

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A7215

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR MOVIMIENTOS EN MASA EN EL BARRIO DE PALIA

Departamento Junín
Provincia Concepción
Distrito Concepción



ENERO
2022

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR MOVIMIENTOS EN MASA EN EL BARRIO DE PALIA

(Distrito de Concepción, provincia Concepción, departamento de Junín)

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

Equipo de investigación:

Ángel Gonzalo Luna Guillén

Guisela Choquenaira Garate

Referencia bibliográfica

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2021). Evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa en el Barrio Palia, distrito Concepción, provincia Concepción, departamento de Junín. Lima: Ingemmet, Informe Técnico A7215, 38 p.

ÍNDICE

RESUMEN.....	4
1. INTRODUCCIÓN.....	5
1.1. Objetivos del estudio	5
1.2. Antecedentes y trabajos anteriores	5
1.3. Aspectos generales	7
1.3.1. Ubicación	7
1.3.2. Accesibilidad.....	8
1.3.3. Clima	8
2. ASPECTOS GEOLÓGICOS.....	10
2.1. Unidades litoestratigráficas	10
2.1.1. Grupo Excelsior (SD-e).....	10
2.1.2. Grupo Mitu (PET-m).....	11
2.1.3. Depósitos cuaternarios	13
3. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS	13
3.1. Pendientes del terreno.....	13
3.2. Unidades geomorfológicas	15
3.2.1. Geoformas de carácter tectónico degradacional y erosional.....	15
3.2.2. Geoformas de carácter depositacional y agradacional	15
4. PELIGROS GEOLÓGICOS.....	16
4.1. Peligros geológicos por movimientos en masa en el barrio Palia	17
4.2. Factores condicionantes.....	22
4.3. Factores desencadenantes	22
5. CONCLUSIONES.....	23
6. RECOMENDACIONES.....	24
7. BIBLIOGRAFÍA	25
ANEXO 1: MAPAS.....	26
ANEXO 2: GLOSARIO	31
ANEXO 3: MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN.....	32

RESUMEN

El presente informe técnico, es el resultado de la evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa realizado en el Barrio de Palia, ubicado en la margen izquierda de los ríos Marañón y Achamayo, perteneciente a la jurisdicción del distrito y provincia de Concepción, departamento de Junín. 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 (local, regional y nacional).

Las unidades litoestratigráficas aflorantes, corresponden a rocas de origen meta-sedimentario y volcano-sedimentario de los Grupos Mitu y Excelsior, constituido por secuencias de meta-areniscas y andesitas, medianamente fracturadas y ligeramente meteorizadas. También se observa la predominancia de depósitos cuaternarios aluviales no consolidados compuestos por la intercalación de gravillas y gravas subredondeadas a redondeadas entre 0.5 cm y 3 cm envueltos por una matriz limo-arenosa blanda, poco saturada.

Las geoformas identificadas según su origen tectónico-degradacional, se tienen lomadas modeladas en rocas volcano-sedimentarias, con laderas de pendientes muy escarpadas (> 45°), y geoformas agradacionales como abanicos aluviales de pendiente suave (1°- 5°); y sobre la cual se asienta el barrio de Palia, donde se observó la presencia de dos taludes verticalizados (82°) de 4 m y 9 m de altura.

En 2019, se registró la ocurrencia de derrumbes en el talud de 9 m (NE de Palia), condicionados por la pendiente del talud y la infiltración de aguas de riego en las plataformas superiores. Estos derrumbes afectaron alrededor de 4 viviendas por el ingreso de material detrítico y las surgencias de aguas.

Por lo antes expuesto, el barrio de Palia, se considera de **Peligro Medio** a la ocurrencia de derrumbes, sujetos a desencadenarse por precipitaciones intensas, prolongadas y/o extraordinarias.

De manera general y entre otras recomendaciones citadas en el presente, se recomienda implementar el tipo de riego tecnificado (por goteo u otros) que eviten la sobre saturación del terreno, y en el talud, implementar muros de contención con sistemas de drenaje subterráneo.

