SECTOR ENERGÍA Y MINAS

INGEMMET

INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico Nº A7169

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS Y GEOHIDROLÓGICOS POR FLUJOS DE DETRITOS, EROSIÓN FLUVIAL Y CÁRCAVAS EN LOS CASERÍOS SANTA ROSA, EL LIMÓN Y TAMARINDO

Región Piura

Provincia Ayabaca

Distrito Suyo

JULIO

2021

VERSIÓN Nº 001 CARÁTULA DE INFORME TÉCNICO - INGEMMET / 04.01.19

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS Y GEOHIDROLÓGICOS POR FLUJOS DE DETRITOS, EROSIÓN FLUVIAL Y CÁRCAVAS EN LOS CASERÍOS SANTA ROSA, EL LIMÓN Y TAMARINDO, DISTRITO DE SUYO, 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 y geohidrológicos por flujos de detritos, erosión fluvial y cárcavas en los caseríos Santa Rosa, El Limón y Tamarindo, distrito de Suyo, provincia de Ayabaca, región Piura: INGEMMET, Informe Técnico A7169, 40p.

ÍNDICE

RESUMEN 1
1. INTRODUCCIÓN 2
1.1. Objetivos del estudio 2
1.2. Antecedentes y trabajos anteriores 3
1.3. Aspectos generales 4
1.3.1. Ubicación 4
1.3.2. Accesibilidad 5
2. ASPECTOS GEOLÓGICOS 5
2.1. Unidades litoestratigráficas 5
2.1.1. Formación San Lorenzo (Ki-vsl) 5
2.1.2. Superunidad Paltashaco – Granodiorita Suyo (K-gd-to-s) 5
Depósitos aluviales 1 y 2 (Q-al1 y 2) 6
Depósitos fluviales (Q-fl) 7
3. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS 9
3.1. Modelo digital de elevaciones (MDE) 9
3.2. Pendientes del terreno 9
3.3. Unidades geomorfológicas 10
3.3.1. Geoformas de carácter tectónico degradacional y erosional 10
3.3.2. Geoformas de carácter depositacional y agradacional 11
4. PELIGROS GEOLÓGICOS 14
4.1. Peligros geológicos por movimientos en masa en el centro poblado Santa Rosa 14
4.1.1. Flujo de detritos 14
4.2. Peligros Geohidrológicos 16
4.2.1. Erosión fluvial 16
4.3. Otros peligros geológicos 17
4.3.1. Erosión en cárcavas 17
4.4. Factores condicionantes 19
4.4.1. Litología 19

4.4.2. Pendientes 20
4.5. Factores desencadenantes 21
4.5.1. Lluvias intensas 21
4.6. Daños por peligros geológicos 22
4.6.1. Viviendas 22
4.6.2. Institución Educativa N° 586 Santa Rosa 23
4.6.3. Vías de acceso 23
4.6.4. Gaviones de roca y mampostería 24
5. CONCLUSIONES 25
6. RECOMENDACIONES 26
7. BIBLIOGRAFÍA 27
ANEXO 1: MAPAS Y PERFILES 29
ANEXO 2: GLOSARIO 35
ANEXO 3: ALTERNATIVAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN 37

RESUMEN

El presente informe técnico es el resultado de la evaluación de peligros geológicos por flujo de detritos, cárcavas y erosión fluvial en los caseríos Santa Rosa, El Limón y Tamarindo, que pertenecen a la jurisdicción de la Municipalidad Distrital de Suyo, 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).

Litológicamente, las viviendas de los caseríos evaluados se asientan sobre depósitos aluviales no consolidados, conformados por gravas y arenas con clastos angulosos en una matriz limoarcillosa. Estos depósitos, sobreyacen a rocas intrusivas tipo granodioritas y tonalitas, meteorizadas y poco competentes, de la Superunidad Paltashaco.

Geomorfológicamente, la zona poblada de los caseríos Santa Rosa, El Limón y Tamarindo se ubican sobre terrazas aluviales, y en los alrededores se tienen colinas y lomadas con pendientes suavemente inclinadas a moderadas (1°-15°) y desarrolladas sobre rocas intrusivas, mientras que las terrazas presentan pendientes llanas a sub-horizontales (<5°).

Las vertientes o piedemontes aluvio torrenciales, fueron originadas y modeladas por flujos de detritos (huaicos). La quebrada Suyo, fue formada por la erosión e incisión de cursos de agua superficial, variando el ancho del cauce de 25 m a 90 m.

A partir del cartografiado geológico, análisis de imágenes satelitales, levantamiento fotogramétrico etc., se determinó que La Institución Educativa N° 14159 Santa Rosa, la I.E. N° 586 y las viviendas próximas a las quebradas Suyo, Santa Rosa y Sarayuyo, son afectadas por procesos de erosión fluvial (margen izquierda), cárcavas y flujos de detritos que se activan ante la presencia de lluvias intensas y prolongadas.

Se concluye que, los caseríos mencionados tienen **Peligro Alto** por flujos de detritos y erosión fluvial; además **Peligro Medio** por cárcavas, estos eventos geológicos son desencadenados por lluvias intensas y/o prolongadas, como las que se presentan durante el fenómeno El Niño o lluvias anomalas.

Se recomienda, ampliar los gaviones ubicados en la margen izquierda de la quebrada Suyo, implementar badenes en los tramos de la trocha carrozable Santa Rosa-Suyo afectada por flujos de detritos. Planificar a futuro, el drenaje pluvial en las áreas urbanas, para mitigar los daños por cárcavas que puedan afectar viviendas e infraestructura.

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)geológico (movimientos en masa) en zonas que tengan elementos vulnerables.

Atendiendo la solicitud de la Municipalidad Distrital de Suyo, según Oficio N° 291-2020-MDS/A, es en el marco de nuestras competencias que se realiza una evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa de tipo “flujos de detritos y erosión fluvial”, ocurridos el día sábado, 26 de marzo de 2017 y recientemente durante el 2019, estos eventos geodinámicos afectaron viviendas e Instituciones Educativas de nivel inicial y primario ubicadas en el centro poblado Santa Rosa, los trabajos de campo se realizaron los días 09 y 10 de noviembre del 2020.

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),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 Suyo, 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 centro poblado Santa Rosa, 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 et al., 2017). En este trabajo, se 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. Además, se actualizó el mapa de susceptibilidad a movimientos en masa de la región a escala 1:100 000, donde se ubicó la zona de estudio con una susceptibilidad media a alta por flujos de detritos.

B. Informe A6765: “Evaluación geológica de las zonas afectadas por El Niño Costero 2017 en la región Piura” (Vílchez et al., 2017). Como parte del inventario, se destaca que los caseríos evaluados fueron afectados por flujos de detritos y erosión fluvial, debido al incremento del caudal en ríos y quebradas. Se menciona que, el margen izquierdo del río Suyo tiene viviendas expuestas a estos procesos.

C. 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 (Reyes & Caldas, 1987). Se describe la geología a escala 1: 100,000, donde afloran lavas y andesitas basálticas de la Formación San Lorenzo y granodioritas y tonalitas Suyo, 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 andesitas de la formación San Lorenzo. Mientras que, al sur y suroeste afloran tonalitas y granodioritas de la Superunidad Paltashaco, que abarcan gran parte de los caseríos evaluados encontrándose muy meteorizados. Las viviendas se ubican sobre depósitos aluviales, conformados por gravas y arenas en una matriz limoarcillosa.

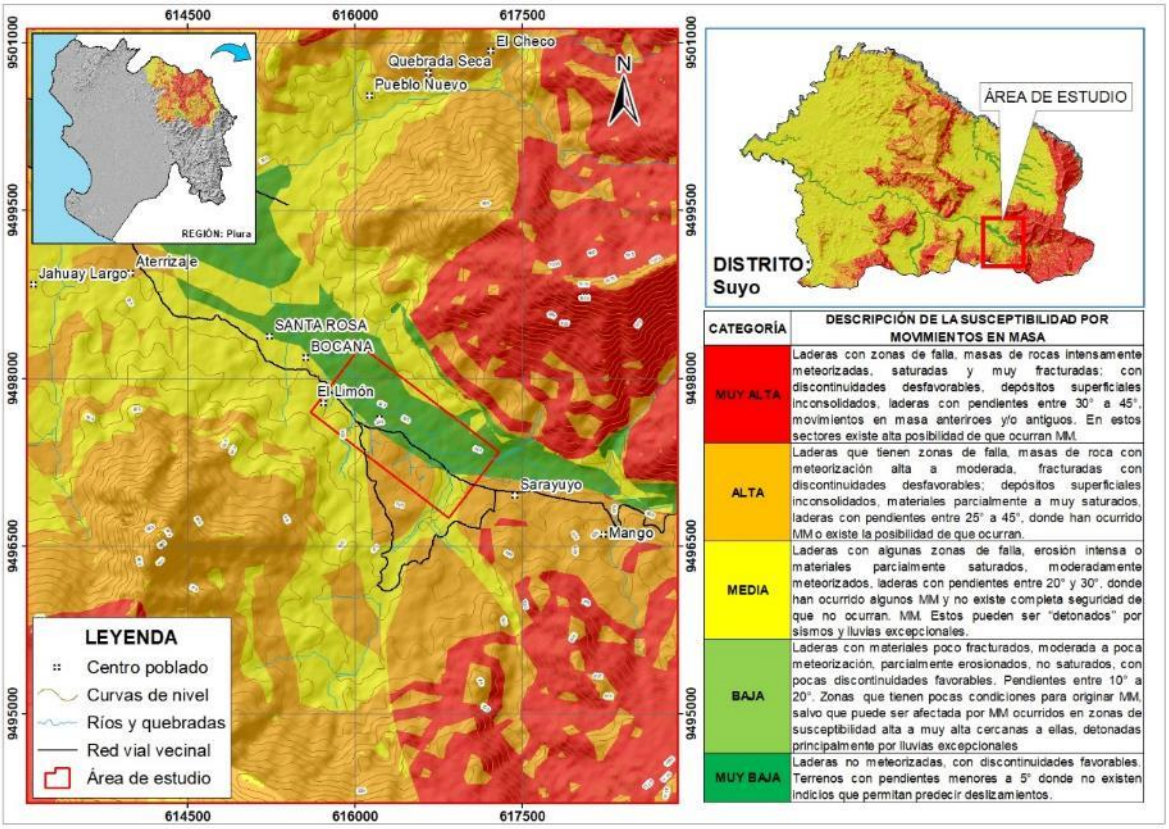


Figura 01. Mapa de susceptibilidad a movimientos en masa a escala 1:100 000 de la zona de evaluación (Vílchez et al., 2017).

