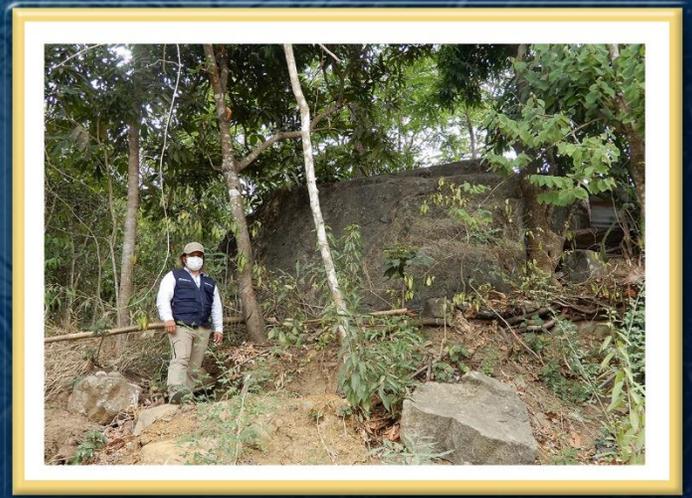


DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A7154

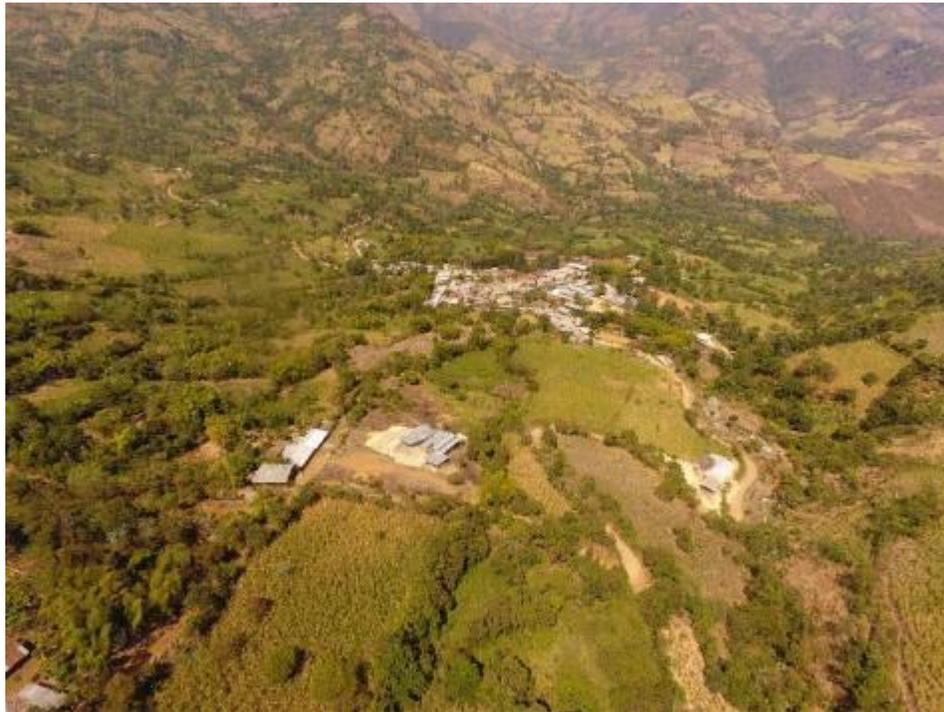
EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR MOVIMIENTOS EN MASA EN EL ÁREA URBANA DE JILILÍ Y ALREDEDORES, CASERÍOS BELLA VISTA ALTA Y EL LIMÓN

Región Piura
Provincia Ayabaca
Distrito Jililí



MAYO
2021

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR MOVIMIENTOS EN MASA EN EL ÁREA URBANA DE JILILÍ Y ALREDEDORES, CASERÍOS BELLA VISTA ALTA Y EL LIMÓN, EN EL DISTRITO DE JILILÍ, 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 Jililí y alrededores, caseríos Bella Vista Alta y El Limón, en el distrito de Jililí, provincia de Ayabaca, región Piura*. Lima: INGEMMET, Informe Técnico A7154, 58p.

ÍNDICE

RESUMEN	1
1. INTRODUCCIÓN	3
1.1. Objetivos del estudio	3
1.2. Antecedentes y trabajos anteriores	4
1.3. Aspectos generales	5
1.3.1. Ubicación.....	5
1.3.2. Accesibilidad.....	6
2. ASPECTOS GEOLÓGICOS	6
2.1. Unidades litoestratigráficas	7
2.1.1. Formación San Lorenzo (Ki-vsl).....	7
2.1.2. Formación La Bocana Miembro Medio (Ks-bm).....	8
2.1.3. Depósitos aluviales (Q-al).....	9
2.1.4. Depósitos fluviales (Q-fl).....	9
2.1.5. Depósitos coluvio deluviales (Q-cd).....	10
3. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS	10
3.1. Modelo digital de elevaciones (MDE)	11
3.2. Pendientes del terreno	11
3.3. Unidades geomorfológicas	12
3.3.1. Geoformas de carácter tectónico degradacional y erosional.....	12
3.3.2. Geoformas de carácter depositacional y agradacional.....	13
4. PELIGROS GEOLÓGICOS	16
4.1. Peligros geológicos en la zona urbana de Jililí y alrededores (Z-1)	16
4.1.1. Avalancha de rocas en el área urbana de Jililí y alrededores.....	16
4.1.2. Flujo de detritos en el área urbana de Jililí.....	20
4.1.3. Reptación de suelos en el área urbana de Jililí.....	22
4.2. Peligros geológicos el caserío Bella Vista (Z-2)	26
4.2.1. Cárcavas en el caserío Bella Vista.....	26
4.2.2. Deslizamiento en el caserío Bella Vista.....	27
4.3. Peligros geológicos en caserío El Limón (Z-3)	29

4.3.1.	Deslizamientos recientes en el caserío El Limón.....	29
4.3.2.	Deslizamientos antiguos en el caserío El Limón.....	31
4.4.	Factores condicionantes	32
4.4.1.	Litología	32
4.4.2.	Pendientes.....	34
4.5.	Factores desencadenantes	34
4.5.1.	Lluvias intensas durante el Niño Costero	34
4.6.	Daños por peligros geológicos	36
4.6.1.	Viviendas	36
4.6.2.	Institución Educativa N° 15021 Jililí	37
4.6.3.	Institución Educativa Inicial 20617 El Limón	38
4.6.4.	Plaza de Armas de Jililí	38
5.	CONCLUSIONES	40
6.	RECOMENDACIONES	41
6.1.	Área urbana del distrito de Jililí (Z-1)	41
6.2.	Caserío Bella Vista Alta (Z-2).....	41
6.3.	Caserío El Limón (Z-3).....	42
7.	BIBLIOGRAFÍA	43
	ANEXO 1: MAPAS Y PERFILES	45
	ANEXO 2: GLOSARIO	51
	ANEXO 3: ALTERNATIVAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN	55

RESUMEN

El presente informe técnico es el resultado de la evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa en el área urbana del distrito de Jililí y sectores Bella Vista Alta y El Limón, que pertenecen a la jurisdicción de la Municipalidad Distrital de Jililí, 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 la zona de evaluación afloran calizas y margas de la Formación La Bocana, muy fracturadas e intensamente meteorizadas, deleznable y con presencia de humedad.

Así también se observan andesitas de la Formación San Lorenzo, fracturadas y meteorizadas, que han originado bloques y clastos dispersos en toda la zona de evaluación. Los depósitos Cuaternarios de tipo coluvio – deluvial que cubren estas formaciones, se encuentran formados por clastos y gravas angulosas en una matriz de limo – arenosa. En estos depósitos ocurren movimientos en masa, principalmente deslizamientos, reptación de suelos y cárcavas.

El área urbana de Jililí, se ubica sobre un piedemonte coluvio deluvial de pendiente moderada, de origen depositacional y agradacional, originadas por la ocurrencia de avalanchas de rocas, flujos de detritos y lodos. Hacia el sur, sureste y noreste se encuentran montañas en rocas volcánico-sedimentarias que conforman la cabecera de la cuenca desde donde se originaron grandes eventos aluviónicos. Los cauces de las quebradas La Perla y Bella Vista son el resultado de la erosión e incisión de cursos de agua superficial, formando así lechos por donde descienden flujos activados en temporada de lluvias.

El centro urbano de Jililí, la plaza central, la I.E.15021 Jililí y las viviendas ubicadas en la calle José Carlos Mariátegui son afectadas por procesos de reptación de suelos manifestados en basculamientos, hundimientos y desplazamientos que originan grietas en paredes, pisos, muros y losas de concreto. Estos procesos se desarrollan sobre una antigua avalancha de rocas; además, durante la temporada de lluvias las quebradas La Perla y Bella Vista se activan por flujos de detritos y lodos afectando viviendas y vías de acceso como ocurrió el 25 de marzo 2017 y recientemente en el 2019. Los caseríos El Limón y Bella Vista Alta fueron afectados por deslizamientos y cárcavas en el 2017 que ocasionaron la pérdida de cultivos y vías de acceso.

Se concluye que, el área urbana de Jililí y alrededores tiene un **Peligro Alto** por flujos de detritos y deslizamientos, generados y acrecentados por procesos precedentes de reptación de suelos. Para los caseríos de Bella Vista Alta y El Limón, al primero se considera de **peligro alto** por estar afectado por procesos de cárcavas; al segundo por **peligro medio** por deslizamientos. Todos estos propensos a activarse durante la temporada de lluvias y eventos anómalos como El Niño y Niño Costero.

Se recomienda, mejorar el drenaje pluvial e impermeabilizar con geomembranas las acequias y canales de la ciudad, estabilizar los escarpes de los deslizamientos mediante

banqueteo, mejorar el sistema de drenaje de vías, calles y trochas carrozables para evitar la sobresaturación de laderas inestables susceptibles a movimientos en masa.

1. INTRODUCCIÓN

El Ingemmet, ente técnico-científico que desarrolla a través de los proyectos de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (DGAR) la “Evaluación de peligros geológicos a nivel nacional (ACT. 11)”, contribuye de esta forma con entidades gubernamentales 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 Jililí, según Oficio N° 134-2020-MDJ/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, cárcavas y procesos de reptación de suelos”, ocurridos el 25 de marzo de 2017 y recientemente durante el 2019, los cuales afectaron viviendas en el área urbana de Jililí y los caseríos Bella Vista Alta y El Limón.

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, los trabajos de campo se realizaron los días 07 y 08 de noviembre del 2020.

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 Jililí y las entidades encargadas en la gestión de riesgo de desastres, 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 sectores Bella Vista Alta 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 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” (Vílchez. M, et al 2017). El Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico a través de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico, evaluó y elaboró el inventario y caracterización de zonas afectadas por peligros geológicos desencadenados por el denominado Niño Costero durante los meses de enero a marzo del 2017. Los datos recopilados permitieron actualizar el mapa de susceptibilidad a movimientos en masa de la región a escala 1:100 000, mediante un GIS, se realizó la superposición de capas o mapas de factores condicionantes (litología, geomorfología, pendientes, cobertura vegetal, entre otros), de esta manera se obtuvo la zonificación del peligro (figura 01). El área urbana de Jililí y el caserío Bella Vista Alta tienen una susceptibilidad alta por movimientos en masa; mientras que, el caserío El Limón tienen una susceptibilidad muy alta por deslizamientos. En los sectores evaluados afloran rocas intensamente meteorizadas y muy fracturadas con presencia de humedad, los depósitos superficiales inconsolidados se distribuyen en laderas con pendientes entre 30° a 45°.
- B. Boletín N° 39, Serie A, Carta Geológica Nacional: “Geología de los cuadrángulos de Las Playas, La Tina, Las Lomas, Ayabaca, San Antonio, Chulucanas, Morropón, Huancabamba, Olmos y Pomahuaca 9-c, 9-d, 10-c, 10-d, 10-e, 11-c, 11-d, 11-e, 12-d y 12-e (1987). El área de evaluación se ubica al norte de la hoja 10-d a escala 1: 100,000 que abarca gran parte de la provincia de Ayabaca, en la zona afloran rocas del Volcánico Lancones conformadas por brechas piroclásticas andesíticas con litoclastos de grandes dimensiones. El grupo San Pedro está conformado por areniscas tobáceas, lodolitas o limolitas que se encuentran infrayaciendo al Volcánico Lancones.
- C. 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 que afloran en el área urbana de Jililí. Mientras que, al sur y suroeste afloran lavas y andesitas basálticas de la Formación San Lorenzo. En conjunto, los afloramientos observados se encuentran muy fracturados e intensamente meteorizados coberturados por depósitos aluviales poco compactos y susceptibles a movimientos en masa.

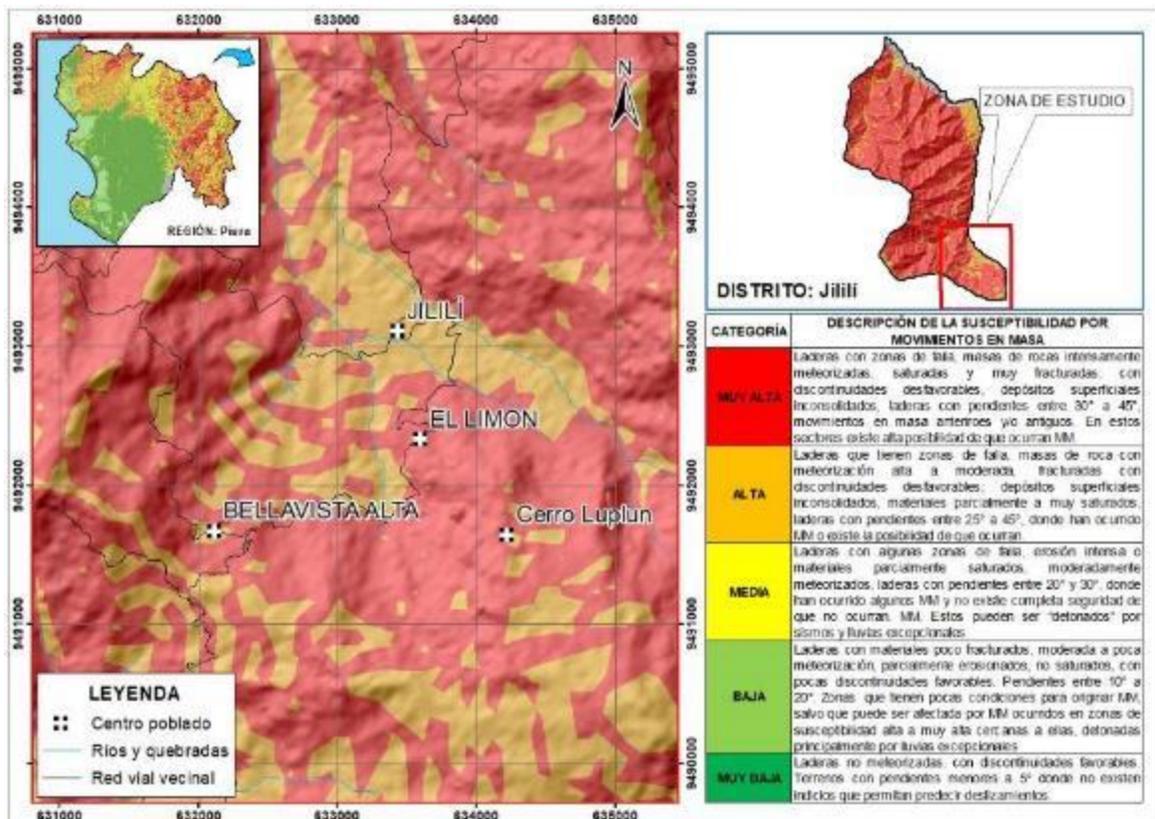


Figura 01. Mapa de susceptibilidad a movimientos en masa a escala 1:100 000 de la zona de evaluación (Vílchez et al., 2017).