1. INTRODUCCIÓN

El Ingemmet, ente técnico-científico 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 el Oficio N° 0582-2019-A/MPC de la Municipalidad Provincial de Concepción, la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del Ingemmet, designa a los especialistas Guisela Choquenaira Garate y Gonzalo Luna Guillen, para realizar la evaluación de peligros geológicos, la cual se llevó a cabo del 01 al 04 de diciembre de 2021, en coordinación y contando con el acompañamiento de representantes de la Municipalidad Provincial de Concepción, Arq. Korali Blanco Machao.

La evaluación técnica, se realizó con 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, fotografías terrestres, así como la cartografía geológica y geodinámica, con lo que finalmente se realizó la redacción del informe técnico.

Este informe, se pone a consideración de la Municipalidad Provincial de Concepción, y entidades encargadas de la gestión del riesgo de desastres, donde se proporcionan resultados de la evaluación y recomendaciones para la mitigación y reducción del riesgo, 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 que se presentan en el Barrio de Palia; los cuales pueden comprometer la seguridad de las poblaciones, infraestructuras y medios de vida.
- b) Determinar los factores condicionantes y desencadenantes que influyen en la ocurrencia de los peligros geológicos por movimientos en masa.
- c) Proponer medidas de prevención, reducción y mitigación ante peligros geológicos por movimientos en masa identificados en la etapa de campo.

1.2. Antecedentes y trabajos anteriores

Entre los principales estudios realizados a nivel local y regional en los sectores de evaluación se tienen:

- A) En el Boletín N° 72 Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, “Peligro geológico en la región Junín”; elaborado por Luque *et al.* (2020); realiza la caracterización litológica, geomorfológica y de susceptibilidad a movimientos en masa en la región Junín, en el cual se observa que en el sector de evaluación se presentan depósitos aluviales inconsolidados formando terrazas, que determinan una susceptibilidad “**Alta**” a movimientos en masa y “**Media**” a inundación fluvial (figuras 1 y 2).
- B) Boletín N°22 Serie A: “Geología del Cuadrángulo de Jauja”; elaborado por Valdivia *et al.* (2021); donde describe las unidades geológicas del cuadrángulo de Jauja 24m3, a la cual pertenece el barrio de Palia, describe las unidades cuaternarias del origen

aluvial sobre las que se asientan las viviendas de Concepción, como depósitos compuestos por conglomerados de cantos bien redondeados de hasta 50 cm de diámetro en una matriz de arena gruesa.