1.3. Aspectos generales

1.3.1. Ubicación

El centro poblado Santa Rosa se ubica a 144 km al noreste de la ciudad de Piura, el área de evaluación pertenece al distrito de Suyo, provincia de Ayabaca, región Piura (Anexo 01 Mapa 01), 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	615694	9498160	-4.53°	-79.95°
2	617188	9496160	-4.53°	-79.94°
3	617188	9496930	-4.55°	-79.94°
4	615694	9496930	-4.55°	-79.95°
COORDENADA CENTRAL DE LA ZONA EVALUADA O EVENTO PRINCIPAL				
C	616412	9497597	-4.54°	-79.95°

1.3.2. Accesibilidad

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

Cuadro 02. Rutas y accesos a la zona evaluada

Ruta	*Tipo de vía*	*Distancia (km)*	*Tiempo estimado*
Piura – Tambogrande	Asfaltada	54	1 h 10 min
Tambogrande – Las Lomas	Asfaltada	35	40 min
Las Lomas – Suyo	Asfaltada	37	40 min
Suyo – Santa Rosa	Trocha carrozable	10	15 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, fotografías aéreas y observaciones de campo.

En las inmediaciones del área de estudio afloran lavas andesíticas y andesitas basálticas de la Formación San Lorenzo, al sur y sureste se ubican granodioritas y tonalitas de Suyo pertenecientes a la Superunidad Paltashaco. Los depósitos aluviales y fluviales se distribuyen próximos al cauce de la quebrada Suyo (Anexo 01 Mapa 02).

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 que se encuentran muy fracturadas y meteorizadas, intercaladas con niveles brechosos. Esta litología se distribuye al norte y noreste del centro poblado Santa Rosa, este tipo de rocas se proyectan hacia la frontera con Ecuador (fotografía 01).

2.1.2. Superunidad Paltashaco – Granodiorita Suyo (K-gd-to-s)

Los afloramientos están conformados por cuerpos granodioríticos y tonalitas con alto contenido de cuarzo, estas rocas al meteorizarse forman coberturas de aspecto blanquecino. Los cuerpos descritos se encuentran altamente meteorizados y fracturados dando origen a materiales que se depositan en cauces de quebradas, colinas y terrazas aluviales (fotografía 02).

Fotografía 01. Afloramiento de andesitas, ubicadas a 250 m al norte del caserío Santa Rosa, coordenadas: 9497400N y 616196E.

Fotografía 02. Granodioritas ubicadas al sur del caserío Santa Rosa, coordenadas 9497165N y 616186E.

2.1.3. Depósitos cuaternarios

Depósitos aluviales 1 y 2 (Q-al1 y 2)

Están constituidos por clastos, gravas, arenas y limos. Los clastos son de diferentes tamaños, subredondeados a redondeados, con una matriz limo-arenosa, intercalados con niveles arenosos, secuencias poco compactas. Esta cobertura tiene espesores

variables y se distribuye por el centro del centro poblado Santa Rosa, habiéndose originado por antiguos procesos de remoción en masa (fotografías 03 y 04).

Fotografía 03. Depósitos aluviales 1 ubicados en la margen derecha de la quebrada Suyo, coordenadas 9497878N y 615790E.

Fotografía 04. Depósitos aluviales 2 en la margen izquierda donde se ubican los caseríos evaluados, coordenadas 9497472N y 615998E.

Depósitos fluviales (Q-fl)

Están constituidos por clastos y gravas subredondeadas con arenas gruesas. Estos materiales están distribuidos en el cauce de las quebradas Santa Rosa, Suyo y Sarayuyo, tiene aportantes de materiales gruesos que provienen desde las laderas y que

son transportados por la escorrentía en temporada de lluvias (fotografía 05).

Fotografía 05. Cauce de la quebrada Suyo, que se desplaza de este a oeste, coordenadas 9497653N y 616059E.

Depósitos proluviales (Q-pl)

Estos depósitos están compuestos por fragmentos rocosos polimícticos y heterométricos (bloques, gravas y arenas) soportados en matriz areno-limosa, que han sido depositados en forma de chorreras a lo largo de las quebradas Sarayuyo y Santa Rosa. Estos materiales están asociados directamente a las ocurrencias de flujos de detritos y lodos comúnmente llamados huaicos (fotografía 06).

Fotografía 06. Quebrada Sarayuyo por donde descienden flujos en temporada de lluvias, coordenadas 9497119N y 616854E.

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 un modelo digital de terreno (MDT) del servidor ALOS PALSAR de 12.5 m/pix, además del 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 450 m s.n.m y 520 m s.n.m; mientras que, el área urbana del centro poblado Santa Rosa se asienta sobre superficies con elevaciones entre 476 m s.n.m y 597 m s.n.m. Las máximas elevaciones se ubican al sur, sureste y norte con superficies que sobrepasan los 1000 m de altitud. Los flujos de detritos se originan al norte en la parte alta de las montañas, que alcanzan hasta 1200 m de altitud llegan hasta el área urbana del centro poblado Santa Rosa y descienden hasta la quebrada Suyo con 466 m de altitud (figura 02).

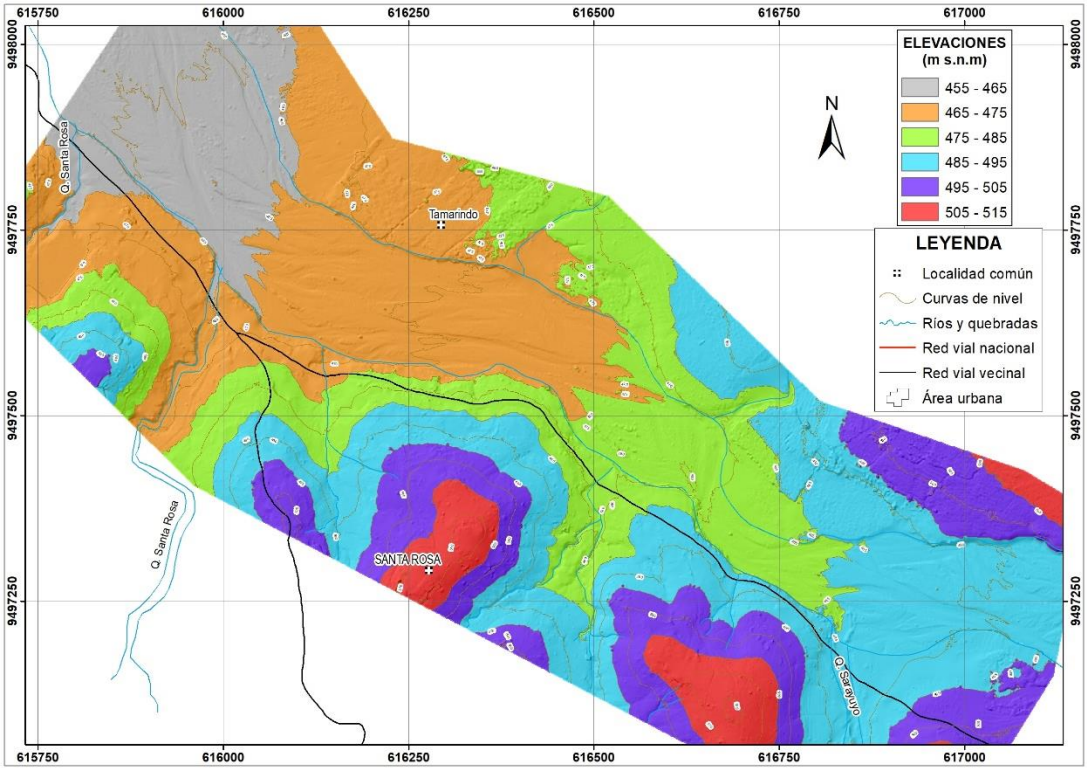


Figura 02. Modelo digital de elevaciones de los caseríos Santa Rosa, El Limón y Tamarindo.

3.2. Pendientes del terreno

El área evaluada abarcó un total de 83 ha, el 58% (48 ha) está constituido por relieves que forman colinas y lomadas con pendientes moderadas a fuertes (5°-25°), las pendientes llanas a suavemente inclinadas (<5) se distribuyen entre terrazas y abanicos de piedemonte aluvial que abarcan el 30% (30 ha). Finalmente, las pendientes muy fuertes a muy

escarpadas (25°- >45) se encuentran entre las terrazas aluviales y el cauce de la quebrada Suyo abarcando sólo 10 ha (figura 03):

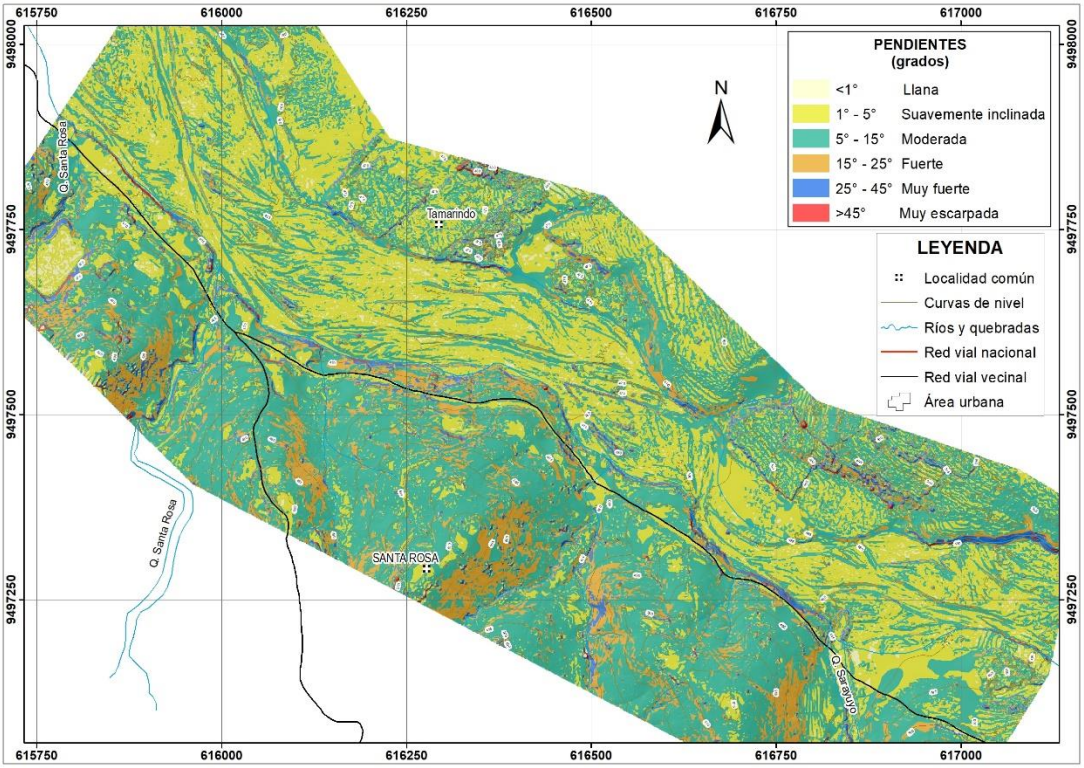


Figura 03. Pendientes observadas en los caseríos evaluados.