1.3. Aspectos generales

1.3.1. Ubicación

Las zonas de evaluación se ubican en el distrito de Jililí, abarcan el área urbana del distrito y los caseríos Bella Vista Alta y El Limón, estos últimos ubicados a 1.9 km a 0.85 km de Jililí respectivamente, provincia de Ayabaca, región Piura (figura 02), en las siguientes coordenadas UTM (WGS84 – Zona 17S):

Cuadro 01. Coordenadas del área de evaluación

N°	UTM - WGS84 - Zona 17L		Geográficas	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
1	633107	9493570	4° 34' 50.59" S	79° 48' 0.28" O
2	634064	9493570	4° 34' 50.54" S	79° 47' 29.21" O
3	634064	9492559	4° 35' 23.45" S	79° 47' 29.15" O
4	633107	9492559	4° 35' 23.50" S	79° 48' 0.23" O
COORDENADA CENTRAL DE LA ZONA EVALUADA O EVENTO PRINCIPAL				
Z-1	633433	9493113	4° 35' 5.45" S	79° 47' 49.67" O
Z-2	632115	9491674	4° 35' 52.40" S	79° 48' 32.37" O
Z-3	633602	9492333	4° 35' 30.84" S	79° 47' 44.17" O

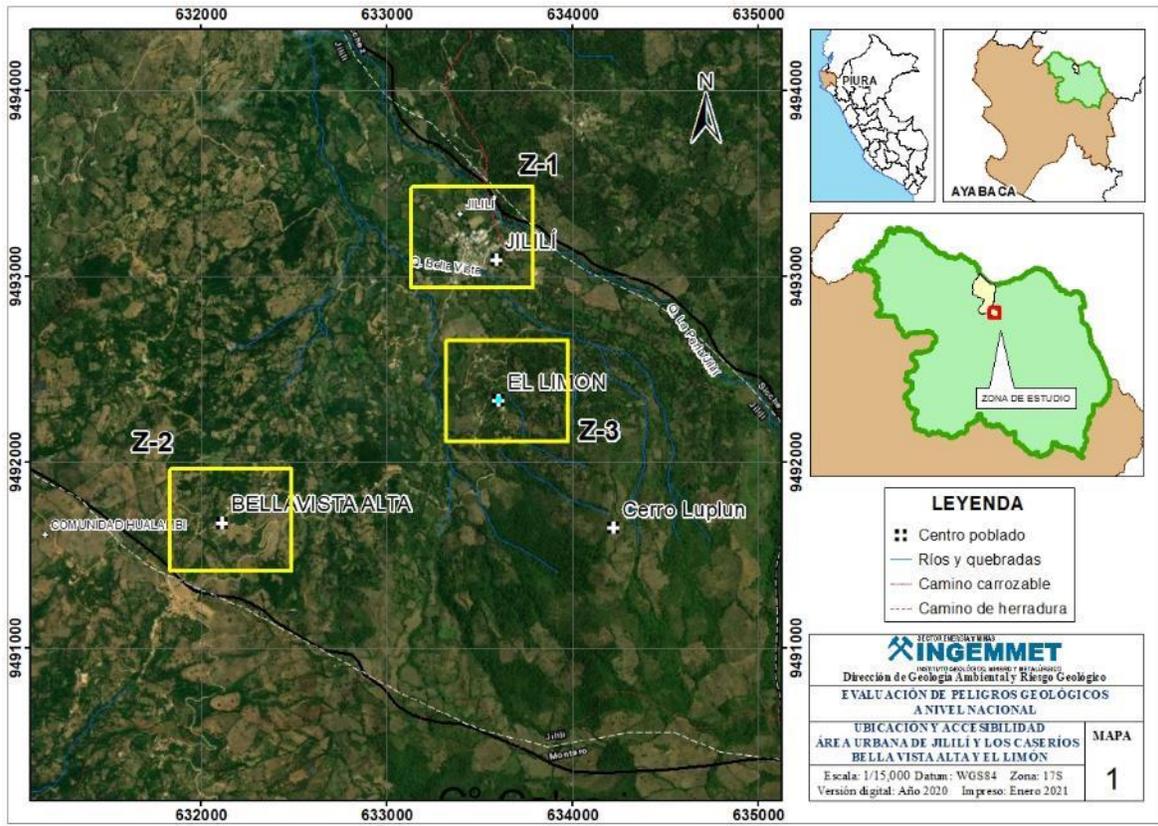


Figura 02. Mapa de ubicación del área urbana de Jililí y los caseríos Bella Vista y El Limón.

1.3.2. Accesibilidad

El acceso a la zona se realizó desde la ciudad de Cajamarca mediante la siguiente ruta:

Cuadro 02. Rutas y accesos a la zona evaluada

Ruta	Tipo de vía	Distancia (km)	Tiempo estimado
Cajamarca - Chiclayo	Asfaltada	254	5 h 30 min
Chiclayo - Piura	Asfaltada	215	3 h 15 min
Piura - Paimas	Asfaltada	156	2 h 20 min
Paimas - Montero	Trocha carrozable	24	45 min
Montero - Jililí	Trocha carrozable	22	45 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 de estudio afloran calizas y margas 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 las quebradas La Perla/Jililí y Bella Vista y los depósitos aluviales se distribuyen en gran parte del área urbana de Jililí (figura 03).

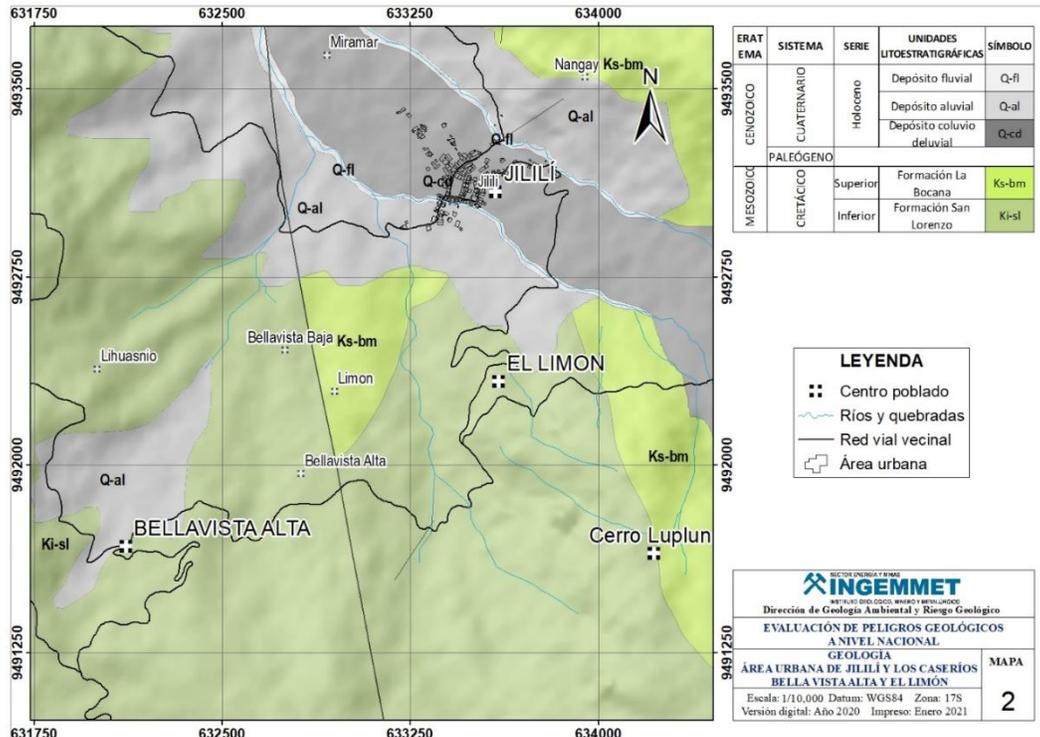


Figura 03. Geología del cuadrángulo de Ayabaca 10d4 a escala 1:50 000 (Jaimes et al., 2016).

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-vsl)

Son afloramientos de lavas basálticas y andesíticas basálticas muy fracturadas y meteorizadas, intercaladas con niveles brechosos. Esta litología se distribuye al sur y sureste del centro urbano del distrito de Jililí, la parte alta del sector El Limón y se proyectan hacia el distrito de Montero y hacia la frontera con Ecuador (fotografía 01).



Fotografía 01. Andesitas que floran en la quebrada Jililí a 350 m al este del área urbana en las coordenadas: 9493168N, 633857E.

2.1.2. Formación La Bocana Miembro Medio (Ks-bm)

Las secuencias sedimentarias La Bocana Miembro Medio afloran en la parte alta del caserío El limón, están conformadas por calizas lodolíticas, margas grises oscuras laminadas, intercaladas con calizas color gris en estratos delgados y algunos niveles tobáceos, estos afloramientos presentan buzamientos paralelos a la pendiente de las laderas con dirección hacia el centro poblado Jililí. Estas rocas se encuentran fuertemente fracturadas e intensamente meteorizadas con presencia de humedad (fotografía 02).



Fotografía 02. Calizas lodolíticas y margas en el caserío El Limón cerro Luplun en las coordenadas 9491929N y 634156E.

2.1.3. Depósitos aluviales (Q-al)

Están constituidos por clastos, gravas y gravillas en una matriz limo-arenosa con secuencias arcillosas y bloques dispersos. Esta cobertura tiene espesores variables de secuencias poco compactas que se distribuyen de sureste a noroeste hacia la ciudad de Jililí, habiéndose originado por antiguos procesos de remoción en masa (fotografía 03).



Fotografía 03. Materiales aluviales ubicados en las coordenadas 9493013N y 633367E.

2.1.4. Depósitos fluviales (Q-fl)

Están constituidos por clastos y gravas subredondeadas con arenas gruesas. Estos materiales están distribuidos en el cauce de las quebradas La Perla y Bella Vista, tiene aportantes de materiales gruesos que provienen desde las laderas y que son transportados por la escorrentía en temporada de lluvias (fotografía 04).



Fotografía 04. Quebrada Jililí, coordenadas 9493052N y 633391E.

2.1.5. Depósitos coluvio deluviales (Q-cd)

Son aquellos depósitos que se encuentran acumulados al pie de laderas prominentes, como material de escombros constituidos por bloques de gravas, guijarros con clastos subangulosos a angulosos y matriz areno-limosa que han sufrido transporte. Los depósitos de esta unidad son conformados por depósitos de movimientos de masa antiguos, como los deslizamientos, avalanchas y derrumbes. Estos depósitos heterométricos tienen escasa cohesión con malas características geotécnicas y se consideran suelos no competentes, susceptibles a la generación de movimientos en masa (fotografía 05).



Fotografía 05. Bloque de roca de 4 m de largo, 1.5 m de alto y 2.5 m de ancho, coordenadas 9493136N y 633580E.

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 dron de la zona urbana del distrito de Jililí que abarcó un total de 68 ha, de donde se obtuvo el modelo digital de elevaciones, mapa de pendientes y ortofoto con una resolución (GSD) de 5 cm por píxel. Para los caseríos Bella Vista y El Limón, se obtuvo un modelo digital de terreno de 12.5 m por píxel del servidor ALOS PALSAR, 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 1110 m s.n.m y 2200 m s.n.m; mientras que, el área urbana del centro poblado Jililí se asienta sobre superficies con elevaciones entre 1299 m s.n.m y 1372 m s.n.m. Las máximas elevaciones se ubican al sur, sureste y este con superficies que sobrepasan los 1750 m de altitud. Los flujos de detritos se desarrollan desde los 1720 m de altitud, llegan hasta el área urbana de Jililí y descienden hasta 1100 m (figura 04).

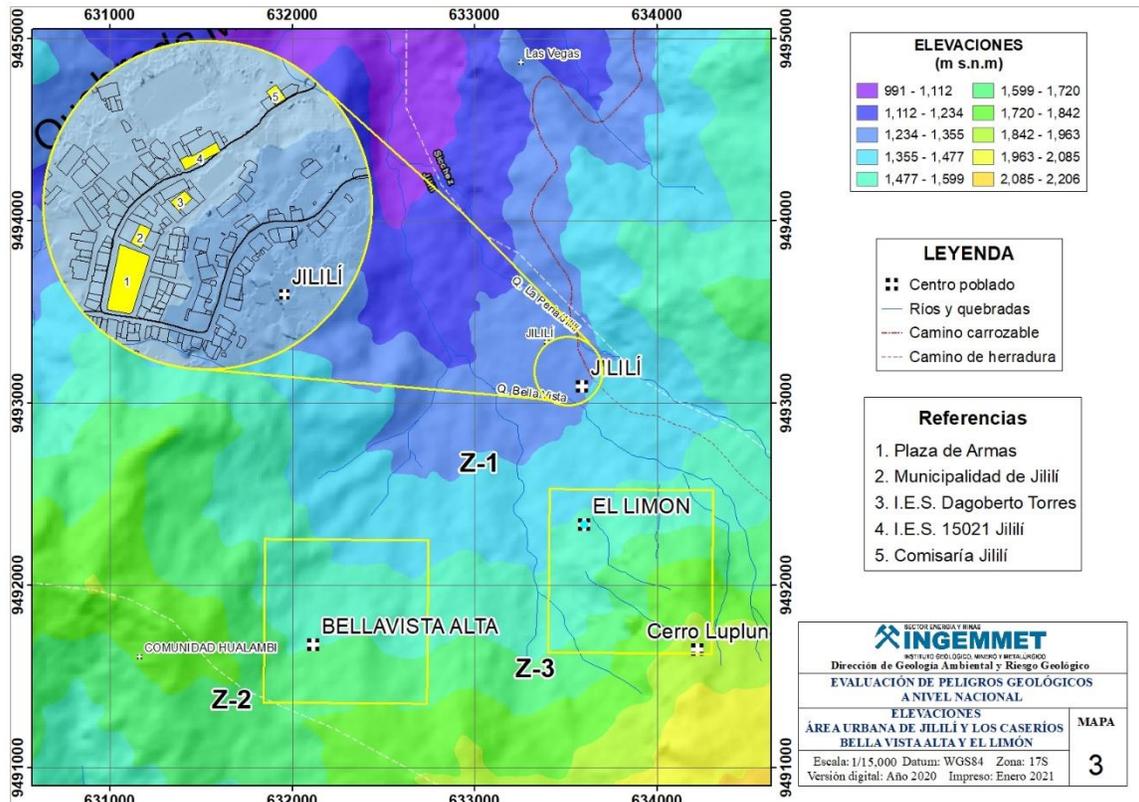


Figura 04. Mapa de elevaciones (Elaboración propia).

