreto ciclópeo	Similares a los de concreto simple. Utilizan bloques o cantos de roca como material embebido, disminuyendo los volúmenes de concreto.	El concreto ciclópeo (cantos de roca y concreto) no puede soportar esfuerzos de flexión grandes.