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 con la erosión, denudación y sedimentación (Vílchez et al., 2019).

En la zona de estudio, se identificaron colinas y lomadas de carácter tectónico degradaciones y erosional que se ubican al norte y sur de la zona evaluada. Además, de abanicos de piedemonte, terrazas aluviales y vertientes o piedemontes aluvio torrenciales que se activan en temporada de lluvias. El principal agente modelador de la zona. es el río Suyo, que forma un cauce extenso y que erosiona las terrazas ubicadas en ambas márgenes (Anexo 01 Mapa 03).

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 colinas y lomadas**

Las colinas y lomadas son de menor altura que las montañas, generalmente no superan los 300 metros desde la base hasta la cima; se puede subdividir según su naturaleza litológica, morfología estructural y grado de erosión o disección; las inclinaciones de sus laderas en promedio son superiores a los 16% (FAO, 1968, citado por Villota. 2005, p. 44).

Subunidad de colinas y lomadas en rocas intrusivas (RCL-ri): Están conformadas por rocas intrusivas, modeladas por procesos erosionales dando origen a relieves redondeados y alargados sobre las cuales se asienta parte del área urbana del centro poblado Santa Rosa. Las colinas y lomadas tienen una cobertura de gravillas y arenas que le otorgan el aspecto blanquecino a la superficie (figura 04).

Figura 04. Colinas y lomas ubicadas al norte en las coordenadas 9496994N y 616109E.

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 erosiónales 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 abanico de piedemonte (Ab): Están subunidad se originó por antiguos deslizamientos que fueron modelados por escorrentía superficial y quebradas. Existen viviendas y trochas carrozables del centro poblado Santa Rosa que se ubican próximas a estas geoformas que son afectadas por flujos de detritos (figura 05).

Figura 05. Abanico de piedemonte en las coordenadas 9497512N y 615918E.

Subunidad de vertiente o piedemonte aluvio torrencial (P-at): Esta geoforma es el resultado de la acumulación de materiales movilizados a manera de flujos de detritos (huaicos), modifican localmente la dirección de los cursos de ríos y se ubican en las desembocaduras de quebradas hacia los ríos principales. Los caseríos evaluados fueron afectados por flujos que descendieron por las quebradas Santa Rosa, El Limón y Tamarindo, la activación de estos procesos se debió a lluvias intensas y prolongadas, se evidenciaron también depósitos antiguos, la mayoría de los flujos recorren distancias menores a 2.5 km hasta la quebrada Suyo (figura 06).

Figura 06. Vertiente o piedemonte aluvio torrencial formado por la quebrada Sarayuyo. Coordenadas: 9497591N y 616212E.

Subunidad de cauce de río (R): Está unidad corresponde al cauce y lecho de la quebrada Suyo. Esta quebrada se activa en temporada de lluvias, se desplaza de

sureste a noroeste transportando materiales conformados por clastos, gravas y arenas gruesas recorriendo un total de 15 km desde la cuenca alta hasta Suyo (figura 07).

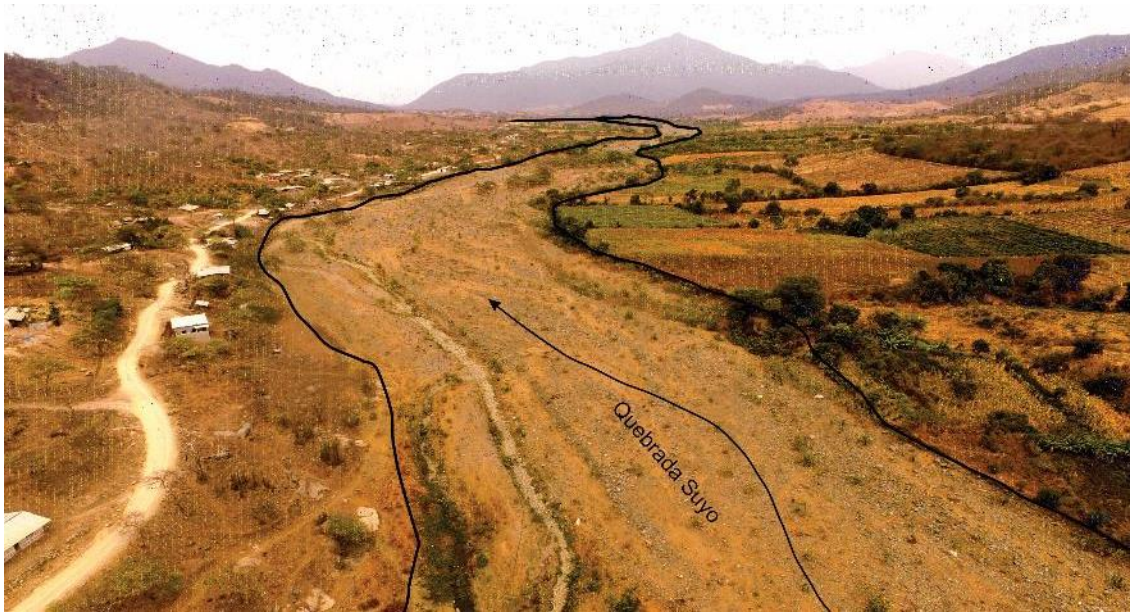


Figura 07. Cauce de la quebrada Suyo, ubicada al este del área urbana, coordenadas 9497591N y 616212E.

3.3.2.2. **Unidad de planicies**

Esta unidad es de origen depositacional, presentan una pendiente menor a 5°, para nuestro caso se ha diferenciado una terraza aluvial.

Subunidad de terraza aluvial (Ta): Se encuentra en ambas márgenes de la quebrada Suyo, se caracteriza por presentar altura menor a 3 m, conformada por arenas con gravas medianamente consolidadas y de fácil erosión. Su origen está relacionada a la dinámica fluvial de las quebradas adyacentes y al curso y evolución de la quebrada Suyo (figura 08).

Figura 08. Terraza aluvial ubicada en las coordenadas 9497832N y 615857E.

4. PELIGROS GEOLÓGICOS

Los peligros geológicos reconocidos en la zona evaluada, corresponden a movimientos en masa de tipo flujos (flujos de detritos o huaicos), erosión de laderas y erosión fluvial (PMA: GCA, 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 geometría del terreno, pendiente del terreno, tipo de rocas y suelos, drenaje superficial–subterráneo y la cobertura vegetal. Se tiene como “detonantes” de estos eventos las precipitaciones pluviales periódicas y extraordinarias que caen en la zona, así como la sismicidad.

4.1. Peligros geológicos por movimientos en masa en el centro poblado Santa Rosa

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 geometría del relieve, pendiente del terreno, grado de meteorización y fracturamiento de la roca, grado de compactación del suelo, 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.

En los caseríos Santa Rosa, El Limón y Tamarindo se han identificado y caracterizado flujos de detritos, erosión fluvial y cárcavas que afectan viviendas, infraestructura de colegios y vías de comunicación. A continuación, se describen los peligros geológicos en las zonas de evaluación (Anexo 01 Mapa 04):

4.1.1. Flujo de detritos

El área urbana del centro poblado Santa Rosa se ubica en la margen izquierda de la quebrada Suyo, las montañas, colinas y lomadas ubicadas al sur y suroeste forman una red de drenaje que se activan por flujos de detritos en temporada de lluvias, como ocurrió en el mes de marzo del 2017 en el Niño Costero.

Los flujos de detritos, que se presentaron el 25 de marzo del 2017, afectaron 17 viviendas ubicadas al borde del cauce de las quebradas Santa Rosa y Sarayuyo, además inundó zonas de cultivos, depositando materiales granulares conformados por gravas con arenas y limos (figuras 17 y 18) y Anexo 01 (figuras 09 y 10).

- El área afectada: 25 ha.

• Ancho del flujo: variable de 15 a 45 m.

• Altura promedio el flujo: 0.5 a 1.5 m.

• Volumen desplazado aproximado: 37 108 m^3.

• Tamaños de la fase granular y fina: clastos (15%) gravas (25%), arenas y finos (60%).

• El 70% de los flujos provienen de la quebrada Sarayuyo, mientras que, el 30% descienden de la quebrada Santa Rosa, recorriendo un total de 2.5 km 1.5 km respectivamente.

Figura 09. Quebrada Santa Rosa en la margen izquierda, donde se ubican varias viviendas en las coordenadas 9497879N y 615789E.

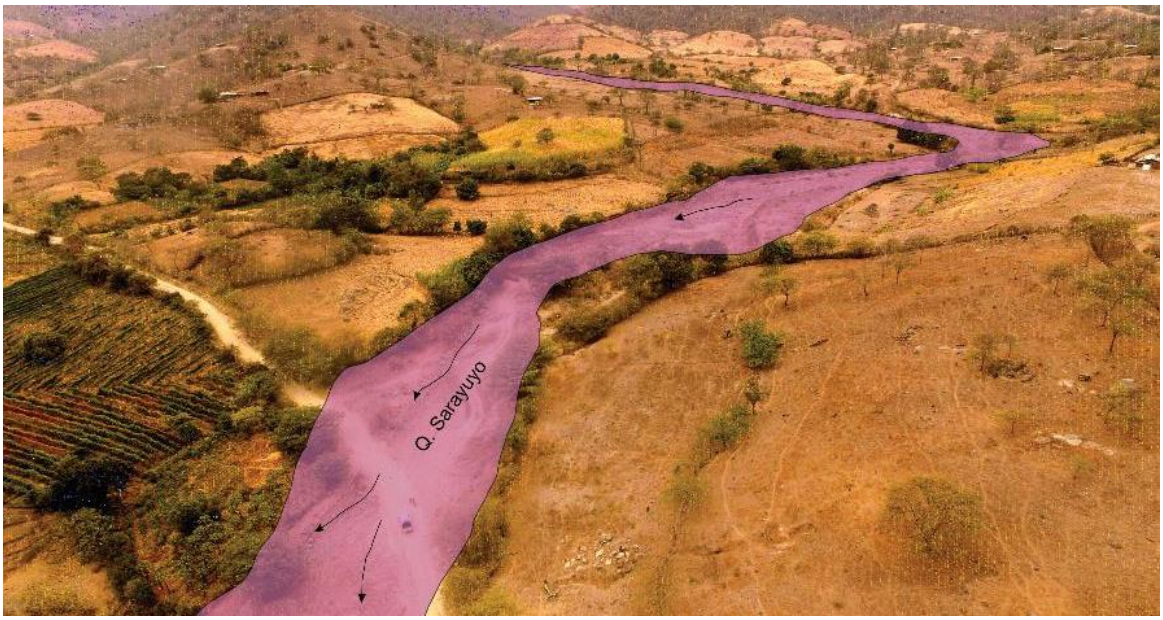


Figura 10. Quebrada Sarayuyo activada por flujo de detritos en el mes de marzo del 2017. Vista en las coordenadas 9497153N y 616848E.