3.2. Pendientes del terreno

En la etapa de campo se delimitó el área de intervención que abarcó un total de 67 has, del análisis del mapa de pendientes se determinó que el 33% equivalente a 22 has presenta relieves con pendientes llanas a suavemente inclinadas, el 33% aproximadamente 22 has presenta pendientes moderadas (5°-15°); mientras que, el 28% (19 has) son superficies con pendientes fuertes a muy fuerte (15° - 45°). Las pendientes muy escarpadas abarcan solo 4 has (6%) y representan los cauces de las quebradas y laderas adyacentes (figura 05).

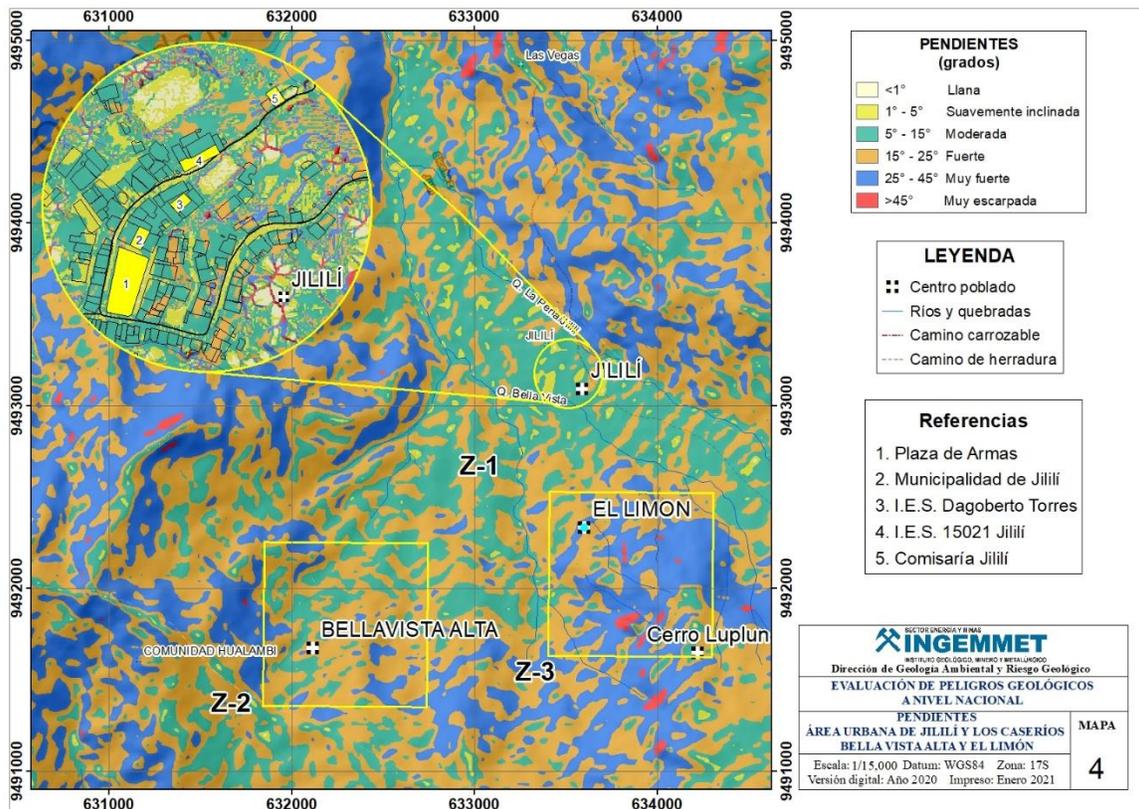


Figura 05. Mapa de pendientes del área urbana del distrito de Jililí (Adaptado y mejorado del Boletín de la serie C, N° 52, Vílchez et al., 2013).

3.3. Unidades geomorfológicas

En general, desde el punto de vista morfoestructural regional, el área estudiada se ubica en la Cordillera Occidental del Perú, la cual se encuentra disectada por varios cursos de ríos y quebradas, entre los principales se tienen a los ríos Chira, Piura y Huancabamba. (Vílchez et al., 2013).

La zona de evaluación abarca las quebradas La Perla y Bella Vista, cuya cuenca está formada por montañas en rocas volcánicas con grados de fracturamiento muy alto e intensamente meteorizadas, estas geoformas presentan pendientes suavemente inclinadas a muy fuertes y fueron las principales fuentes de aporte a los antiguos deslizamientos y avalancha de rocas que modelaron las geoformas donde se asienta el área urbana de Jililí.

3.3.1. Geoformas de carácter tectónico degradacional y erosional

Están representadas por las formas de terreno resultados de la acumulación de materiales provenientes de los procesos denudativos y erosionales que afectan otras geoformas preexistentes:

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): Estas geoformas se ubican al noroeste y sureste de Jililí y configuran las partes más altas de la zona de estudio con pendientes muy fuertes ($25^{\circ} - 45^{\circ}$) desde donde descienden las quebradas que llegan hasta el área urbana (figura 06).



Figura 06. Montaña ubicada al noroeste del área urbana de Jililí.

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. Sobre esta unidad con pendientes moderadas (5° - 15°), se asienta gran parte del área urbana del distrito de Jililí y las principales infraestructuras como colegios, posta médica, comisaría, etc. (figura 07).



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

Subunidad de cauce de río (R): Está unidad corresponde a los cauces y lechos de las quebradas La Perla y Bella Vista, principales recolectores del drenaje fluvial. Ambas quebradas cruzan la zona de sureste a noroeste con una pendiente promedio de 14.5° (moderada), los materiales que transporta están conformados por clastos, gravas y arenas gruesas recorriendo un total de 2 km dentro del área de evaluación (figura 08).



Figura 08. Cauce de la quebrada La Perla ubicada al este del área urbana.

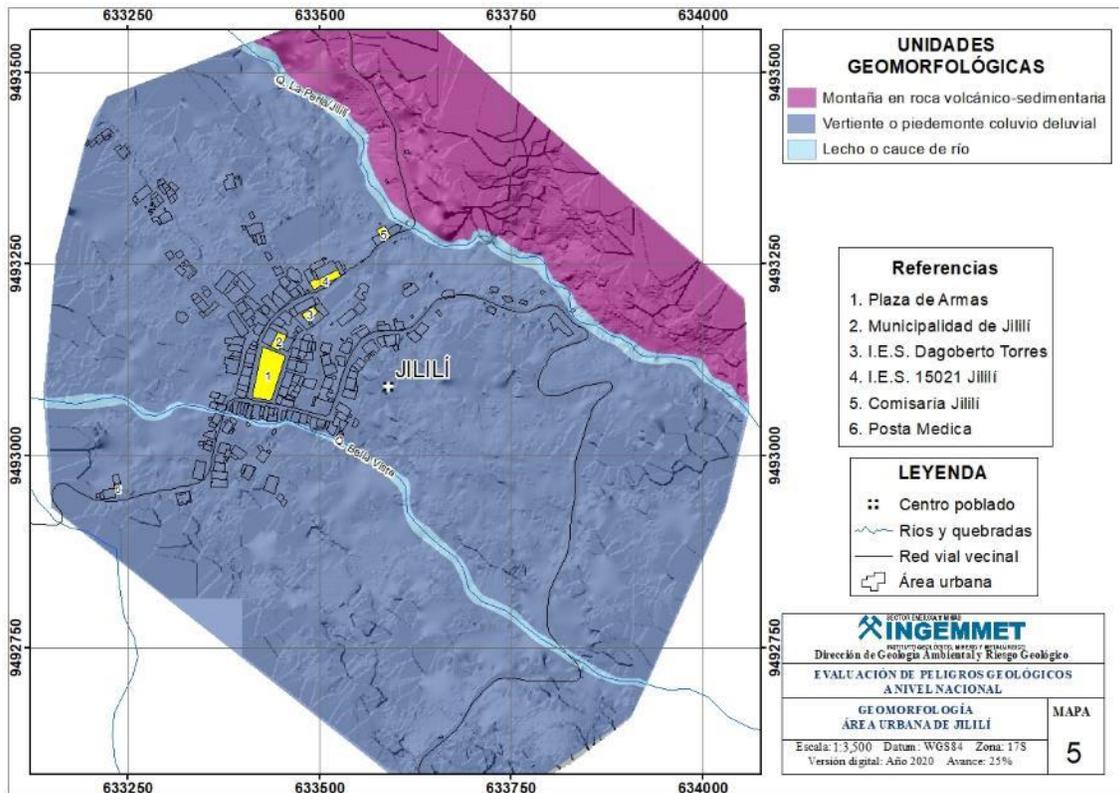


Figura 09. Geoformas en el área urbana de Jilili y alrededores (Elaboración propia).

4. PELIGROS GEOLÓGICOS

Los peligros geológicos reconocidos en la zona evaluada, corresponden a movimientos en masa de tipo flujos de detritos, reptación de suelos y avalanchas de rocas (Proyecto Multinacional Andino, 2007). Estos procesos son resultado del modelamiento del terreno, así como la incisión sufrida en los cursos de agua provenientes desde la parte alta de la cuenca, que conllevó a la generación de diversos movimientos en masa, que modificaron la topografía de los terrenos y movilizaron cantidades variables de materiales desde las laderas hacia el curso de los ríos y quebradas.

Estos movimientos en masa, tienen como causas o condicionantes factores intrínsecos, como son la geometría del terreno, la pendiente, el tipo de roca, el tipo de suelos, el drenaje superficial-subterráneo y la cobertura vegetal. Se tiene como “desencadenantes” de estos eventos las precipitaciones pluviales periódicas y extraordinarias que caen en la zona, así como la sismicidad.

4.1. Peligros geológicos en la zona urbana de Jililí y alrededores (Z-1)

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).

Se definieron 03 áreas de intervención, las cuales abarcan el área urbana de Jililí donde se identificó una antigua avalancha de rocas, flujos de detritos y reptación de suelos (Z-1), mientras que, en los caseríos Bella Vista Alta (Z-2) y El Limón (Z-3) se identificaron erosión de laderas y deslizamientos respectivamente.

A continuación, se describen los peligros geológicos en las zonas de evaluación:

4.1.1. Avalancha de rocas en el área urbana de Jililí y alrededores

El área urbana de Jililí se asienta sobre una antigua avalanchas de rocas, estos se caracterizan por ser eventos geodinámicos violentos que transportan grandes cantidades de materiales conformados por bloques de roca de hasta 5 m de diámetro, acompañado de clastos, gravas y gravillas angulosas a subredondeadas con matriz limo arenosa y contenidos de arcillas. Estos movimientos en masa antiguos han modelado el piedemonte coluvio deluvial sobre el cual hoy se asienta el área urbana del distrito de Jililí (figuras 10 y 11) y Anexo 01 (figuras 42 y 43) y Anexo 02.

A continuación, se describen las principales características de las avalanchas de rocas en el área urbana de Jililí.

- La zona de arranque de la avalancha de rocas se ubica a una elevación de 2270 hasta la zona de depósitos a 1120 m de altitud, el cuerpo de la avalancha es de forma alargada.
- La longitud de la avalancha alcanza los 3.7 km de largo y 370 m de ancho.

- El área afectada: 118 ha de la cuales el área urbana de Jililí ocupa 60 ha.
- Tamaño de bloques de hasta 5 m de diámetro y 3 m de altura.
- Volumen desplazado: 26 760 m³.



Figura 10. Bloques de rocas de hasta 2.5 m de largo en la calle Piura en las coordenadas 9493072N y 633532E.



Figura 11. Bloque de roca de hasta 1.5 m de largo de forma angulosa en las coordenadas 9493147N y 633613E.

El depósito de bloques y clastos rocosos está distribuido a lo largo del área urbana de Jililí y está delimitado por las quebradas La Perla y Bella Vista al norte y sur respectivamente, este tipo de movimientos en masa transportaron gran cantidad de materiales desde la parte alta de la cuenca hasta donde hoy se ubican las viviendas del distrito (figuras 12 y 13).



Figura 12. Bloque de roca de 2.20 m de largo con orientación de deposición de sureste a noroeste en las coordenadas 9493142N y 633630E.



Figura 13. Clastos distribuidos en la parte baja del área urbana de Jililí ubicados en las coordenadas 9493000N y 633345E.

Mediante imágenes satelitales se delimitó el área de la avalancha de rocas, la zona de arranque y depósitos que alcanzaron la confluencia de las quebradas La Perla y Bella Vista (figuras 14).



Figura 14. Vista satelital de una antigua avalancha de rocas y la extensión que alcanza en el área urbana del distrito de Jilili.

Los depósitos de avalancha de rocas se desplazaron desde la parte alta de la cuenca, el colapso producto del fracturamiento intenso de los afloramientos de andesitas fue la fuente principal de los bloques y clastos angulosos a subredondeados que se depositaron como un piedemonte coluvio deluvial (figura 15).