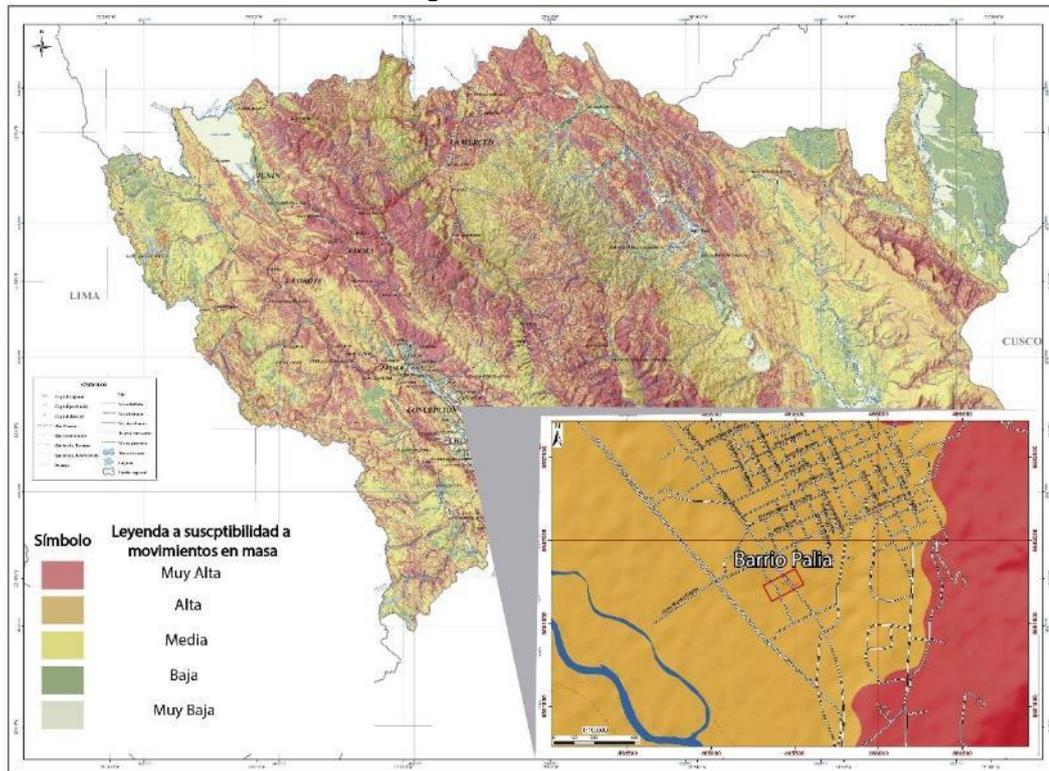


Figura 1. Susceptibilidad a movimientos en masa de la región Junín (escala base 1:250 000).
 Fuente: Luque *et al.*, 2020.

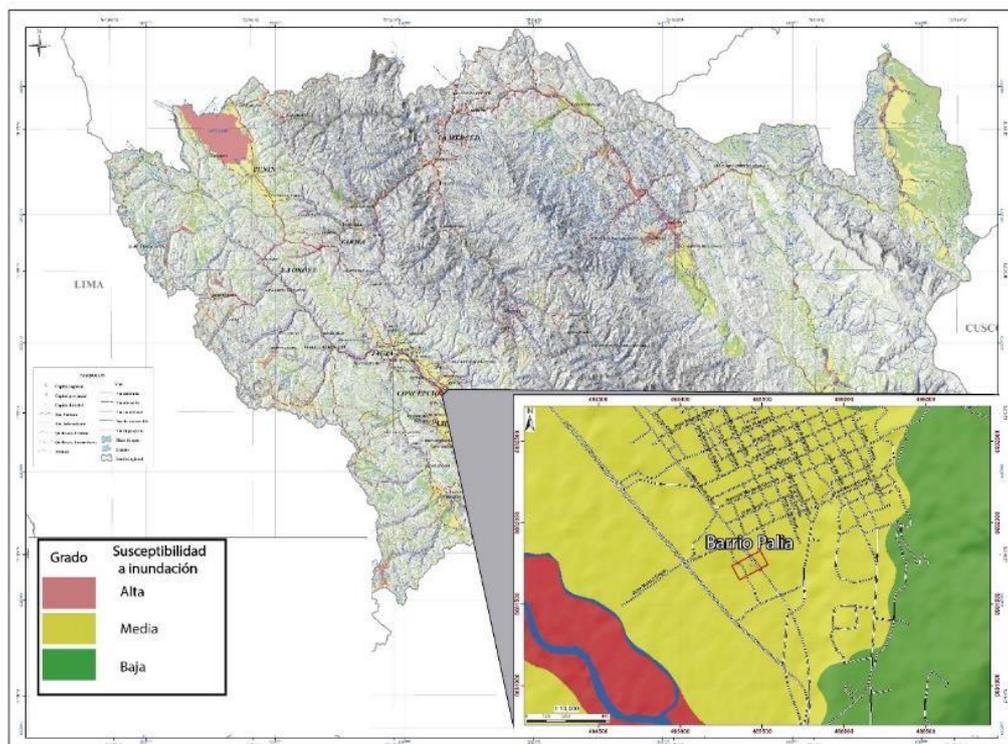


Figura 2. Susceptibilidad a inundación y erosión fluvial de la Región Junín (escala base 1:250 000).
 Fuente: Luque *et al.*, 2020.

1.3. Aspectos generales

1.3.1. Ubicación

El Barrio de Palia se encuentra ubicado en la margen izquierda del río Marañón, en una elevación aproximada de 3290 m s.n.m. Políticamente pertenece al distrito y provincia de Concepción, departamento de Junín (figuras 3 y 4).