Cuadro 03. Ubicación de los tramos afectado por flujos de detritos.

Sector	De		A		Tramo afectado
	Norte	Este	Norte	Este	
Q. Sarayuyo.	9497136	616878	9497186	616816	81 m del tramo Sarayuyo-Santa Rosa
Quebrada sin nombre	9497405	616508	9497409	616504	8 m de trocha carrozable
Quebrada sin nombre	9497552	616147	9497563	616109	33 m de trocha carrozable
Q. Santa Rosa	9497634	615999	9497676	615969	47 m de trocha carrozable
Q. Santa Rosa	9497860	615806	9497872	615792	17 m de trocha carrozable

4.2. Peligros geohidrológicos

4.2.1. Erosión fluvial

Los incrementos de caudales en la Quebrada Suyo y la ocurrencia de flujos, han originado zonas de erosión en ambas márgenes. A continuación, se detallan las zonas afectadas (figura 11) (Anexo 01 Mapa 04)

La erosión fluvial en el centro poblado Santa Rosa tiene las siguientes características:

- Afecta las terrazas aluviales ubicadas en ambas márgenes de la quebrada Suyo.
- Se identificaron 07 puntos de erosión fluvial.
- Se calculan más de 750 m lineales con anchos de hasta 40 m, pérdida de terrazas sobre las cuales existen terrenos cultivos, vías de acceso y viviendas.

Figura 11. Terraza aluvial afectada por erosión fluvial en las coordenadas 9497839N y 615861E.

Con la finalidad de estimar el área erosionada, se recopilaron imágenes satelitales Quickbir del servidor Digital Globe disponibles desde el año 2007 a la actualidad.

En la margen izquierda, se ha perdido más de 50 m de ancho y 230 m lineales de la terraza aluvial; mientras que, hacia la margen derecha, se calculó la pérdida de 70 m de ancho y 510 m de largo (figura 12).

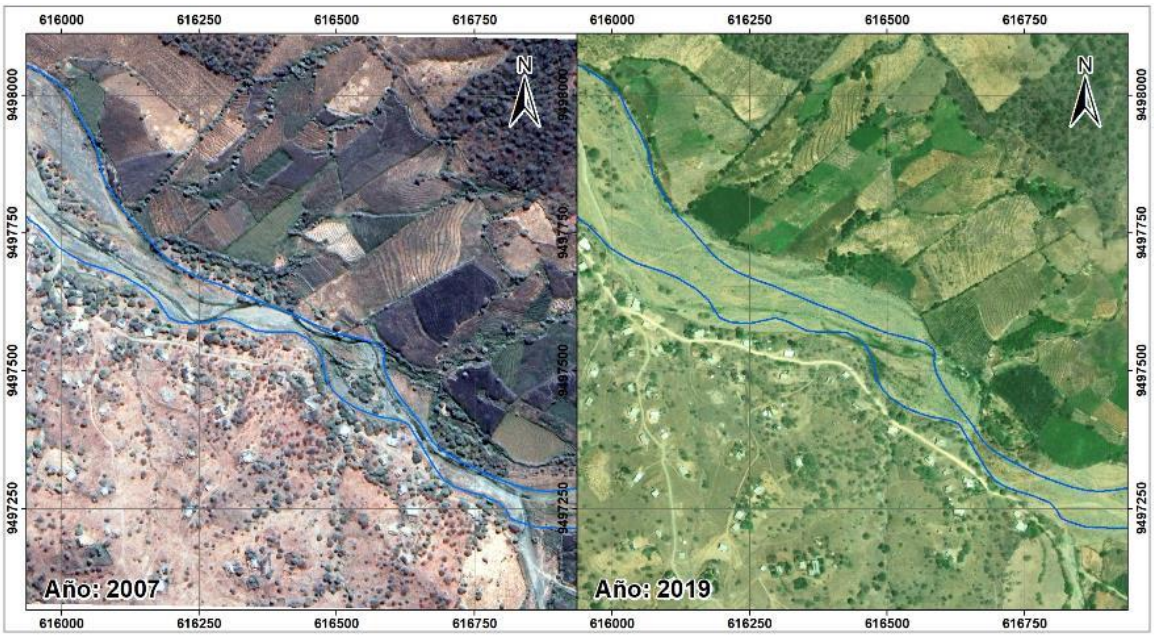


Figura 12. Imagen satelital del año 2007, muestra el avance de la erosión hasta el presente.

Cuadro 04. Ubicación de los tramos afectado por erosión fluvial.

Sector	De		A		Tramo afectado
	Norte (m)	Este (m)	Norte (m)	Este (m)	
Sarayuyo	9497396	616629	9497547	616433	Terraza aluvial
Santa Rosa	9497567	616371	9497573	616223	Terraza aluvial
Santa Rosa	9497598	616123	9497674	616009	Terraza aluvial
Santa Rosa	9497773	615936	9497905	615783	Terraza aluvial

4.3. Otros peligros geológicos

4.3.1. Erosión en cárcavas

Los tipos de litologías y los depósitos aluviales, son afectados por escorrentía superficial y cursos de agua activados durante lluvias intensas y prolongadas, este proceso de erosión socava y ensancha los surcos existentes (figuras 13 y 14) y Anexo 01 (Mapa 04). La erosión depende de la intensidad de la lluvia, como ocurrió en el mes de marzo del 2017, con precipitaciones diarias que se extendieron por varias horas, alcanzando picos diarios de 10 mm y 42 mm.

Las cárcavas identificadas tienen las siguientes características:

- La erosión se encuentran en estado de evolución joven.
- Presenta largo hasta de 110 m, ancho de 3 m, con profundidades hasta de 1.20 m.

• El proceso afecta viviendas y trocha carrozable Suyo - Zapallal.

• La causa principal es la falta de drenaje pluvial y suelos poco compactos.

Figura 13. Cárcava que afecta viviendas del caserío Santa Rosa, perteneciente al centro poblado Santa Rosa. (Coordenadas: 9497509N y 616214E).

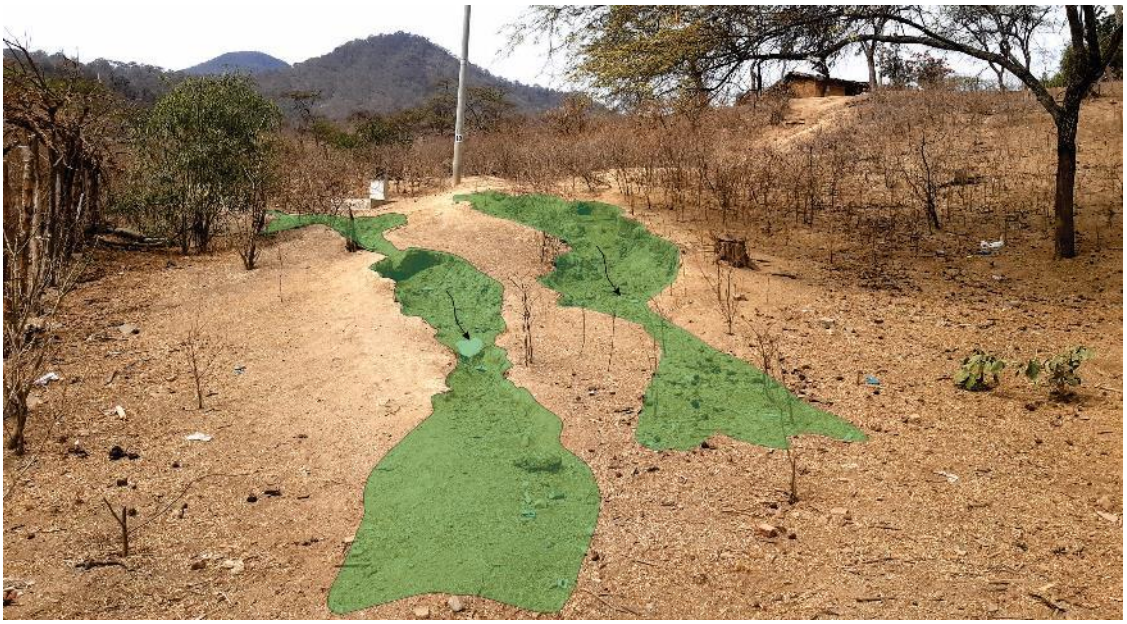


Figura 14. Cárcavas que afectan caminos y postes de alumbrado público.

Cuadro 05. Ubicación de los tramos afectado por cárcavas.

Sector	Inicio		Fin		Tramo afectado
	Norte (m)	Este (m)	Norte (m)	Este (m)	
Santa Rosa	9497215	616651	9497294	616695	Terrenos de cultivos y vías de acceso
Santa Rosa	9497289	616581	9497330	616534	Terrenos de cultivos y vías de acceso
Santa Rosa	9497417	616348	9497472	616472	Terrenos de cultivos y vías de acceso
Santa Rosa	9497410	616237	9497466	616145	Terrenos de cultivos y vías de acceso

4.4. Factores condicionantes

4.4.1. Litología

Los tipos de rocas que afloran en la zona de estudio están conformados por granodioritas muy fracturadas e intensamente meteorizadas, estos afloramientos se disgregan en arenas y gravillas, que son transportados por escorrentía hasta las quebradas adyacentes (figura 15).

Figura 15. Granodioritas muy meteorizadas ubicadas en las coordenadas 9497160N y 616184E.