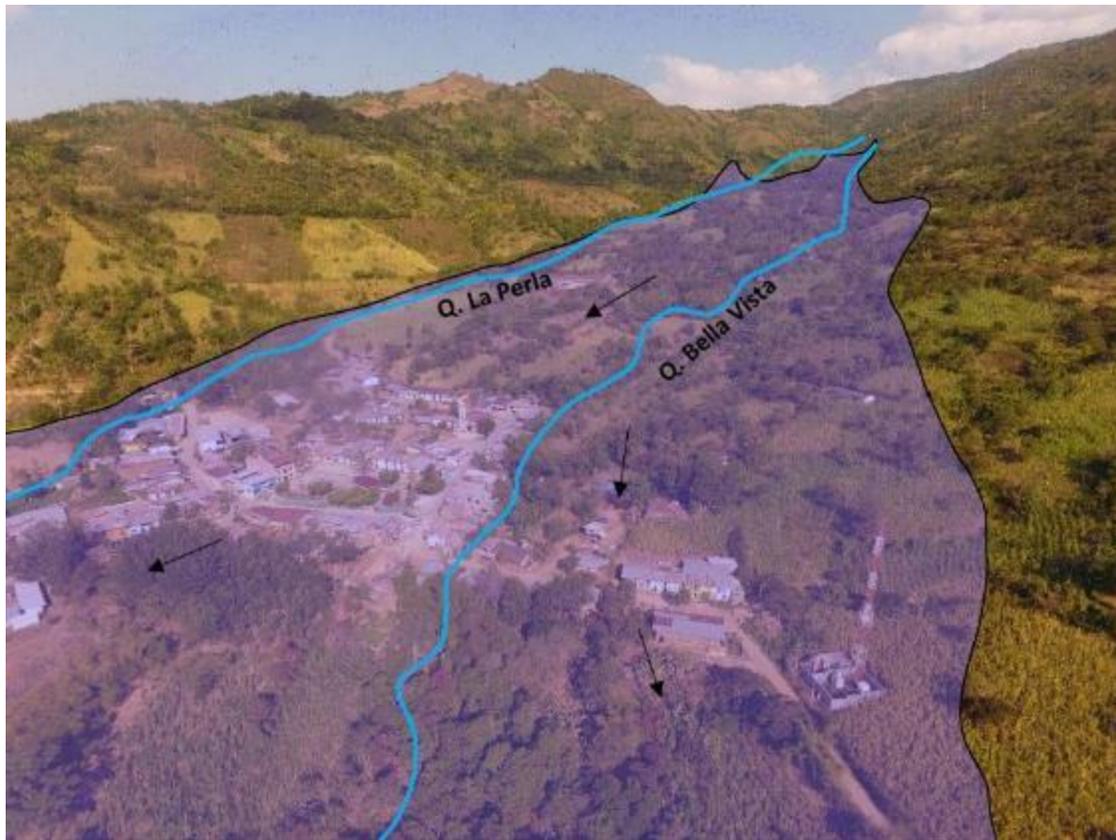


Figura 15. Vista aérea del emplazamiento de la avalancha de rocas ocurrida en el área urbana de Jililí.

4.1.2. Flujo de detritos en el área urbana de Jililí

Los flujos de detritos y lodos son procesos que acarrear gran cantidad de materiales mezclados en una masa acuosa más o menos densa capaz de cargas clastos y bloques de rocas y palizada, estos eventos geodinámicos se activan durante las temporadas de lluvias y se encausan en quebradas que descienden hacia las áreas urbanas (figuras 16 y 17) y Anexo 01 (figura 44).

El área urbana de Jililí está rodeada por las quebradas La Perla y Bella Vista al norte y sur respectivamente. Ambas quebradas, se activan por flujos de detritos y lodos en temporada de lluvias. A continuación, se describen las características de estos eventos geodinámicos:

- El área afectada distribuida en franjas y zonas próximas a los cauces de quebradas alcanzó 3.3 ha.
- Ancho y altura del flujo: 20 m y 2.5 m de espesor máximo y 1 m de mínimo.
- Volumen desplazado aproximado: 35 230 m³.
- Tamaños de la fase granular y fina: bloques (20%), clastos (30%) gravas (20%), arenas y finos (30%).

- El flujo recorrió 3.2 km.



Figura 16. Vista de la quebrada La Perla, en la margen izquierda se ubica la planta de agua potable en las coordenadas 9493201N y 633754E.



Figura 17. Bloques y clastos de andesitas transportados y depositados por los flujos con tirantes de hasta 2.5 m. Vista en las coordenadas 9493135N y 633906E.

4.1.3. Reptación de suelos en el área urbana de Jililí

Algunos movimientos en masa, como la reptación de suelos, son lentos, a veces imperceptibles y difusos, en tanto que otros, como algunos deslizamientos pueden desarrollar altas velocidades y pueden definirse con límites claros, determinados por rotura (Crozier & Glade, 1999). En el área urbana de Jililí, se identificaron evidencias de procesos de reptación como la inclinación de árboles y postes de tendido eléctrico, además de, leves desplazamientos (Anexos 01 y 02).

La reptación de suelos en el área urbana de Jililí tiene las siguientes características (figuras 18, 19 y 20):

- En total la zona afectada alcanza 8.2 ha.
- Dirección de desplazamientos de sureste a noroeste.
- Se pueden diferenciar ondulaciones en el relieve y agrietamientos en la plaza principal de Jililí.
- Agrietamientos en lozas deportivas, vías afirmadas, muros y paredes.



Figura 18. Vista aérea de la plaza de armas del distrito de Jililí con evidencias de procesos de reptación de suelos. Coordenadas en: 9493089N y 633427E.

La plaza de armas de Jililí ha tenido constantes reparaciones y reconstrucciones, debido a las grietas en el asfalto, losetas, muros y escaleras; además, varias viviendas han sufrido daños similares en pisos y paredes con grietas de hasta 5 cm de separación (figura 20).



Figura 19. Plaza de Armas de Jililí, diciembre del 2013. Se aprecia un basculamiento, hundimiento y separación de las escaleras y del monumento.



Figura 20. Plaza de armas de Jililí, foto tomada en el mes de noviembre del 2015.

Entre los meses de diciembre a marzo del 2015-2016, debido a las lluvias, reaparecieron grietas en los muros y escaleras, se volvieron a realizar nuevas reparaciones (figuras 21, 22 y 23).



Figura 21. A. En abril del 2019, posterior a las lluvias se repararon los muros debido a las grietas. B. Imagen de noviembre del 2020 presencia de grietas de 2 a 5 cm de separación.



Figura 22. Palmera ubicada en la plaza de armas de Jililí, la corteza del tronco ha tenido deformaciones debido al arrastre que tienen las raíces en el subsuelo.



Figura 23. Esquema del proceso de arrastre y deformación de la corteza en la palmera ubicada en la plaza de armas de Jililí.

En el área urbana de Jililí se han identificado procesos de basculamiento o inclinación de estructuras como postes, paredes, estacas y cercos; estos procesos con típicos en zonas con reptación de suelos (figura 24).



Figura 24. Evidencias de reptación de suelos, en el área urbana se han observado troncos, estacas, postes y paredes inclinadas.

La zona afectada por reptación de suelos abarca el 60% del área urbana, las grietas, basculamientos, hundimientos y desplazamientos son más evidentes en la plaza central de Jililí, en las viviendas y en la I.E. 15021 Jililí. Las grietas en los pisos y lozas de concreto siguen una dirección preferencial de desplazamiento de sureste a noroeste (figura 25).

Estos procesos de reptación de suelos están relacionados a cambios o alteraciones climáticas que producen la saturación y el secado de los materiales alterados o muy blandos. La reptación es un proceso lento, pero que puede preceder o desencadenar en movimientos en masa más rápidos como los flujos o deslizamientos.

La velocidad del movimiento en las zonas de reptación, disminuye a medida que se profundizan en los materiales y sedimentos, este tipo de proceso de remoción no tienen una superficie de falla o rotura definida.

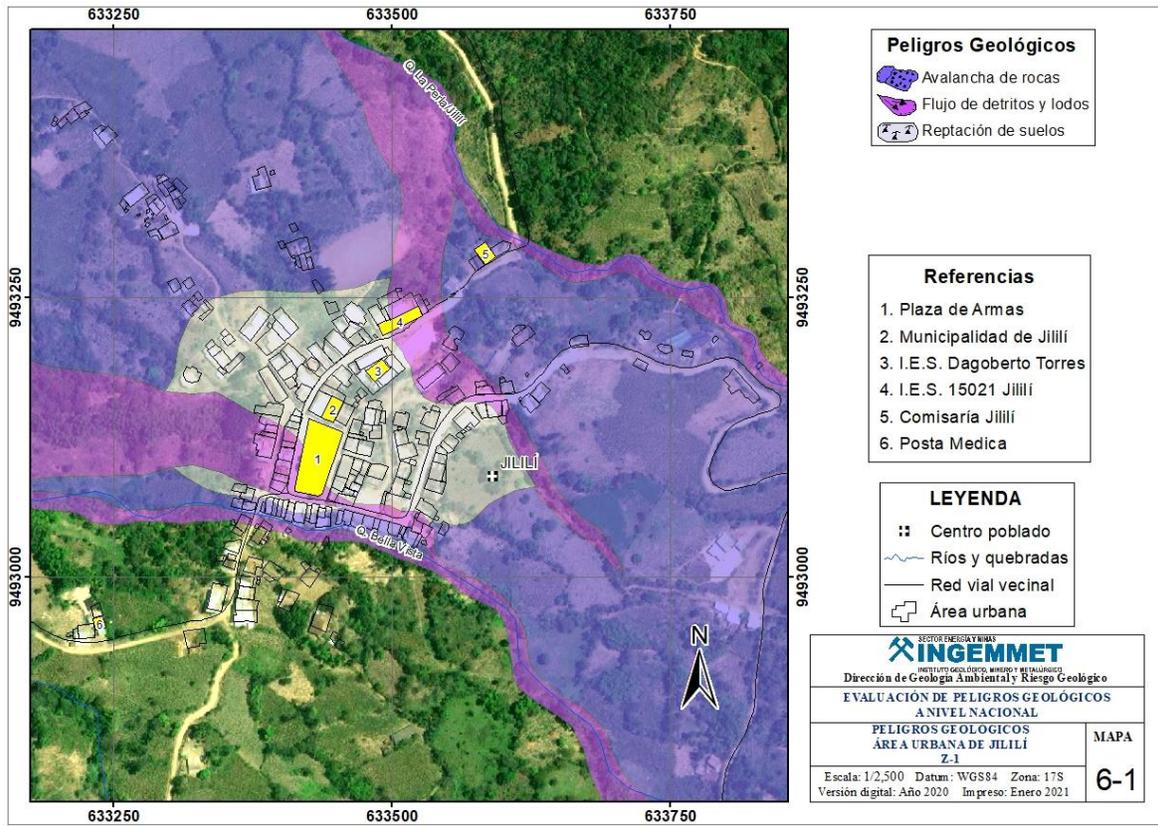


Figura 25. Peligros geológicos en el área urbana del distrito de Jililí y alrededores (quebradas La Perla y Bella Vista).

4.2. Peligros geológicos el caserío Bella Vista (Z-2)

En el caserío Bella Vista se ubica a 2.9 km al suroeste del centro urbano de Jililí, la zona denominada como Z-2, presentan erosión de laderas y deslizamientos que afectaron viviendas y terrenos de cultivos, que se activaron debido a las lluvias registradas durante el mes de marzo del 2017

4.2.1. Cárcavas en el caserío Bella Vista

La erosión en cárcava consiste en el vaciado de las partículas del suelo o sustrato por un flujo concentrado que da lugar a estrechas incisiones de mayor tamaño y profundidad que un reguero, y que generalmente llevan agua solo durante e inmediatamente después de fuertes precipitaciones (Osterkamp, 2008).

Estos procesos ocurren en suelos poco compactos con escasa cobertura vegetal, las cárcavas identificadas en la zona de evaluación se encuentran en un estado de evolución joven.

Los eventos geodinámicos mencionados fueron desencadenado durante la temporada de lluvias del 2017 y 2019, la sobresaturación de los materiales deslizados fue condicionada por la presencia de acequias no revestidas y mal construidas (figuras 26 y 27) y Anexo 01 (figura 45).

Las cárcavas en el caserío Bella Vista Alta tiene las siguientes características:

- La erosión en ladera se encuentran en estado de evolución joven.
- Se dimensionaron cárcavas de 100 m de largo, 2 m de ancho y 0.30 m de profundidad.
- Las cárcavas afectan viviendas y principalmente a la trocha carrozable Bella Vista-Jililí.
- La causa principal de erosión en la zona, es la falta de drenaje pluvial y los suelos poco compactos susceptibles a erosión.



Figura 26. Vista del área urbana de Bella Vista Alta con procesos de formación de cárcavas.



Figura 27. Cárcavas que afectan a cultivos y trochas carrozables.

4.2.2. Deslizamiento en el caserío Bella Vista

En el caserío Bella Vista Alta existe un deslizamiento que afecta a zonas de cultivos y a un camino de herradura, los materiales se desplazaron y depositaron en la quebrada Bella Vista (figura 28 y 29).

La escarpa del deslizamiento de forma semicircular y alargada tiene la zona de arranque en la cota 1595 m s.n.m., y se desplaza hasta los 1565 m s.n.m.

- La longitud total del escarpe alcanza los 15 m, con un desnivel entre el escarpe y el pie de 30 m.
- El área afectada: 0.1 ha.
- La superficie de falla es rotacional.
- El salto de falla principal mide 1 m.
- Largo y ancho del deslizamiento: 47 m y 24 m.
- Volumen desplazado: 307 m³.
- Velocidad del movimiento: rápida a moderada.
- Se muestran evidencias de procesos retrogresivos.



Figura 28. Deslizamiento próximo al área urbana de Bella Vista cerro Lihuasnio.

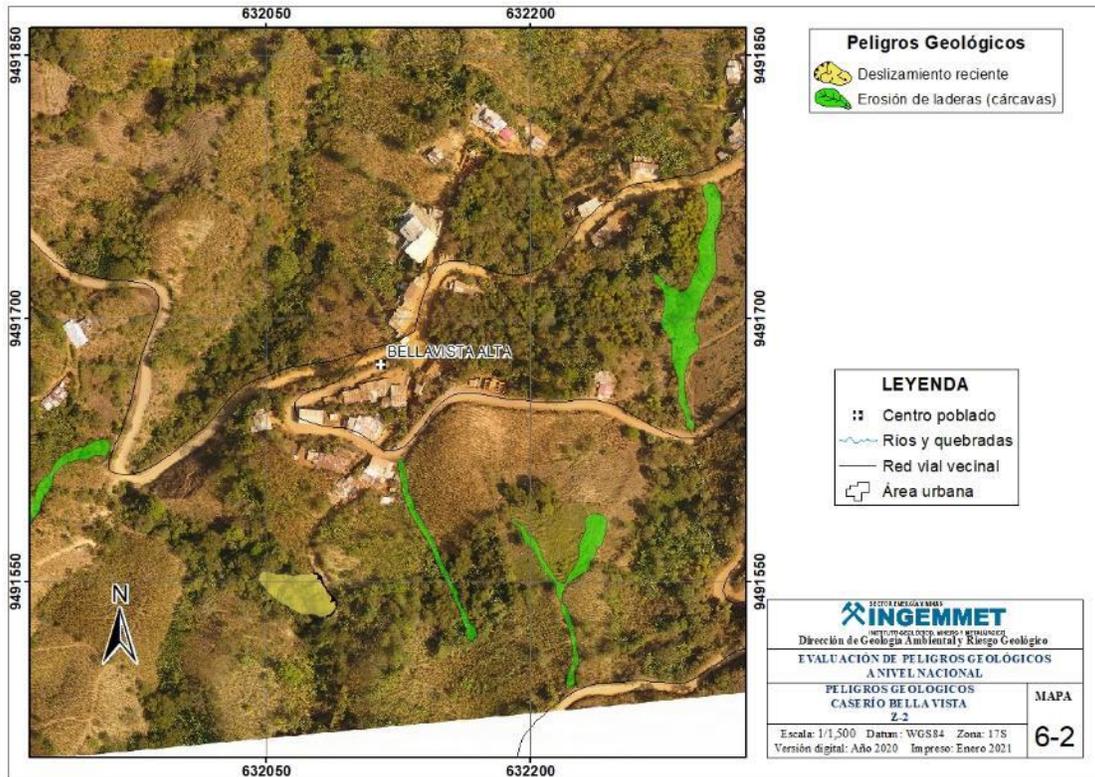


Figura 29. Peligros geológicos en el área urbana del caserío Bella Vista Alta.