Cuenta con las siguientes coordenadas UTM (WGS84 – Zona 18s) siguientes: (cuadro 1).

Cuadro 1. Coordenadas del área de estudio Barrio Palia

N°	UTM - WGS84 - Zona 18S		Geográficas	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
1	465399.15	8681647.29	11°55'32.37"S	75°19'3.95"O
2	465586.61	8681744.94	11°55'29.22"S	75°18'57.76"O
3	465541.15	8681835.70	11°55'26.26"S	75°18'59.24"O
4	465351.54	8681734.00	11°55'29.54"S	75°19'5.53"O
COORDENADA CENTRAL DE LA ZONA EVALUADA O EVENTO PRINCIPAL				
C	465471.53	8681739.48	11°55'29.38"S	75°19'1.56"O

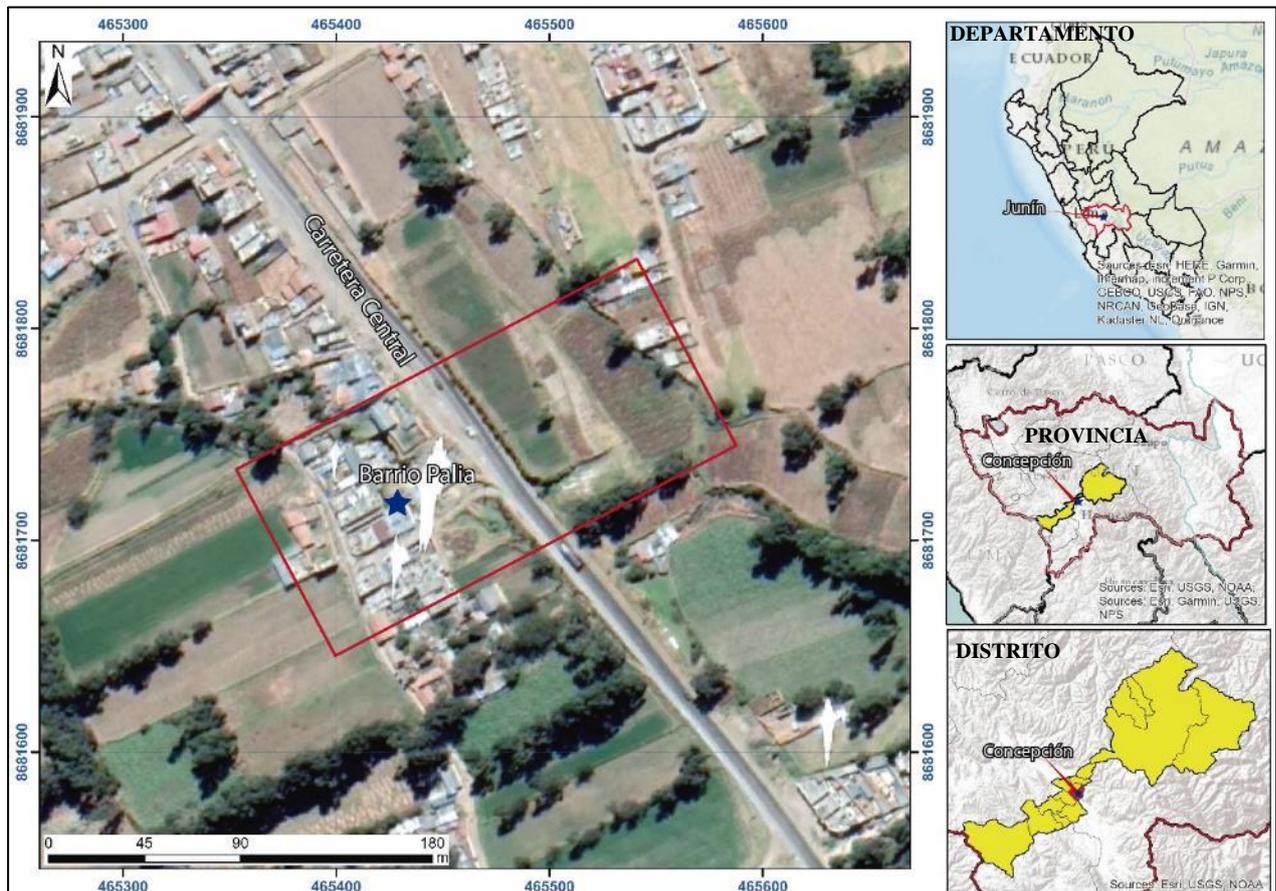


Figura 3. Ubicación del Barrio Palia, Concepción, Junín.