Las coberturas aluviales están conformadas por limoarenosa y limoarcillosa poco compactas, con gravas retrabajadas de granulometría subredondeada a redondeada. Estos tipos de coberturas son susceptibles a la erosión formando cárcavas y surcos (figura 16).

Figura 16. Capas limoarenosas susceptibles a erosión en las coordenadas 9491919N y 634028E.

4.4.2. Pendientes

En la zona de evaluación predomina los relieves con pendientes llanas a moderadas, del total de las 83 ha abarcadas, el 75% equivalente a 62 ha están conformadas por pendientes que no superan los 15°, este factor influye en los procesos de erosión y formación de cárcavas (figuras 17 y 18).

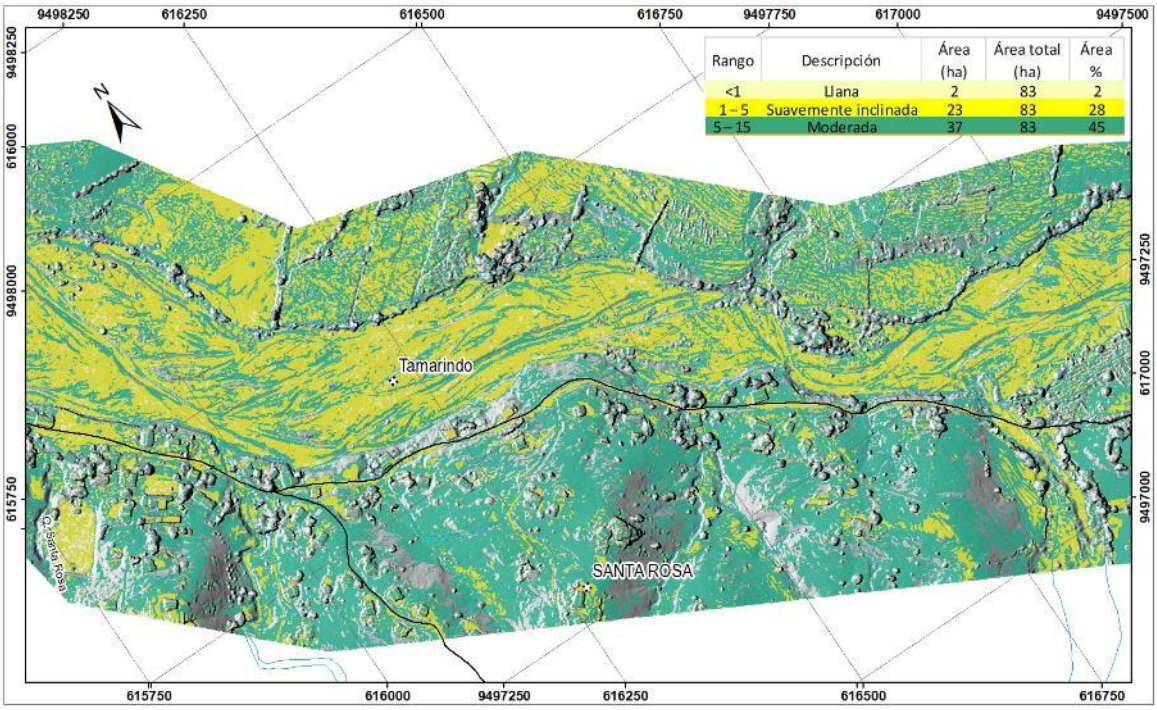


Figura 17. Pendientes llanas a moderadas predominantes en el área de evaluación.

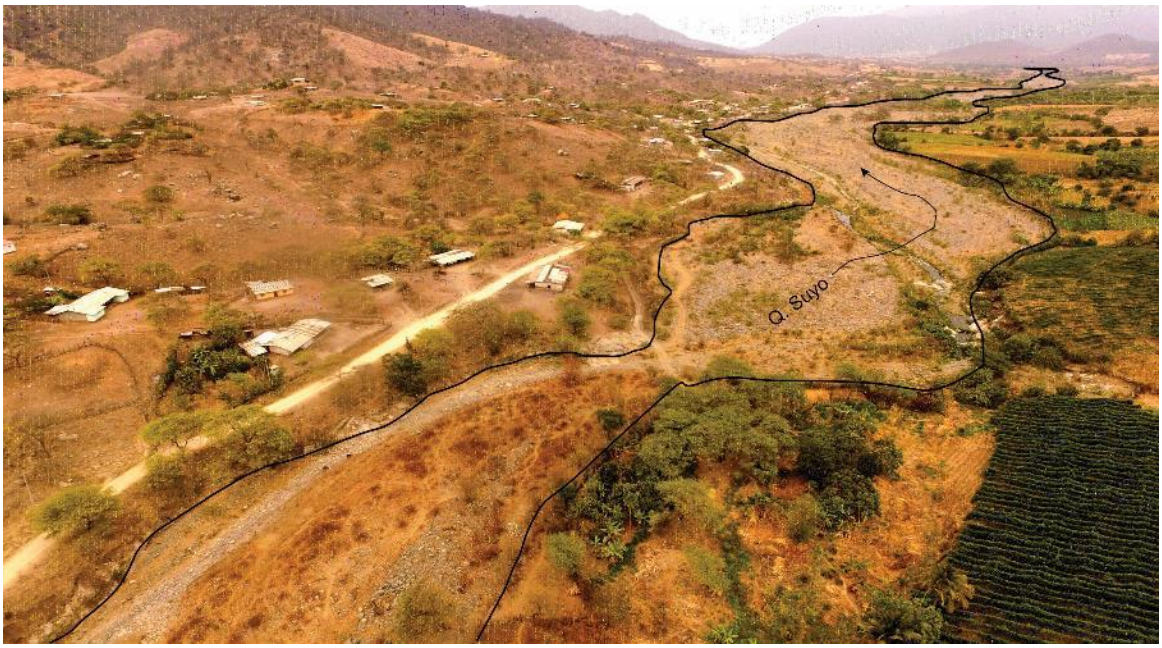


Figura 18. Vista panorámica del centro poblado Santa Rosa ubicado en la margen izquierda de la quebrada Suyo, coordenadas 9497527N y 616371E.

4.5. Factores desencadenantes

4.5.1. Lluvias intensas

Se tomó la información procedente del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI), analizando las estaciones meteorológicas cercanas al distrito de Suyo y al centro poblado Santa Rosa. Se verifico que, en el mes de marzo se registraron lluvias intensas los días 7, 8, 15, 22, 25, 26, y 30 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 14.5 Km al sureste del distrito de Suyo (cuadros 06 y 07, gráfico 01).

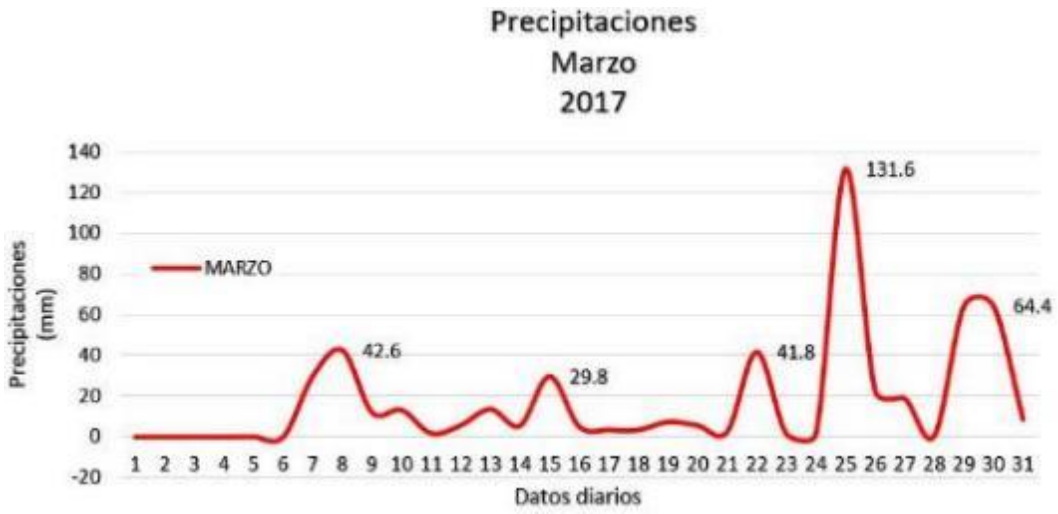
Cuadro 06. Ubicación de la estación meteorológica Paimas.

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**

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	1.8	132	23	19	0.6	64	64	8.7

Cuadro 07. Datos de precipitación mensual del año 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. Vista panorámica de las zonas afectadas por deslizamientos.

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

Las viviendas ubicadas en el cauce de la quebrada Suyo, fueron afectadas por procesos de erosión fluvial y erosión en cárcavas, se apreciaron daños en lozas, bases de concreto y paredes (figuras 19 y 20).

Figura 19. Vivienda y salón comunal Santa Rosa, afectados por cárcavas y erosión fluvial provocada por el ensanchamiento del cauce de la quebrada Suyo, coordenadas 9497861N y 615845E.

Figura 20. Vivienda de adobe al borde de la quebrada Suyo, el aumento del caudal durante la temporada de lluvias expone la vivienda a daños, coordenadas 9497731N y 615971E.

4.6.2. Institución Educativa N° 586 Santa Rosa

El colegio de nivel inicial, se ubica en la terraza aluvial de la margen izquierda de la quebrada Suyo. Debido a lluvias intensas y prolongadas, el frente del colegio fue afectado por la escorrentía superficial con tirantes de agua que sobrepasan los 5 cm de alto (figura 21).