4.3. Peligros geológicos en caserío El Limón (Z-3)

El caserío El Limón se ubica a 1.2 km al sur del área urbana del distrito de Jililí, en la parte alta del sector en mención, específicamente en el cerro Luplun, se identificaron escarpes de deslizamientos antiguos y recientes, estos procesos se reactivaron en el mes de marzo del 2017.

4.3.1. Deslizamientos recientes en el caserío El Limón

Los escarpes presentan desplazamientos en el orden de 0.5 a 2 m de altura. Los materiales deslizados se desplazaron con direcciones sur a norte y sureste a noroeste hacia la cuenca de las quebradas Bella Vista y La Perla y hacia el área urbana del caserío El Limón.

Los deslizamientos identificados afectan principalmente a terrenos de cultivos y en menor magnitud a trochas carrozables y viviendas ubicadas en el caserío El Limón (figuras 30, 31, 32 y 33) y Anexo 01 (figuras 46 y 47).

- Escarpe principal de forma alargada, la zona de arranque se encuentra en la cota 1785 m s.n.m. y el pie a los 1730 m s.n.m
- La longitud total del escarpe llega 220 m de longitud, el desnivel entre el escarpe y el pie del deslizamiento es de 50 m.
- El área afectada: 6 ha.
- La superficie de falla es rotacional.

- El salto de falla principal mide 2 m.
- Largo y ancho del deslizamiento en promedio: 145 m y 350 m.
- Volumen desplazado: 29 900 m³.



Figura 30. Deslizamientos antiguos y recientes en el cerro Luplun, coordenadas 9491869N y 634140E.

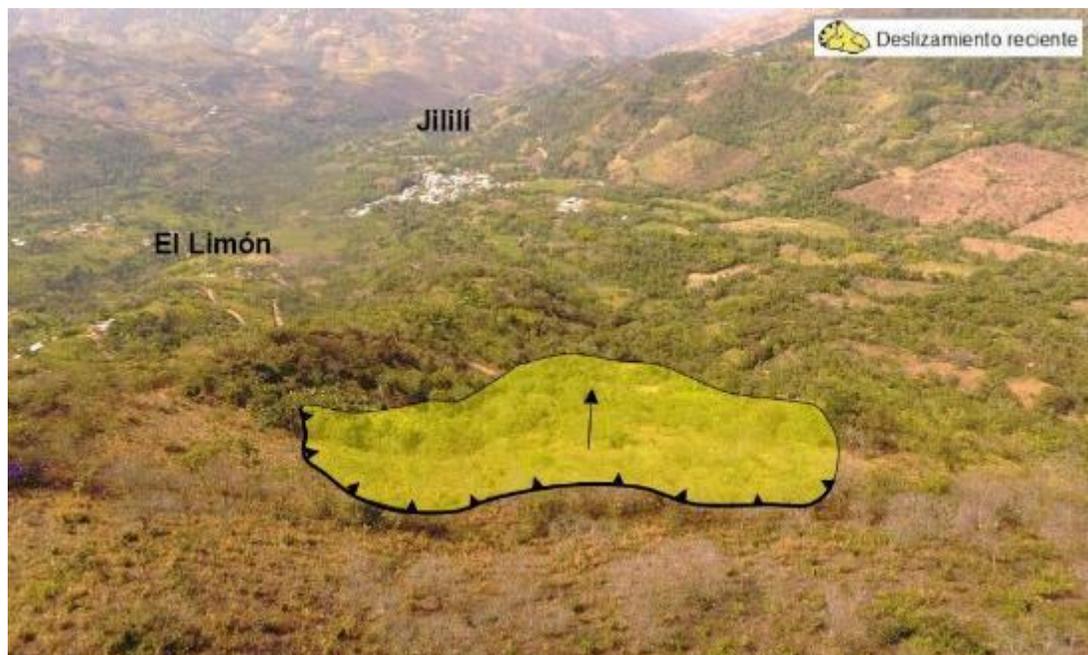


Figura 31. Deslizamiento reciente en la parte alta del caserío El Limón, coordenadas 9492034N y 633982E.



Figura 32. Escarpe del deslizamiento reciente con un salto de falla de 1 m de alto, coordenadas 9492008N y 633956E.

4.3.2. Deslizamientos antiguos en el caserío El Limón

A continuación, se describen las principales características de estos peligros geológicos:

- Escarpa principal de forma alargada, la zona de arranque se encuentra en la cota 1891 m s.n.m. y el pie a los 1849 m s.n.m
- La longitud total del escarpe llega 198 m de longitud, el desnivel entre el escarpe y el pie del deslizamiento es de 42 m.
- El área afectada: 2.5 ha.
- La superficie de falla es rotacional.
- El salto de falla principal mide 1 m.
- Largo y ancho del deslizamiento en promedio: 167 m y 158 m.
- Volumen desplazado: 12 200 m³.

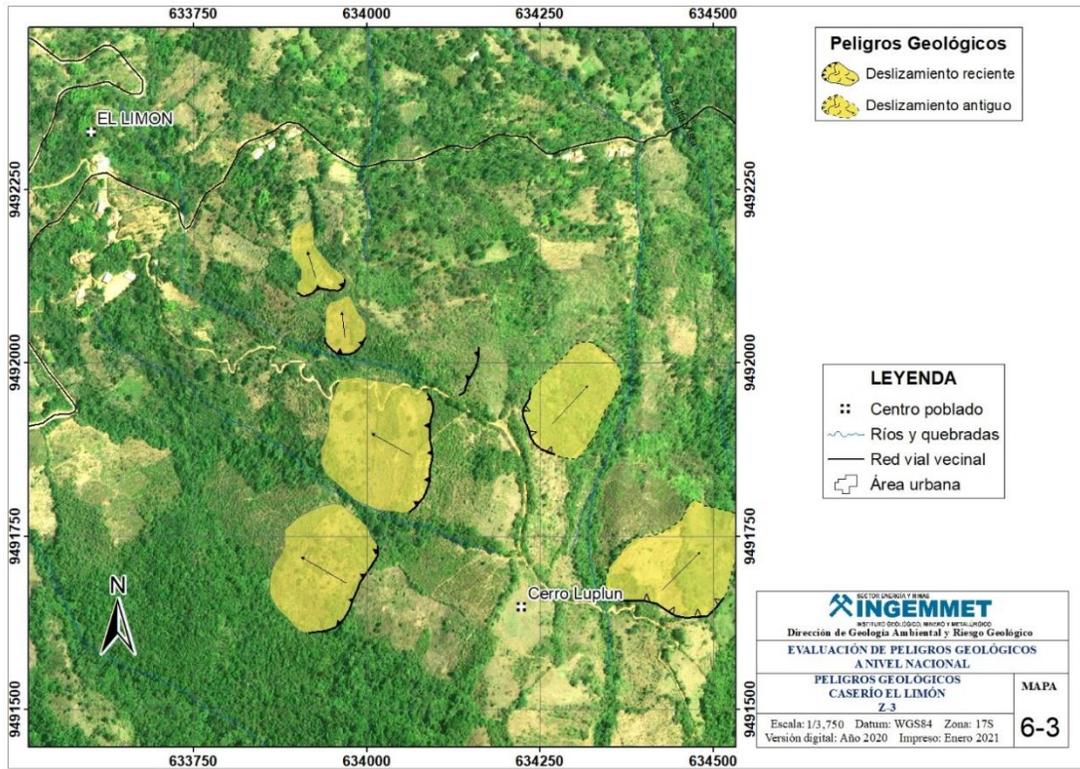


Figura 33. Peligros geológicos en el caserío El Limón.

4.4. Factores condicionantes

4.4.1. Litología

Los tipos de rocas que afloran en la zona de estudio están conformados por calizas lodolíticas y margas intercaladas con niveles tobáceos correspondientes a la Formación La Bocana, Miembro Medio; estos afloramientos se encuentran muy fracturados e intensamente meteorizados y buzamientos a favor de la pendiente con 27°NO (figura 34).



Figura 34. Calizas muy fracturadas con margas en las coordenadas 9491958N y 634110E.

Estas rocas de naturaleza sedimentaria, tienen un alto grado de descomposición, se parten en fragmentos con un 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 afloramientos se muestran húmedos (figura 35).



Figura 35. Margas rojas muy susceptibles a erosión en las coordenadas 9491919N y 634028E.

El depósito cuaternario está conformado por clastos y gravas de granulometría angulosa a subredondeada, distribuidas de forma caótica lo que evidencia la ocurrencia de antiguos procesos de remoción en masa muy violentos. La matriz está conformada por limos, arenas y arcillas, estas capas forman un medio poroso por donde se infiltra el agua y sobresatura los sedimentos (figura 36).



Figura 36. Gravas y clastos angulosos a subredondeados en las coordenadas 9493013N y 633366E.

En conjunto, los depósitos cuaternarios coluvio deluviales forman una secuencia clasto soportada con capas y rellenos limosos, arenosos y arcillosos; al infiltrarse el agua en este medio, los materiales sufren el reacomodamiento, los materiales granulares y finos se erosionan dejando espacios entre las capas. Estos procesos provocan que los suelos y las estructuras ubicadas sobre la superficie se asienten y desplacen, este fenómeno se manifiesta en la superficie a través de agrietamientos y separación de lozas y muros.

4.4.2. Pendientes

En los caseríos Bella Vista Alta y El Limón las laderas de montañas presentan pendientes fuertes a muy escarpadas (15° a 45°), este factor condiciona la ocurrencia de deslizamientos ubicados en la parte alta del cerro Luplun. Se infiere que las zonas descritas constituyen la fuente de rocas y materiales aportante a las quebradas, posteriormente estos materiales descienden en forma de flujos activados en temporada de lluvias.

El centro poblado Jililí se asienta sobre relieves con pendientes moderadas (5° a 15°) que constituyen el piedemonte coluvio deluvial, las quebradas La Perla y Bella Vista descienden con una pendiente promedio de 14.5° , lo que proporciona una energía moderada a los flujos de detritos y lodos que descienden por el cauce (figura 37).



Figura 37. Vista panorámica del cerro Luplun en donde se identificaron escarpes de deslizamientos antiguos y recientes, coordenadas 9491870N y 634048E.

4.5. Factores desencadenantes

4.5.1. Lluvias intensas durante el Niño Costero

Para establecer la relación de los movimientos en masa estudiados y precipitaciones ocurridas en la zona, tomó la información procedente del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (Senamhi), analizando las estaciones meteorológicas cercanas al

distrito de Jililí y los caseríos El Limón y Bella Vista Alta. La estación meteorológica elegida se ubica en el distrito de Paimas a 17 km al oeste del distrito de Jililí (cuadro 03, gráfico 01).

Cuadro 03. Ubicación de la estación meteorológica Paimas.

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

Para el año 2017, las precipitaciones llegaron a mínimos y máximos mensuales de 3.5 y 64 mm, mientras que, el acumulado anual llevo a 538.6 mm. Entre los meses de enero a marzo del 2017 se registraron lluvias intensas que superaron los 10 mm diarios; sin embargo, solo en el mes de marzo las lluvias sobrepasaron los 30 mm los días 7, 8, 15, 22, 25 y 30.

Cabe destacar que, el día 25 de marzo se registró un pico máximo histórico 131.6 mm, este día se desencadenaron la mayoría de los eventos geodinámicos descritos (cuadro '4 y gráfico 01).

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	1.5	132	23	19	0.6	64	64	8.7

Cuadro 04. Datos de precipitación mensual del año 2017.

A continuación, se muestran los registros diarios del mes de marzo del 2017 durante el Niño Costero.



Gráfica 01. Gráfica de precipitaciones durante el mes de marzo del 2017.

Fuente: SENAMHI / DRD
 * Datos sin control de calidad.

4.6. Daños por peligros geológicos

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

4.6.1. Viviendas

Los daños más críticos se han identificado en las viviendas que se encuentran próximas a la Plaza Central de Jililí. Las viviendas registran principalmente agrietamientos y hundimientos en paredes y pisos respectivamente, llegando a registrar alrededor de 20 casas afectadas según reportes de la oficina local de Indeci de la Municipalidad de Jililí (figuras 38 y 39).



Figura 38. Vivienda afectada por hundimiento y grietas de hasta 5 cm. Coordenadas 9493022N y 633362E.



Figura 39. Paredes con grietas de 3 cm de abertura que parte del piso y se proyectan al techo. Viviendas en las coordenadas 9493058N y 633468E.

4.6.2. Institución Educativa N° 15021 Jililí

El Colegio 15021 de Jililí ha sido afectado por asentamientos y basculamientos del suelo, esta infraestructura se ubica sobre la zona de reptación de suelos donde se delimitaron procesos de hundimiento y separación de estructuras. El pabellón de primaria ha quedado totalmente destruido e inhabitable para cualquier uso (figuras 40 y 41).



Figura 40. Pared posterior del pabellón de primaria con una grieta diagonal de piso a techo. Pabellón ubicado en las coordenadas 9493248N y 633488E.



Figura 41. Pabellón afectado por procesos de reptación de suelos, la pared se encuentra inclinada. Coordenadas 9493248N y 633506E.

4.6.3. Institución Educativa Inicial 20617 El Limón

Ubicado en la parte alta del caserío El Limón, esta infraestructura ha tenido varias reparaciones por grietas en pisos y paredes, estos daños se incrementaban con la llegada de la temporada de lluvias. La infraestructura escolar se ubica en un terraplén con un talud casi vertical que puede verse afectado por la sobresaturación de las rocas y sedimentos (fotografía 06).



Fotografía 06. Parte frontal, interior y posterior de la I.E. 20617 del caserío El Limón. Escuela ubicada en 9492119N y 633662E

4.6.4. Plaza de Armas de Jililí

Las estructuras de la Plaza de Armas del área urbana de Jililí, como los muros, escaleras y lozas presentan grietas con separaciones 1 a 5 cm, también se registran hundimientos y desplazamientos leves de 1 a 7 cm con direcciones sureste a noroeste y de sur a norte (fotografías 07 y 08).



Fotografía 07. Muros y escaleras con grietas de hasta 3 cm en las coordenadas 9493099N y 633428E.



Fotografía 08. Loza central de la plaza de armas de Jililí en las coordenadas 9487894N y 631076E.

5. CONCLUSIONES

- a) El área urbana de Jililí se asienta sobre depósitos coluvio deluviales conformados por gravas y gravillas en una matriz limo-arcillosa con clastos dispersos, estas capas tienen una alta porosidad, lo que favorece la infiltración del agua que satura los sedimentos arcillosos. Los caseríos Bella Vista Alta y El Limón se asientan sobre calizas y margas intercaladas con lavas y andesitas basálticas intensamente meteorizadas y fracturadas de la Formación La Bocana.
- b) El área urbana Jililí se ubica sobre un piedemonte coluvio deluvial con pendientes moderadas (5° – 15°) limitadas por montañas en rocas volcánico sedimentarias ubicadas al noreste y sureste con pendientes fuertes a muy fuertes (15° – 45°). Los cauces de las quebradas La Perla y Bella Vista han sido modeladas por los flujos que se activan en temporada de lluvias descendiendo sobre canales naturales con pendientes promedio de 14.5° .
- c) En el centro poblado Jililí se identificó una antigua avalancha de rocas, este evento recorrió 4.5 km aproximadamente depositando bloques de hasta 4 m de largo y 2.5 m de alto. Las quebradas La Perla y Bella Vista se activaron en el año 2017, 2019, 2020 y recientemente en marzo del presente, los flujos de detritos y lodos ingresaron hasta el centro de la ciudad, llegando a la plaza central y las calles ubicadas ladera abajo. Llegaron hasta alturas de 2.50 m en el cauce y 0.15 cm en las calles.
- d) En la plaza de armas se observaron evidencias de reptación de suelos con hundimientos, subsidencias y desplazamientos que se manifiestan sobre las estructuras como losas, muros y viviendas con grietas de hasta 5 cm de apertura. La plaza de armas de Jililí ha reconstruido en los años 2013, 2015, 2019 y recientemente en el 2020, las reparaciones se realizaron posterior a la temporada de lluvias. La reptación de suelos son procesos geodinámicos que preceden a eventos de remoción en masa de mayor magnitud y que pueden ser desencadenados por eventos climáticos como El Niño Costero
- e) En el caserío El Limón se identificaron 04 deslizamientos recientes y 02 deslizamientos antiguos con una longitud promedio de 350 m y escarpes de hasta 2 m de alto; mientras que, las cárcavas en el caserío Bella Vista Alta tienen procesos iniciales de formación y están condicionados por una litología muy erosionable.
- f) El día 25 de marzo del 2017, las lluvias alcanzaron un pico máximo histórico de 131 mm, esto desencadenó flujos de detritos y lodos en las quebradas La Perla y Bella Vista que afectaron el área urbana de Jililí; también ocurrió un deslizamiento en el caserío Bella Vista y en el Limón procesos de erosión de laderas.
- g) Se considera que el área urbana del distrito de Jililí tiene Peligro Alto por reptación de suelos y flujos de detritos, mientras que, el caserío Bella Vista Alta tiene un Peligro Medio por deslizamientos y cárcavas. Finalmente, el caserío El Limón presenta un Peligro Alto por deslizamientos.

6. RECOMENDACIONES

6.1. Área urbana del distrito de Jililí (Z-1)

- A) Restringir la construcción de viviendas o infraestructuras de más de dos niveles o el crecimiento vertical del área urbana, la carga inducida al subsuelo en el área urbana debe considerar los aspectos analizados con respecto a los peligros geológicos identificados.
- B) Realizar el entubamiento o impermeabilización de canales y acequias ubicadas en la parte alta de laderas que conforman el piedemonte aluvial donde se asienta el área urbana del distrito de Jililí, tanto en el centro de la ciudad como también aguas arriba.
- C) Se debe mejorar el sistema de drenaje de aguas pluviales con el objetivo de evacuar las aguas superficiales hacia las quebradas mencionadas. Construir cunetas a lo largo de las vías 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 las quebradas La Perla y Bella Vista para mitigar el impacto de flujos de detritos y lodos, además de posibles desbordes que afecten al centro de la ciudad.
- E) Como propuesta, se debe implementar el monitoreo geodésico del área urbana de Jililí y alrededores para vigilar el comportamiento geodinámico de la reptación de suelos y estimar la tasa de hundimiento y desplazamiento de las principales infraestructuras afectadas por estos procesos.
- F) Se debe implementar los estudios geofísicos para estimar la profundidad del nivel freático en el subsuelo, el espesor de los sedimentos o materiales saturados que puedan estar afectando a las estructuradas ubicadas en la plaza de armas de Jililí.

6.2. Caserío Bella Vista Alta (Z-2)

- A) Durante las temporadas de lluvias, se debe realizar el monitoreo interdiario de los deslizamientos y cárcavas, para alertar futuras reactivaciones que puedan producir daños a viviendas y vías de acceso. Implementar estacas y cercos en los bordes de los escarpes de los deslizamientos para estimar desplazamientos.
- B) Mejorar el sistema de drenaje de aguas pluviales con el objetivo de evacuar las aguas superficiales hacia las quebradas próximas. Construir cunetas a lo largo de la trocha carrozable Bella Vista – Jililí con el propósito de evitar que el agua de escorrentía erosione la superficie.
- C) Restringir la construcción de infraestructura o viviendas próximas a la trocha carrozable de Bella Vista - Jililí, estas zonas tienen relieves con una alta susceptibilidad a movimientos en masa.
- D) 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.

6.3. Caserío El Limón (Z-3)

- A) En temporada de lluvias, se debe realizar el monitoreo interdiario o semanal de los deslizamientos con la finalidad de advertir reactivaciones. Implementar estacas y cercos que bordeen los escarpes de los deslizamientos y las zonas susceptibles.
- B) Realizar la impermeabilización de canales y acequias ubicadas en las laderas del cerro Luplun. Construir e implementar zanjas de coronación debidamente impermeabilizadas con PVC, para proteger los taludes más críticos ubicados en la I.E. 20617 El Limón.
- C) Realizar el banqueteo de los taludes y laderas con pendientes muy escarpadas que se encuentran en el perímetro de la I.E. 20617 El Limón, este trabajo tiene por objetivo disminuir las pendientes críticas que pueden condicionar la ocurrencia de deslizamientos o derrumbes.
- D) Tomar en cuenta los peligros geológicos y geoformas susceptibles a deslizamientos para zonificar y ordenar la expansión urbana del caserío El Limón, con el objetivo de disminuir el crecimiento indiscriminado y no planificado de la población, lo que representaría su exposición en zonas de alto peligro.
- E) 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.
- F) 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. IV Simposio Nacional sobre Taludes y Laderas Inestables. Granada. Vol. 3, 1051–1072. Disponible en:

<<https://www.worldcat.org/title/iv-simposio-nacional-sobre-taludes-y-laderas-inestables/oclc/431894809>>

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. Disponible en:

<https://www.researchgate.net/publication/269710331_CrudenDMVarnes_DJ1996_Landslide_Types_and_Processes_Transportation_Research_Board_US_National_Academy_of_Sciences_Special_Report_247_36-75>

Hungr, O., Evans, S.G., Bovis, M., y Hutchinson, J.N. (2001). Review of the classification of landslides of the flow type: Environmental and Engineering Geoscience, v. 7, p. 22-238. Disponible en:

<<https://pubs.geoscienceworld.org/aeg/eeg/article-abstract/7/3/221/60609/A-review-of-the-classification-of-landslides-of?redirectedFrom=fulltext>>

Jaimes, Concha, Coaquira, Chapillequen (1999). Mapa geológico del cuadrángulo de Ayabaca 10d4. INGEMMET. Disponible en:

<<https://geocatminapp.ingemmet.gob.pe/complementos/Descargas/Mapas/Geologia50/Ordenado/Shapefile/imagenes/10-d4.jpg>>

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. Disponible en:

<<https://openjicareport.jica.go.jp/pdf/11866357.pdf>>

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. Disponible en:

<<https://repositorio.segemar.gov.ar/handle/308849217/2792;jsessionid=A71A73DD0840FE1598AAFEB5F93E0A6C>>

Reyes, L. & Caldas, J. (1987). Geología de los cuadrángulos de Las Playas, La Tina, Las Lomas, Ayabaca, San Antonio, Chulucanas, Morropón, Huancabamba, Olmos y Pomahuaca 9-c, 9-d, 10-c, 10-d, 10-e, 11-c, 11-d, 11-e, 12-d y 12-e. INGEMMET, Boletín A N° 39]. Disponible en:

<https://repositorio.ingemmet.gob.pe/bitstream/20.500.12544/159/145/A-039-Boletin-Las_Playas_9c-La_Tina_9d-Las_Lomas_10c-Ayabaca_10d-San_Antonio_10e-Chulucanas....pdf>

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

<<https://www.erosion.com.co/deslizamientos-y-estabilidad-de-taludes-en-zonas-tropicales.html>>

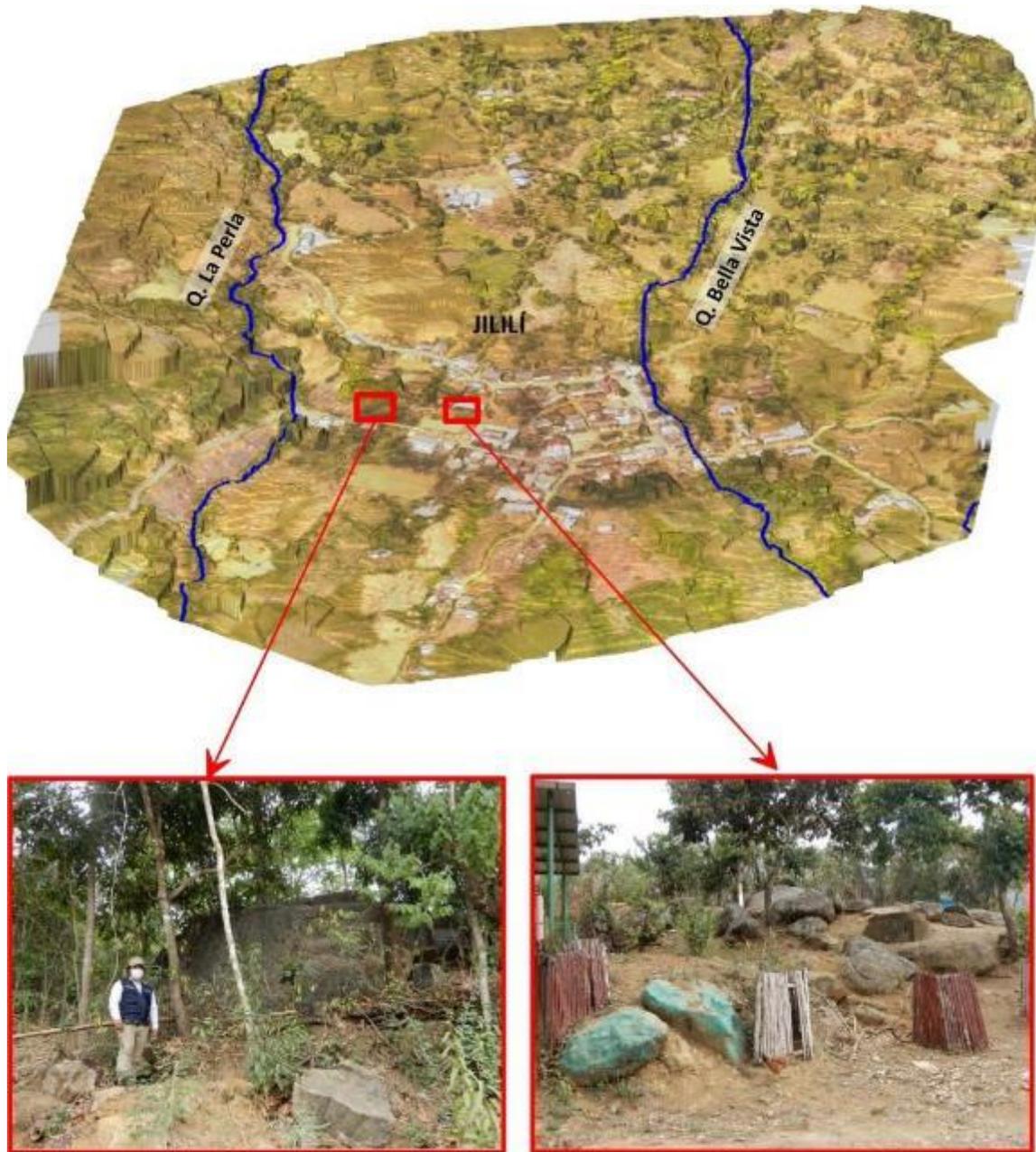
Varnes, D. J. (1978). Slope movements types and processes, en Schuster R.L., y Krizek R.J., ed, Landslides analysis and control: Washington D. C, National Academy Press, Transportation Research Board Special Report 176. Disponible en: [https://www.scirp.org/\(S\(czeh2tfqyw2orz553k1w0r45\)\)/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=1855370](https://www.scirp.org/(S(czeh2tfqyw2orz553k1w0r45))/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=1855370)

Vílchez, Sosa, Jaimes, Mamani, Cerpa, Martínez (2017). Peligros geológicos y geohidrológicos detonados por el Niño Costero 2017 en la región Piura. Disponible en: <<https://repositorio.ingemmet.gob.pe/handle/20.500.12544/1022>>

Villota, H. (2005). Geomorfología aplicada a levantamientos edafológicos y zonificación física de tierras. España: Instituto Geográfico Agustín Codazi. Disponible en: <<https://searchworks.stanford.edu/view/6532331>>

WP/WLI, 1990, A suggested method for reporting a landslide: Bulletin of the International Association of engineering Geology, no. 41, p. 5–12. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/290438810_A_suggested_method_for_reporting_a_landslide>

ANEXO 1: MAPAS Y PERFILES



Mega bloque de andesita de 2.7m de alto, 4 m de largo y 3 m de ancho.

Bloque dispersos en el piedemonte aluvial.

Figura 42. Ubicación y distribución de bloques de roca producto de una avalancha de rocas.



Figura 43. Bloques distribuidos en el área urbana de Jililí.



Figura 44. Vista de la quebrada La Perla y Bella Vista.



Figura 45. Deslizamiento y cárcavas en el caserío Bella Vista Alta.