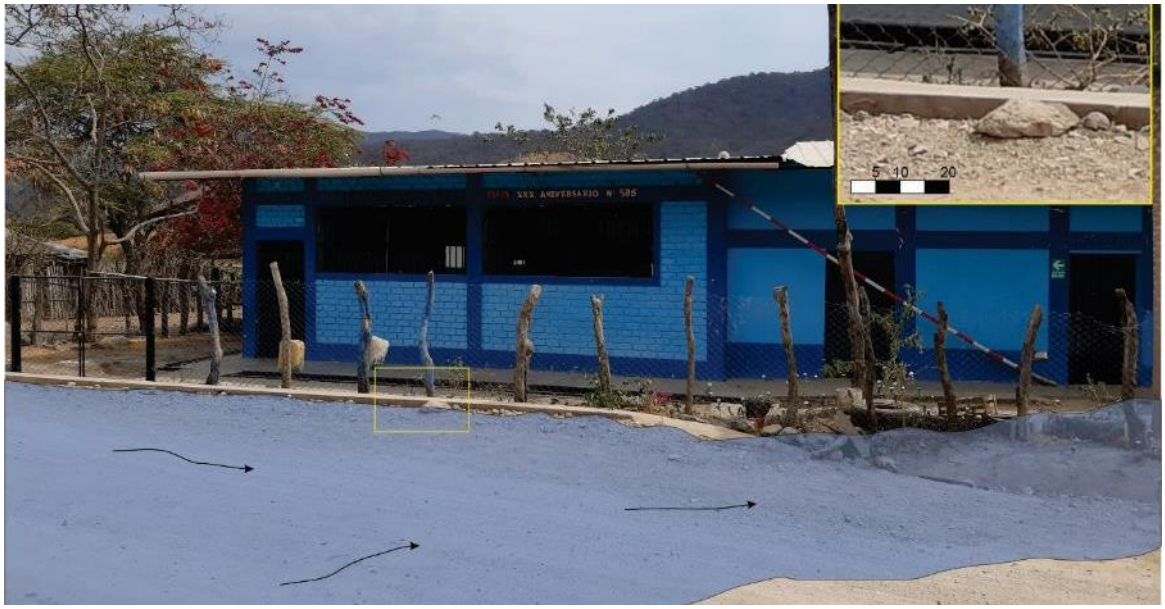


Figura 21. Vista frontal de la I.E. 586 ubicada en las coordenadas 9497727N y 615940E.

4.6.3. Vías de acceso

La trocha carrozable Suyo-Santa Rosa-Zapallal es constantemente interrumpida por los flujos de detritos que se activan durante la temporada de lluvias, esta carretera es la única vía de comunicación de la zona de estudio (figura 22).

Figura 22. Trocha carrozable Santa Rosa - Suyo, tramo afectado por flujos de detritos, coordenadas 9497163N y 616823E.

4.6.4. Gaviones de roca y mampostería

Los gaviones pueden verse afectadas en el pie o base de la estructura por procesos de erosión, empuje o arrastre de material debido a la carga del flujo. En la zona de evaluación se observó una ligera inclinación de 15 m lineales de la sección inicial (figura 23).

Figura 23. Gavión de mampostería levemente inclinado, afectado por erosión, coordenadas 9497696N y 615986E.

5. CONCLUSIONES

a) Los caseríos Santa Rosa, El Limón y Tamarindo se asientan sobre depósitos aluviales conformados por gravas y arenas envueltos en una matriz limoarcillosa, que coberturan rocas tipo granodioritas y tonalitas que se encuentran altamente meteorizadas (Superunidad Paltashaco). Estas rocas intrusivas tienen un comportamiento geomecánico muy desfavorable, son deleznables y muy erosionable mostrándose poco competentes.

b) Las viviendas de los caseríos evaluados se distribuyen sobre terrazas que son de fácil erosión.

c) Las pendientes de los terrenos en las colinas y lomadas varia suavemente inclinadas a moderadas (1° a 15°). Las terrazas aluviales son llanas a suavemente inclinadas (<5°), estas últimas tienen 2.5 m de alto y son afectadas por erosión fluvial.

d) Los abanicos de piedemonte aluvial, limitan con vertientes o pendientes aluvio torrenciales originados por flujos de detritos, que finalmente llegan hasta el cauce de la quebrada Suyo.

e) El área urbana de los caseríos Santa Rosa, El Limón y Tamarindo son afectados por flujos de detritos, que se desplazan de sur a norte a través de las quebradas Santa Rosa y Sarayuyo, los flujos alcanzaron hasta 47 m de ancho y 1.5 m de alto.

f) En el mes de marzo del 2017, la quebrada Suyo registró el incremento del caudal, provocando la erosión del margen izquierdo donde se ubican más de 30 viviendas de los caseríos evaluados. La falta de drenaje pluvial, origina zonas de erosión conocidas como cárcavas de 120 m de largo, 3 m de ancho y 1 m de profundidad, con estado de evolución joven, afectando a viviendas.

g) Del 07 al 25 de marzo del 2017, se registraron lluvias intensas y prolongadas con picos de 10 y 43 mm diarios, que alcanzaron un máximo histórico de 131 mm el día 25 de marzo. Se concluye que, las precipitaciones desencadenaron los flujos de detritos, cárcavas y erosión fluvial con los umbrales observados durante el denominado “Niño Costero”.

h) Debido a las condiciones geológicas, geomorfológicas y geodinámicas descritas, los caseríos Santa Rosa, El Limón y Tamarindo tienen PELIGRO MEDIO por cárcavas y PELIGRO ALTO por flujos de detritos y erosión fluvial.

6. RECOMENDACIONES

A) Planificar la construcción de disipadores de energía en las quebradas Santa Rosa y Sarayuyo, con la finalidad de retener la mayor cantidad de materias, sólidos y líquidos reduciendo la velocidad y la violencia de los flujos (Ver cuadro 03 y Anexos A.3.1 y A.3.2).

B) Implementar la infraestructura de drenaje pluvial, teniendo las quebradas Santa Rosa y Sarayuyo como principales recolectores de la escorrentía superficial (Ver Cuadro 03).

C) Como medida inmediata y provisional, debe realizarse el enrocado de la margen izquierda de la quebrada Suyo, teniendo como referencia los puntos más críticos afectados por la erosión fluvial y flujos de detritos (Ver cuadro 04 y Anexo A.3.3).

D) Restringir la construcción de nuevas viviendas próximas a las quebradas Suyo, Santa Rosa y Sarayuyo; las viviendas e infraestructuras existentes deben ser reubicadas de forma progresiva restableciendo una distancia mínima de 10 m (Ver cuadro 04).

E) Plantear la construcción de gaviones o muros de contención en la quebrada Suyo, priorizando los tramos donde no existen dichas estructuras y que son afectadas por erosión fluvial (Ver cuadro 04 y Anexos A.3.2 y A.3.3).

F) Planificar la expansión urbana, tomando en cuenta los peligros geológicos y geohidrológicos identificados, así como, las geoformas susceptibles a procesos de erosión y flujos de detritos.

G) 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 en zonas de peligro).

Segundo A. Núñez Juárez
Jefe de Proyecto-Act. 11

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

7. BIBLIOGRAFÍA

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>

Jaimes, Concha, Coaquira, Chapillequen (2016). Geología del cuadrángulo de Ayabaca 10d4. INGEMMET. Disponible en: <https://geocatminapp.ingemmet.gob.pe/complementos/Descargas/Mapas/Geologia50/Ordenado/Shapefile/imagenes/11-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>

KNIGHTON, D. (1998): Fluvial Forms and Processes. A new perspective. London, Edward Arnold. Disponible en: <https://books.google.com.pe/books/about/Fluvial_Forms_and_Processes.html?id=M5iXZDfIDcMC&redir_esc=y>

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, 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]. 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>

Rocha, A. (1998). Introducción a la hidráulica fluvial. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería. Facultad de Ingeniería Civil. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/315829253_Introduccion_a_la_Hidraulica_Fluvial>

Suárez, 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>

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. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12544/2479>

Vílchez, Sosa, Jaimes, Mamani, Cerpa, Martínez (2017). Peligros geológicos y geo-hidrológicos detonados por el Niño Costero 2017 en la región Piura. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12544/1022>

Vílchez, M., Sosa, S. & Jaimes, S. (2017). Evaluación Geológica de las Zonas afectadas por El Niño Costero 2017 en la Región Piura. Disponible en: <https://hdl.handle.net/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>

ANEXO 1: MAPAS Y PERFILES

612000 614000 616000 618000

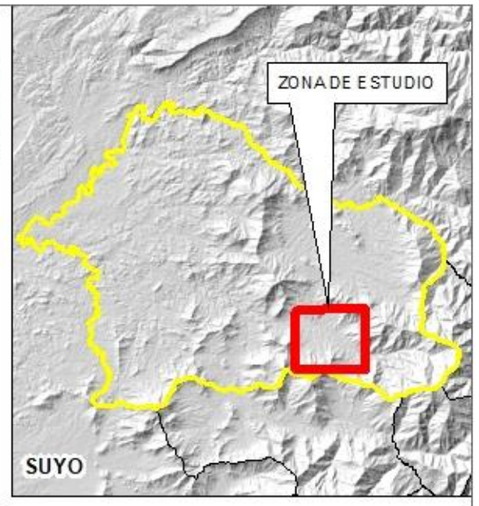
9502000 9500000 9498000 9496000

El Estadio
SUYO
Diablos Pintados
Corral Grande
Jaguay Largo
Aterrizaje
Monteadores
Hacienda Santa Rosa
Bocana
El Limón
Tamarindo
SANTA ROSA
Sarayuyo
Quebrada Seca
El Checo
Pueblo Nuevo

N

LEYENDA

- Localidad común
- Capital de distrito
- Curvas de nivel
- Río principal
- Quebrada Intermitente
- Red vial nacional
- Red vial vecinal
- Zona de estudio



SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO
Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL

UBICACIÓN Y ACCESIBILIDAD CASERÍOS SANTA ROSA, EL LIMÓN Y TAMARINDO

MAPA 1

Escala: 1/25,000 Datum: WGS84 Zona: 17S
Versión digital: Año 2020 Impreso: Marzo 2021

615500 616000 616500 617000

9498500 9498000 9497500 9497000

Q-al1
Hacienda Santa Rosa
Bocana
Q-al2
El Limón
Q. Santa Rosa
Q-al1
Tamarindo
Q-fl
Quebrada Suyo
Ki-sl
Q-al2
N
K-gd-to-s
Q Santa Rosa
Q-pl
SANTA ROSA
Q-al2
Q-al1
Q-pl
Q Sarayuyo
Q-al2

ERATEMA	SISTEMA	SERIE	UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS	SÍMBOLO		SÍMBOLO	UNIDADES INTRUSIVAS
			Depósitos fluviales	Q-fl			
CENOZOICO	CUATERNARIO	Holoceno	Despósito proluvial	Q-pl			
			Depósitos aluviales 2	Q-al2			
			Depósitos aluviales 1	Q-al1			
	NEÓGENO						
	PALEÓGENO						
MESOZOICO	CRETÁCICO	Inferior	Formación San Lorenzo	Ki-sl	Superunidad Paltashaco (~90 Ma)	K-gd-to-s	Granodiorita-tonalita Suyo

LEYENDA

- Localidad común
- Curvas de nivel
- Río principal
- Quebrada Intermitente
- Red vial vecinal

PIURA

SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO
Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL