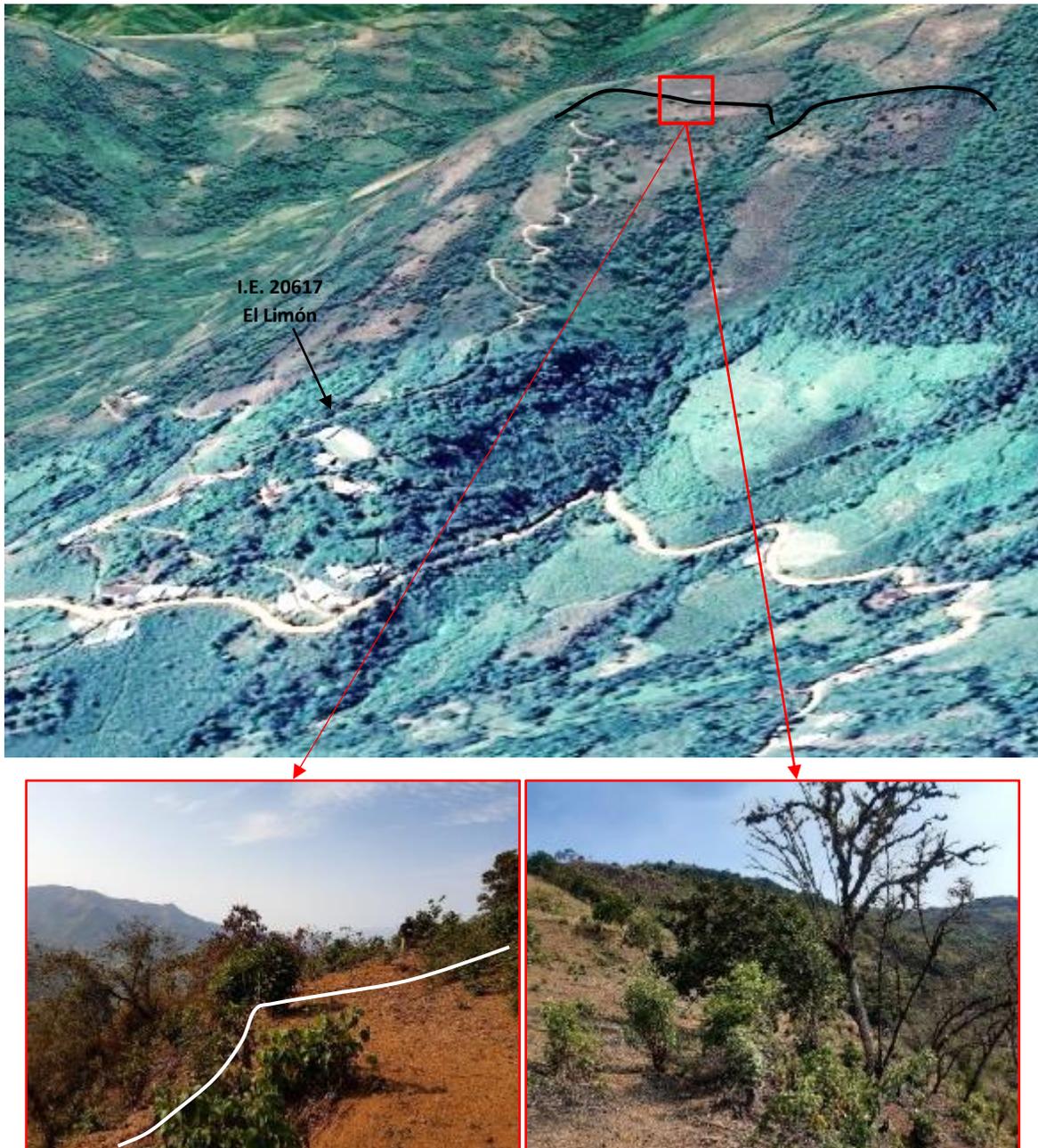


Figura 46. Vista de los deslizamientos en el caserío El Limón.

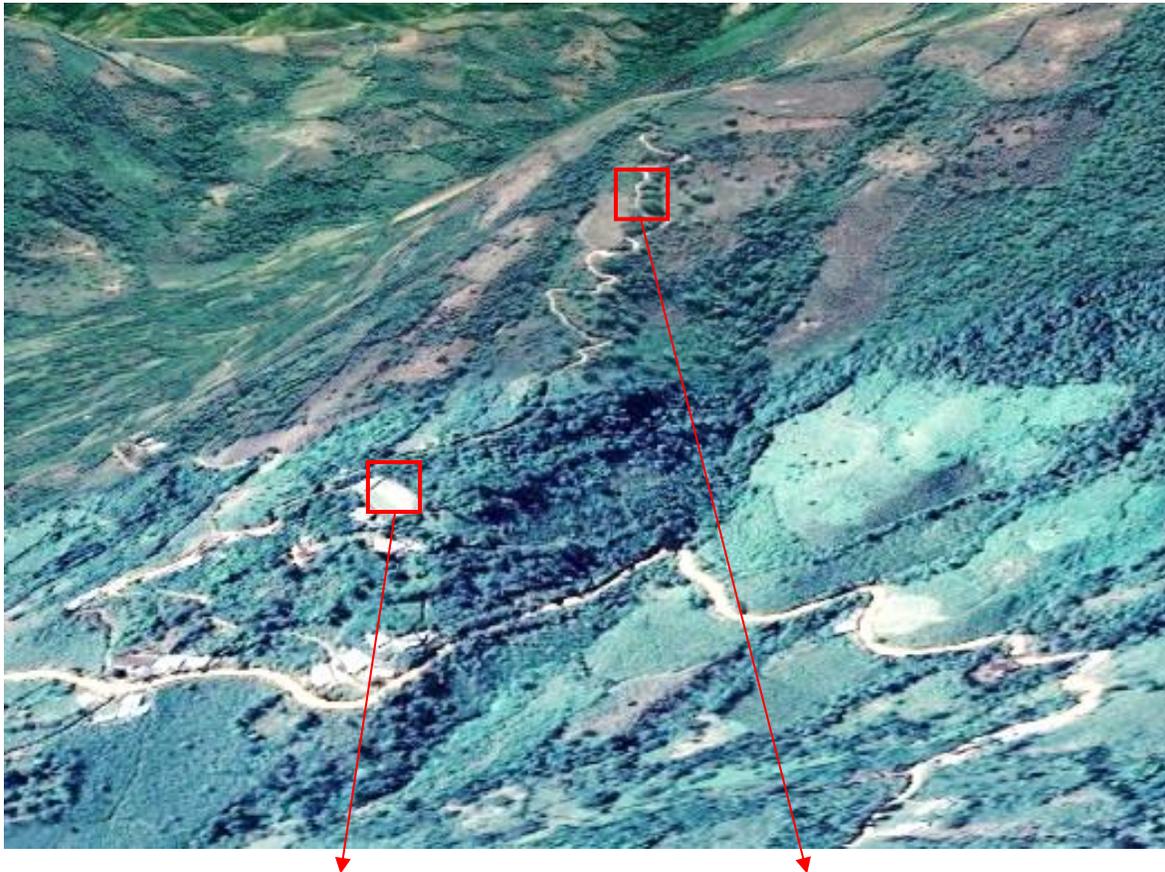


Figura 47. Vista de la ubicación de la I.E. 20617 y afloramientos de rocas fracturadas y meteorizadas.

ANEXO 2: GLOSARIO

Avalancha de rocas (rock avalanches)

Las avalanchas de rocas son flujos de gran longitud extremadamente rápidos, de roca fracturada, que resultan de deslizamientos de roca de magnitud considerable (Hungre et al., 2001). Pueden ser extremadamente móviles y su movilidad parece que crece con el volumen. Sus depósitos están usualmente cubiertos por bloques grandes, aun cuando se puede encontrar bajo la superficie del depósito material fino derivado parcialmente de roca fragmentada e incorporada en la trayectoria. Algunos depósitos de avalanchas pueden alcanzar volúmenes del orden de kilómetros cúbicos y pueden desplazarse a grandes distancias; con frecuencia son confundidos con depósitos morrénicos.

Las avalanchas de rocas pueden ser muy peligrosas, pero afortunadamente no son muy frecuentes incluso en zonas de alta montaña. Algunas avalanchas de roca represan ríos y pueden crear una amenaza secundaria asociada al rompimiento o colmatación de la presa (Figura 48). Las velocidades pico alcanzadas por las avalanchas de rocas son del orden de 100 m/s, y las velocidades medias pueden estar en el rango de 30–40 m/s.



Figura 48. Depósitos de avalanchas (a) Campo del arenal, Argentina. (b) Bloques de conglomerados pertenecientes al depósito de la avalancha de rocas. .

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 49).

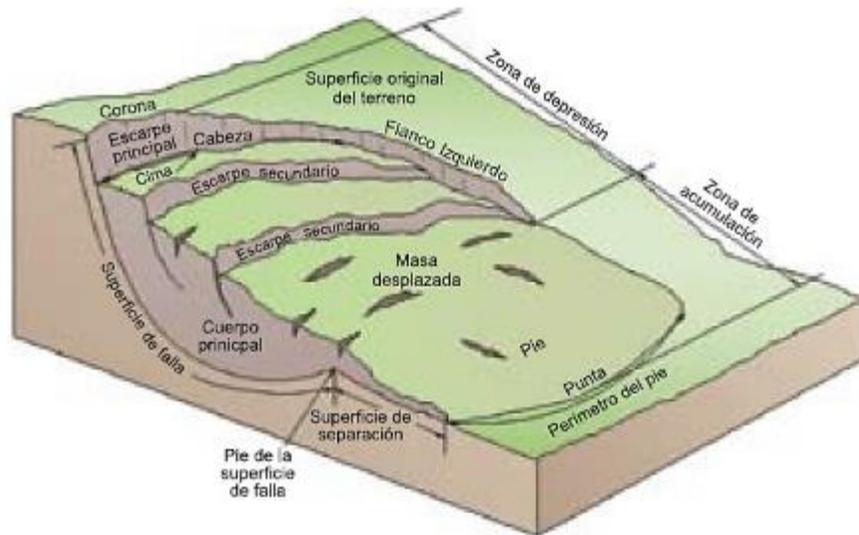


Figura 49. Diagrama de bloque de un deslizamiento (WP/WLI, 1990).

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 50). 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.

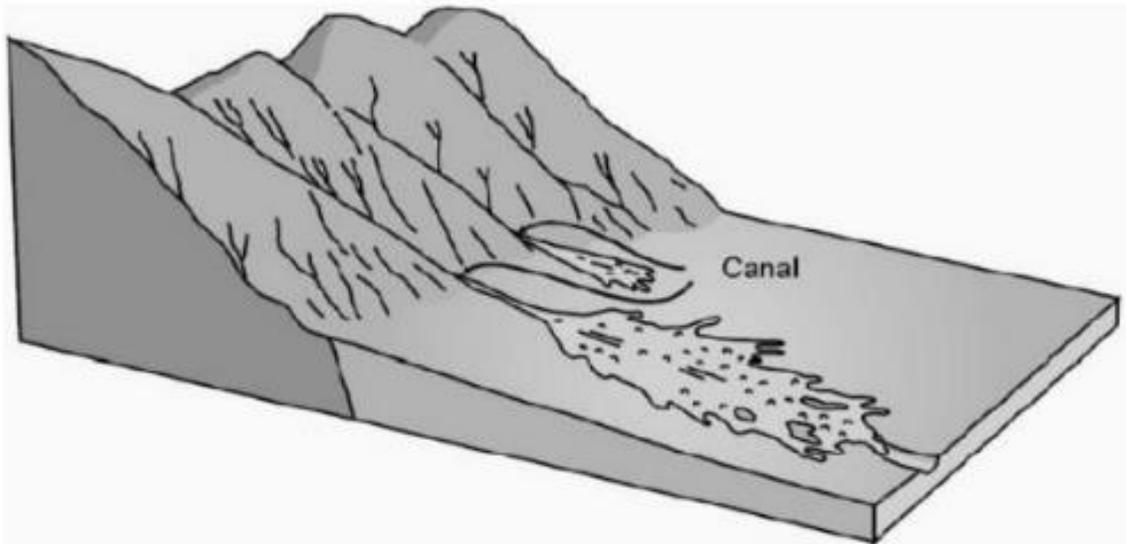


Figura 50. Esquema de un flujo canalizado (Cruden y Varnes, 1996).

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.

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 51).

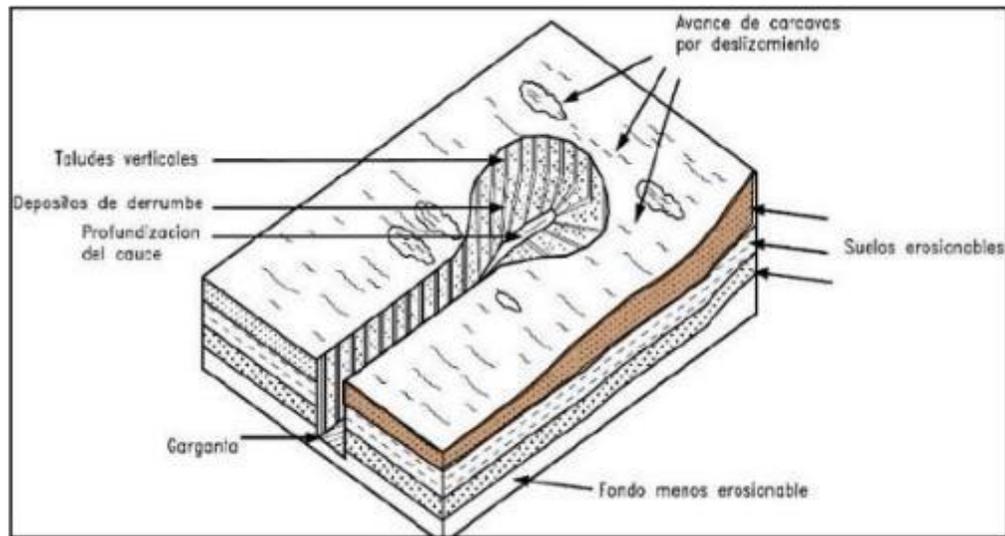


Figura 51. Esquema general de una cárcava. Tomado de Suárez (1998).

Reptación de suelos

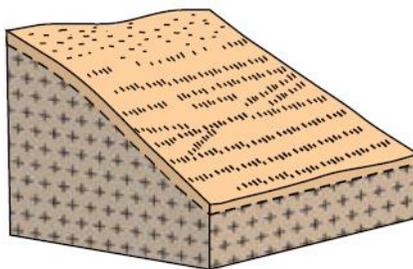
La reptación se refiere a aquellos movimientos lentos del terreno en donde no se distingue una superficie de falla (figura 52). La reptación puede ser de tipo estacional, cuando se asocia a cambios climáticos o de humedad del terreno, y verdadera cuando hay un desplazamiento relativamente continuo en el tiempo (PMA: GCA, 2007).



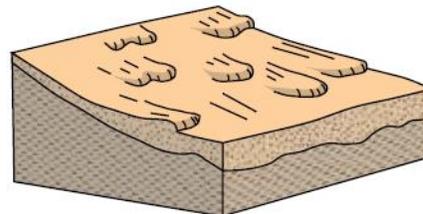
(a)



(b)



(c) Reptación



(d) Solifluxión

Figura 52. 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 solifluxión, según Corominas Dulcet y García Yague, 1997.

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 53 y 54).