GEOLOGÍA
CASERÍOS SANTA ROSA, EL LIMÓN Y TAMARINDO

MAPA 2

Escala: 1/7,500 Datum: WGS84 Zona: 17S
Versión digital: Año 2020 Impreso: Marzo 2021

615500 616000 616500 617000

9498500 9498000 9497500 9497000

N

Hacienda Santa Rosa
Bocana
El Limón
Q. Santa Rosa
Tamarindo
C-r
Quebrada Suyo
SANTA ROSA
Q. Santa Rosa
Q. Sarayuyo
Ab
T-al
P-at
RCL-ri

UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS

- Colinas y lomas en rocas intrusivas
- Abanico de piedemonte
- Vertiente o piedemonte aluvio torrencial
- Terraza aluvial
- Cauce o lecho de río

LEYENDA

- Localidad común
- Curvas de nivel
- Río principal
- Quebrada Intermitente
- Red vial vecinal

SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO
Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL

GEOMORFOLOGÍA CASERÍOS SANTA ROSA, EL LIMÓN Y TAMARINDO

MAPA 3

Escala: 1/7,500 Datum: WGS84 Zona: 17S
Versión digital: Año 2020 Impreso: Marzo 2021

615750 616000 616250 616500 616750 617000

9498000 9497750 9497500 9497250 9497000

N

Tamarindo

SANTA ROSA

Q. Santa Rosa

Q. Santa Rosa

Quebrada Suyo

Q. Sarayuyo

PELIGROS GEOLÓGICOS

Movimientos en masa

Flujo de detritos

Peligros geohidrológicos

Erosión de laderas (Cárcavas)

Otros peligros geológicos

Erosión fluvial

LEYENDA

- Localidad común
- Curvas de nivel
- Río principal
- Quebrada Intermitente
- Red vial vecinal

SECTOR ENERGÍA Y MINAS

INGEMMET

INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL

PELIGROS GEOLÓGICOS CASERÍOS SANTA ROSA, EL LIMÓN Y TAMARINDO

MAPA 4

Escala: 1/4,250 Datum: WGS84 Zona: 17S

Versión digital: Año 2020 Impreso: Marzo 2021

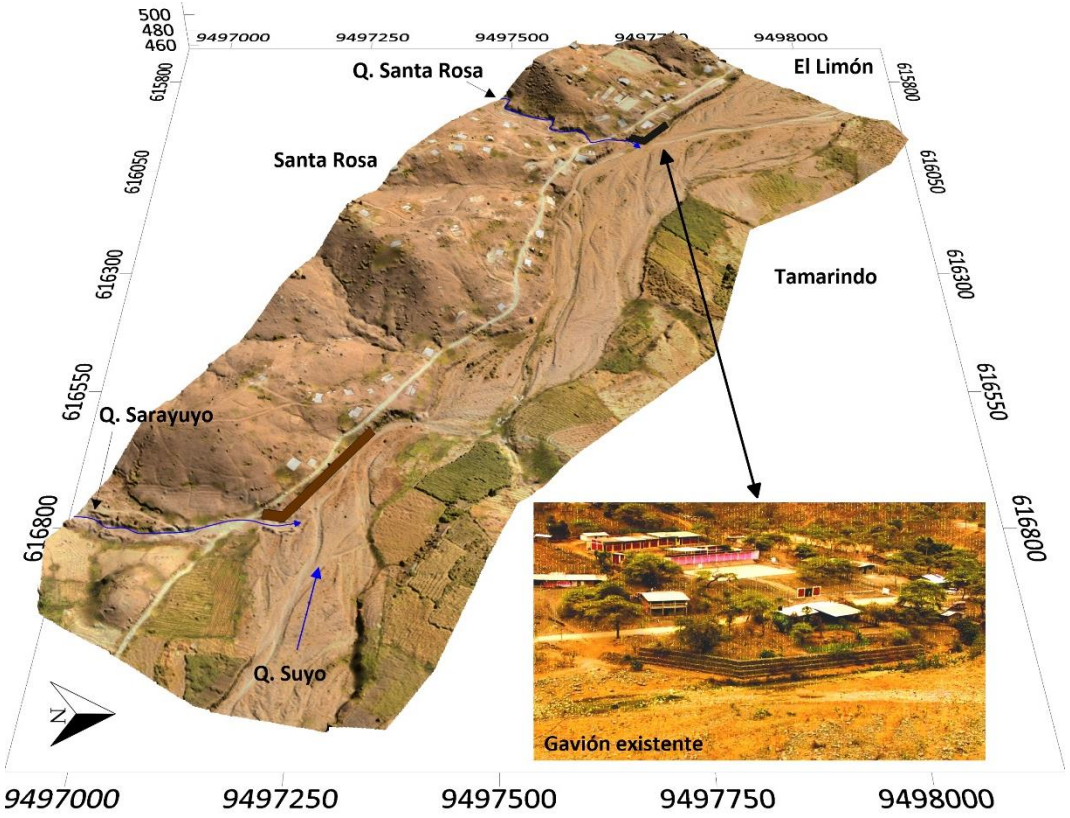


Figura 24. Gavión de mampostería existente en la margen izquierda del de la quebrada Suyo.

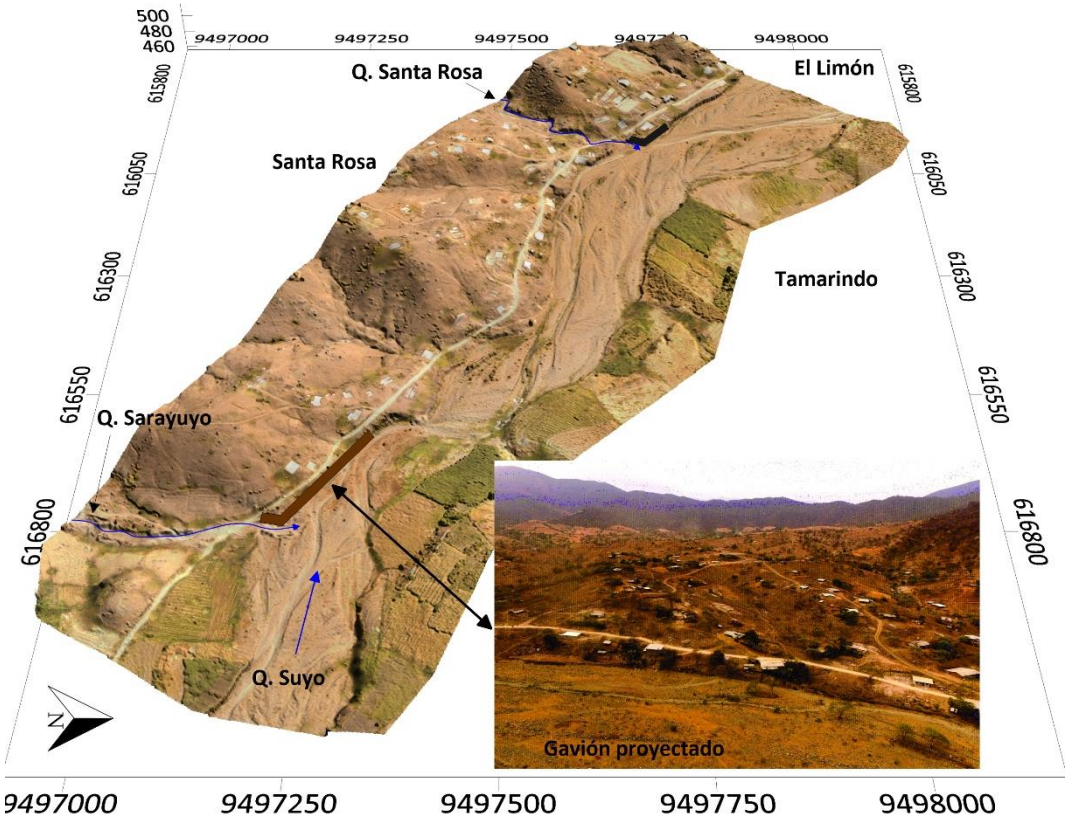


Figura 25. Gavión proyectado en la margen izquierda de la quebrada Suyo.

ANEXO 2: GLOSARIO

A.2.1. 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 26). 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.

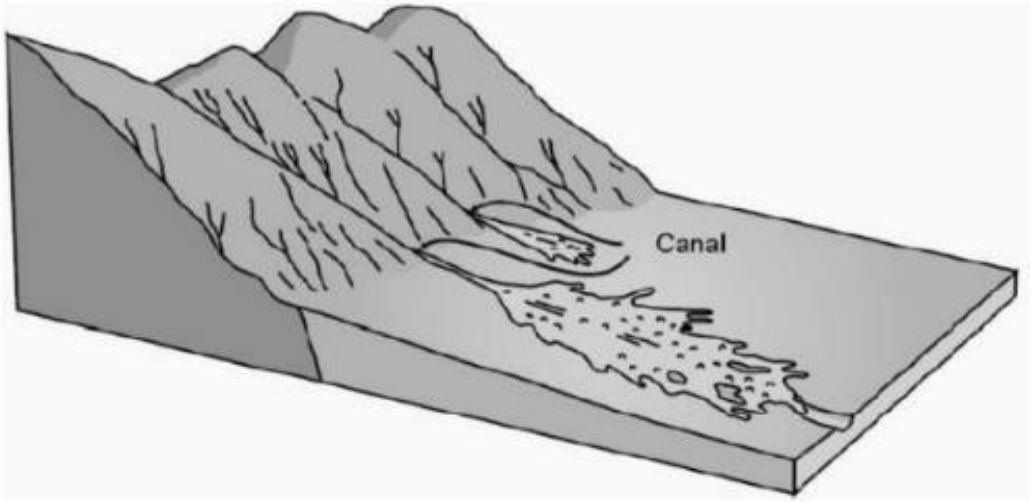


Figura 26. Esquema de un flujo canalizado (Cruden y Varnes, 1996).