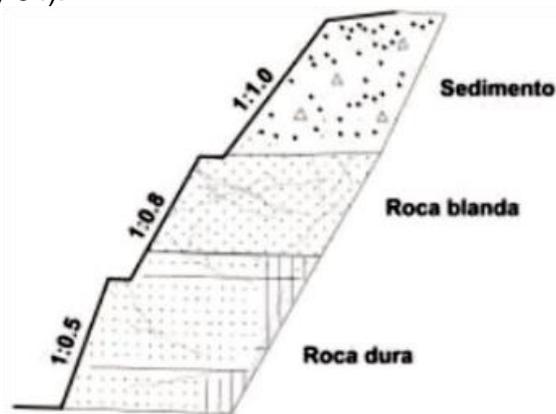


Figura 53. Condiciones de terreno y forma de taludes (JICA, 2007).

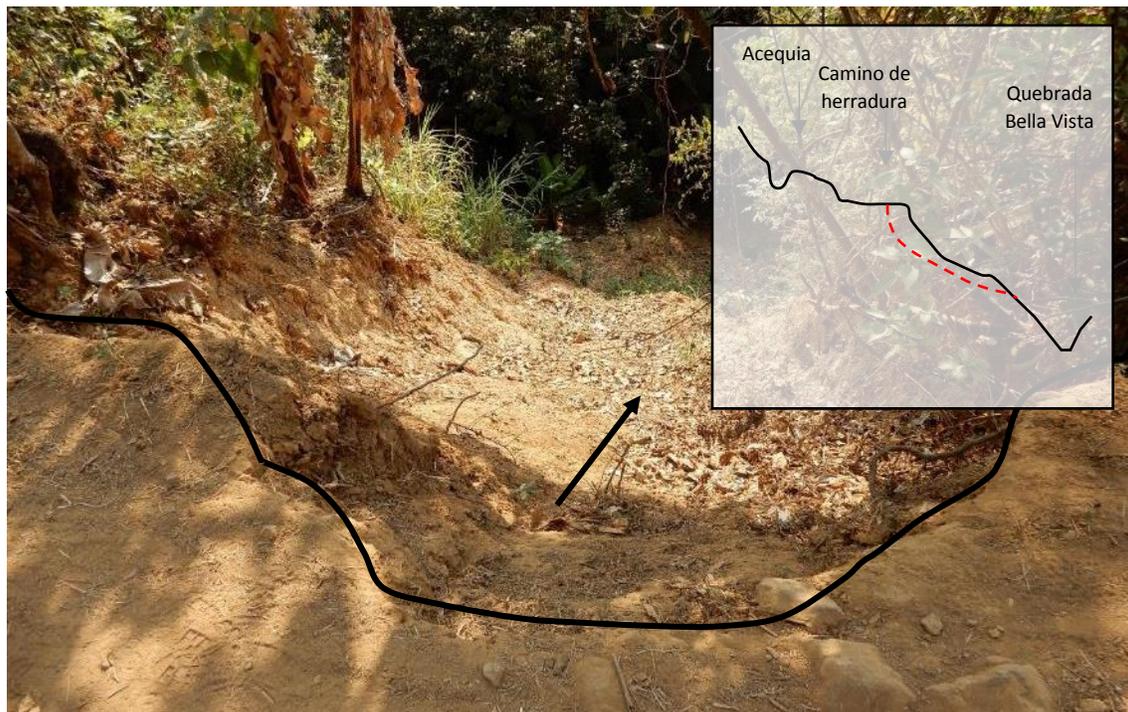


Figura 54. Deslizamiento en el caserío El Limón.

Código	Norte	Este	Sector/caserío	Infraestructura
--------	-------	------	----------------	-----------------

EL-01 Inicio	9492127	633667	El Limón	I.E.20617 El Limón
EL-02 Fin	9492086	633624	El Limón	I.E.20617 El Limón

Cuadro 05. Cortes de talud propuestos para banqueteo.

Uso de vegetación

El efecto de la vegetación sobre la estabilidad de los taludes es muy debatido; el estado del uso actual deja muchas dudas e inquietudes y la cuantificación de los efectos de estabilización de las plantas sobre el suelo, no ha tenido una explicación universalmente aceptada. Sin embargo, la experiencia ha demostrado el efecto positivo de la vegetación, para evitar problemas de erosión, reptación y fallas subsuperficiales (J. Suárez Díaz, 1998). Para poder analizar los fenómenos del efecto de la vegetación sobre el suelo se requiere investigar las características específicas de la vegetación en el ambiente natural que se esté estudiando. Entre los factores se sugiere analizar los siguientes:

- Volumen y densidad de follaje, tamaño, ángulo de inclinación y aspereza de las hojas, altura total de la cobertura vegetal, presencia de varias capas diferentes de cobertura vegetal, tipo, forma, profundidad, diámetro, densidad, cubrimiento y resistencia del sistema de raíces.
- El tipo de vegetación, tanto en el talud como en el área arriba del talud es un parámetro importante para su estabilidad. La vegetación cumple dos funciones principales: En primer lugar, tiende a determinar el contenido de agua en la superficie y, además, da consistencia por el entramado mecánico de sus raíces.
- Como controlador de infiltraciones tiene un efecto directo sobre el régimen de aguas subterráneas y actúa posteriormente como secador del suelo al tomar el agua que requiere para vivir.

Factores que aumentan la estabilidad del talud:

1. Intercepta la lluvia
2. Aumenta la capacidad de infiltración
3. Extrae la humedad del suelo
5. Las raíces refuerzan el suelo, aumentando la resistencia al esfuerzo cortante
6. Anclan el suelo superficial a mantos más profundos
7. Aumentan el peso sobre el talud
8. Trasmiten al suelo la fuerza del viento
9. Retienen las partículas del suelo disminuyendo la susceptibilidad a la erosión

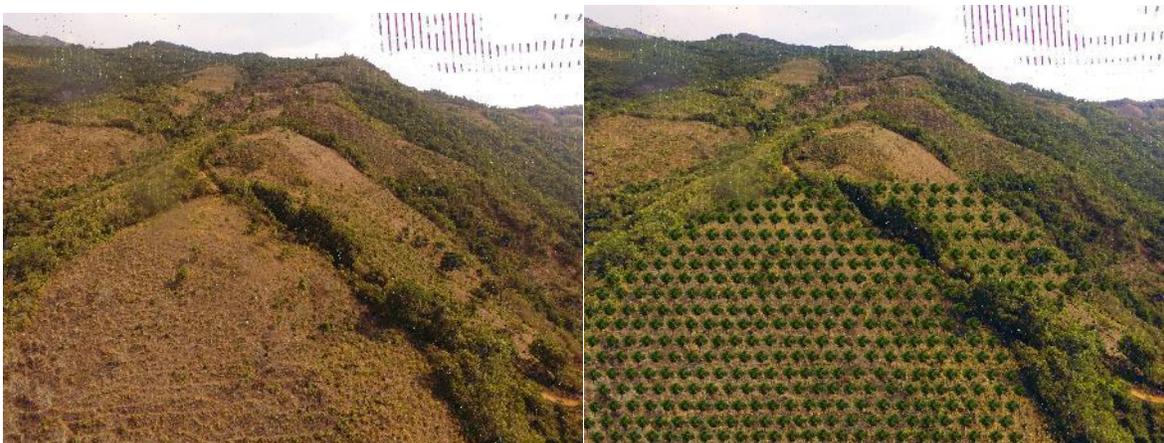


Figura 55. Ladera con evidencias de deslizamientos que deben reforestarse.

Código	Norte	Este	Sector/caserío
--------	-------	------	----------------

EL-CL01	9491665	634018	El Limón – Cerro Luplun
EL-CL02	9491845	633624	El Limón – Cerro Luplun
EL-CL03	9491841	634253	El Limón – Cerro Luplun
EL-CL04	9491579	634380	El Limón – Cerro Luplun

Cuadro 06. Punto de referencia propuestos para reforestación.

Disipadores de energía

Es preciso disipar la energía en zonas de ocurrencia de flujos de detritos (huaico) y reducir el volumen de los materiales acarreados; para ello es necesario conocer la cantidad de material que será trasladado por el flujo y con esa información construir estructuras transversales al eje del cauce, en forma de diques, orientados a la disipación de energía y la retención de la mayor cantidad posible de materiales, sólidos o líquidos, (figura 56).

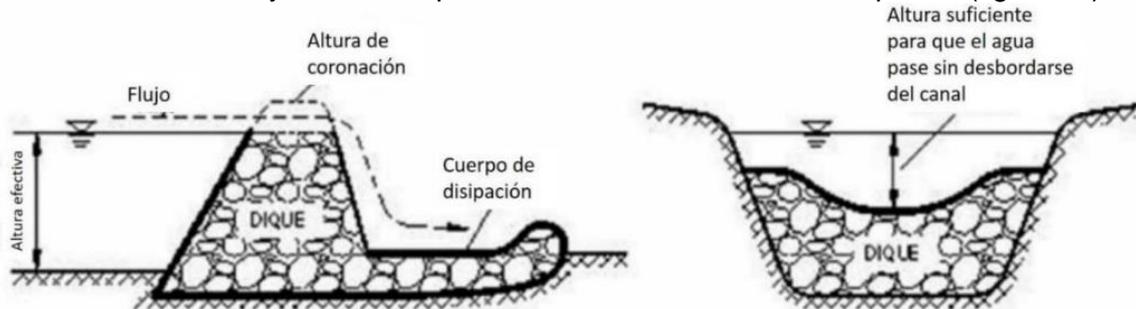


Figura 56. Condiciones de terreno y forma de taludes (JICA, 2007).

En caso se realice la construcción de infraestructuras viales como puentes, será necesario implementar obras que aseguren la protección de una adecuada infraestructura, anclada a rocas competentes, determinada por estudios geotécnicos y la supervisión de especialistas (figura 57).



Figura 57. Quebrada Bella Vista en donde se deben proponer muros disipadores.

Código	Norte	Este	Sector/caserío
--------	-------	------	----------------

QBV-01	9493014	633536	Quebrada Bella Vista-Inicio
QBV-02	9493061	633348	Quebrada Bella Vista-Fin
QLP-01	9493156	633877	Quebrada La Perla-Inicio
QLP-02	9491579	634380	Quebrada La Perla-Fin

Cuadro 07. Tramos de inicio y fin de muros disipadores.

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 (figura 58).

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.

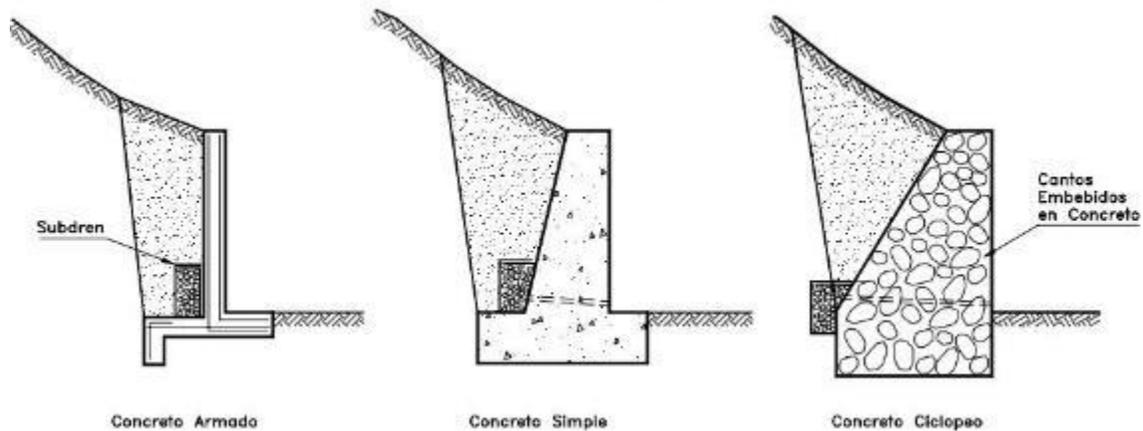


Figura 58. Esquema de muros rígidos (Díaz, 1998).

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.

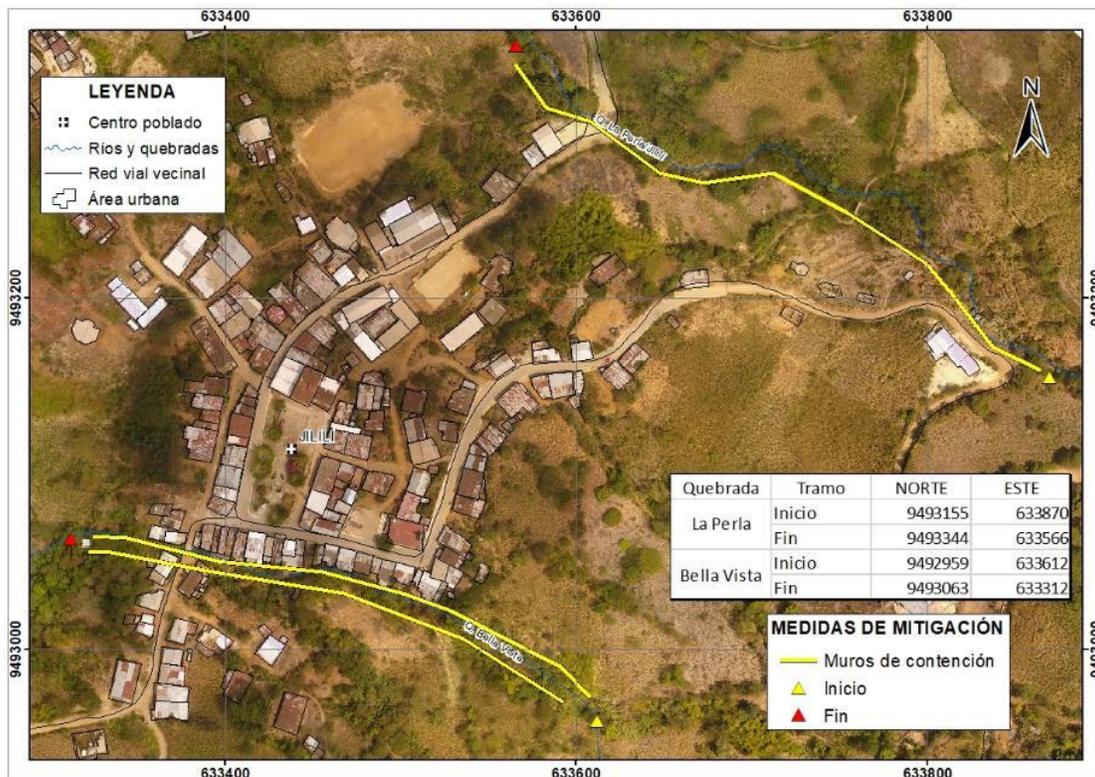


Figura 59. Propuesta de muros de contención para mitigación de flujos de detritos y lodos en las quebradas La Perla y Bella Vista.