A.2.2. Erosión fluvial

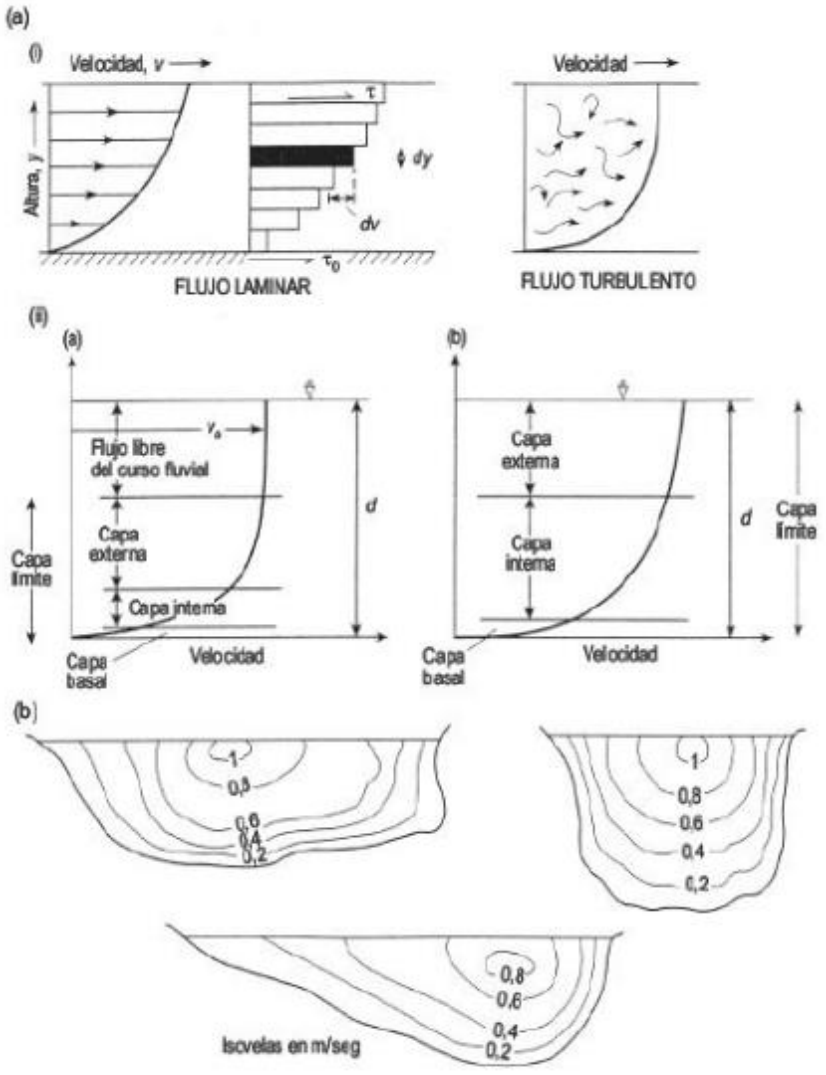
En general se denomina erosión, socavación o degradación a la remoción que efectúa el agua de las partículas sólidas constituyentes de un lecho fluvial y cuyo resultado es una profundización del cauce. La erosión puede ser local o generalizada:
La erosión local, o socavación propiamente dicha, está circunscrita a un lugar determinado, y a veces también está limitada a una cierta duración, y se debe a una perturbación del flujo.
Socavar significa *"excavar por debajo alguna cosa, dejándola en falso"*.
La erosión generalizada, o degradación, se produce a lo largo y ancho de un cauce fluvial. La degradación del cauce es extensa y progresiva. Ejemplo típico sería la que ocurre aguas abajo de una presa ubicada sobre el lecho de un río, que retenga gran

cantidad de sedimentos y que, sin embargo, mantenga constante el caudal hacia aguas abajo (Rocha, 1998).

Hidráulica del flujo fluvial

La morfología de los canales fluviales naturales depende de la interacción entre el flujo y los materiales erosionables en los límites de los canales. Estas interacciones varían en diferentes escalas (espaciales y temporales). Ya que el flujo de un río es variable, el canal se ajusta a la actuación de diferentes fuerzas para mantener una estructura coherente (Figura 32).

En un canal, el flujo de agua está sometido principalmente a dos fuerzas: la gravedad y la pendiente del canal, mientras que la fricción se opone al movimiento del agua. Como el agua es un fluido no puede resistir esfuerzo, por lo tanto, cualquier esfuerzo por pequeño que sea producen un movimiento en forma laminar o turbulento (Knighton, 1998).



Variaciones en la velocidad de un flujo Fluvial. (a) Con la profundidad: (i) tipicos perfiles de velocidad para flujos laminar y turbulento; (ii) estructura de la capa límite en profundidad (a) y para flujo somero (b). (b) Secciones transversales en canales naturales (Knighton, 1998).

Figura 32. Variación de velocidades en un flujo fluvial.

A.2.3. 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 31).

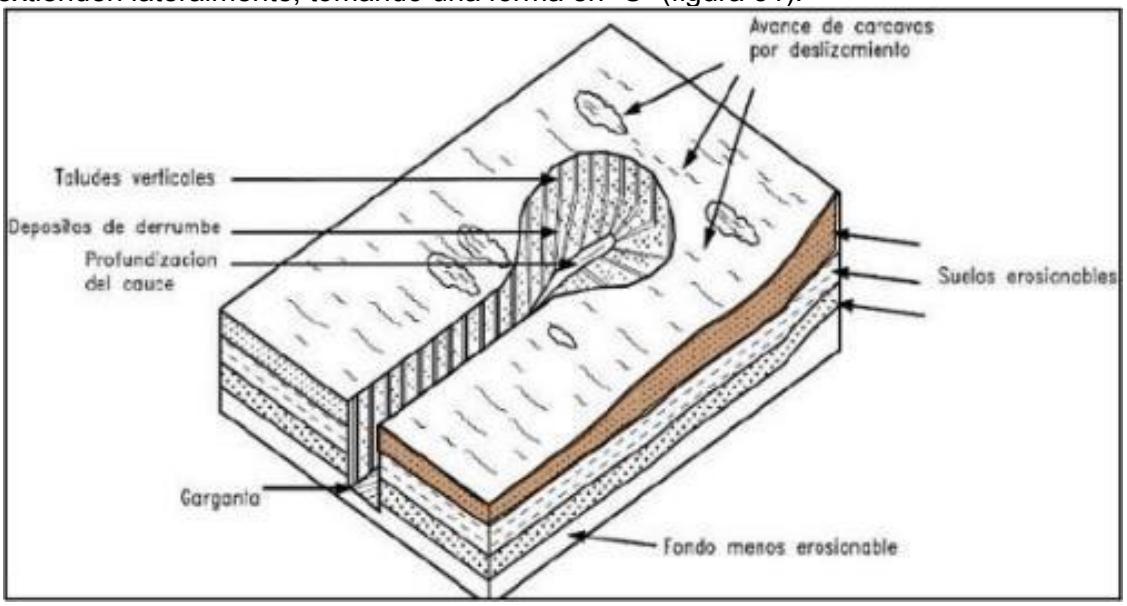


Figura 31. Esquema general de una cárcava. Tomado de Suárez (1998).

ANEXO 3: ALTERNATIVAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN

A3.1. 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 38).

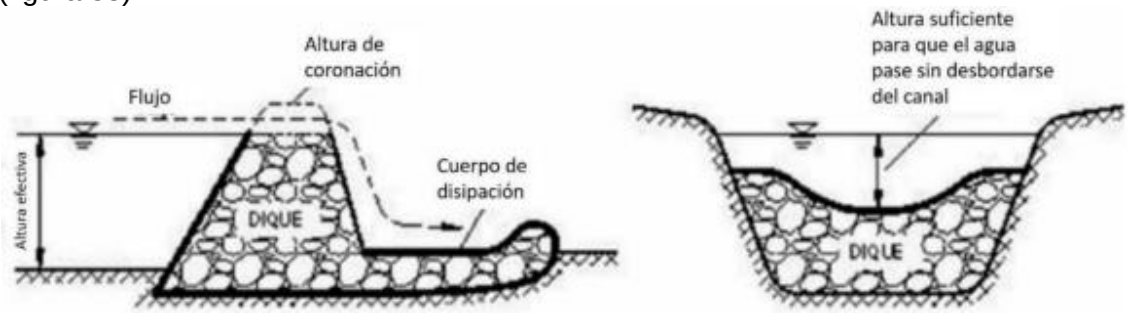


Figura 31. Condiciones de terreno y forma de taludes (JICA, 2007)**.**

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.

A.3.2. 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 (Suárez, 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.

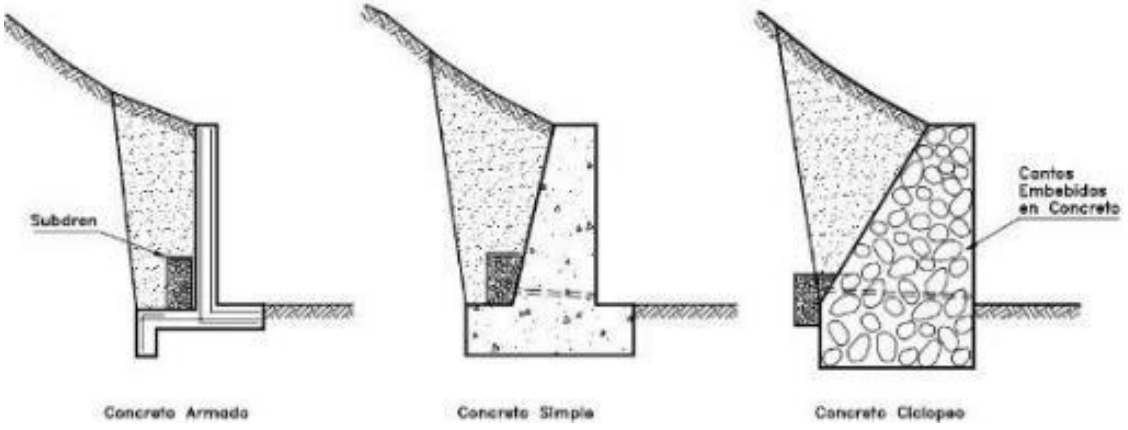


Figura 33. Esquema de muros rígidos (Suárez, 1998)**.**

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.

A.3.3. Gaviones de roca y mampostería

El gavión consiste en un recipiente, por lo general paralelepípedo, de malla de alambre galvanizado lleno de cantos de roca. Aunque es una estructura muy antigua, empleada por los antiguos faraones utilizando fibras vegetales, su uso solamente se popularizó a principios siglo XX en Europa, extendiéndose posteriormente al resto del mundo. En América los gaviones se emplean extensivamente desde hace cerca de cincuenta años.

En el mapa de peligros se adjuntan las zonas de erosión fluvial en el centro poblado Santa Rosa, estas obras deben estar dirigidas a la protección de la seguridad física de las viviendas e infraestructura ubicada en la margen izquierda del río Suyo.

Figura 34. La flexibilidad de los gaviones permite deformaciones considerables (Suárez, 1998).