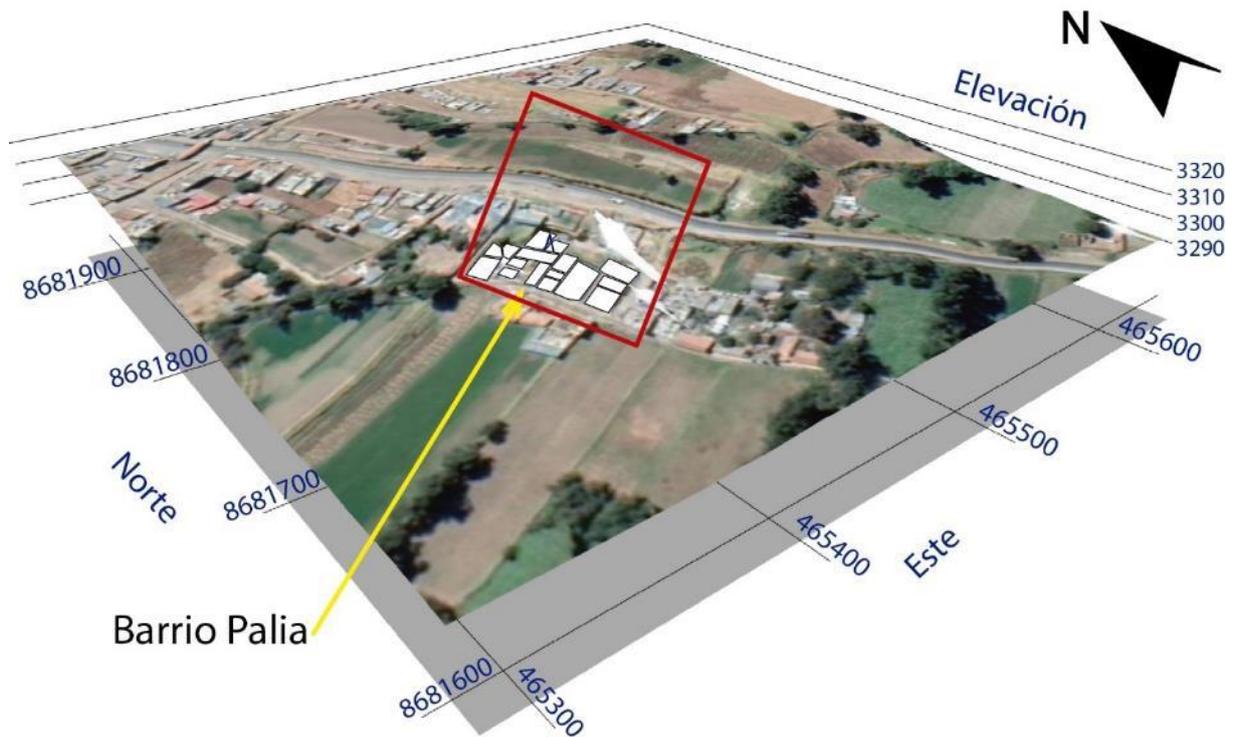


Figura 4. Ubicación 3D del Barrio Palia, Concepción, Junín. Muestra la elevación del sector de 3290 m s.n.m.

1.3.2. Accesibilidad

El acceso se realiza por vía terrestre desde la ciudad de Lima, a través de vías asfaltadas, trochas carrozables y caminos vecinales, siguiendo la ruta y accesos del cuadro 2.

Cuadro 2. Rutas y accesos a la zona de evaluación

<i>Ruta</i>	<i>Tipo de vía</i>	<i>Distancia (km)</i>	<i>Tiempo estimado</i>
Lima-La Oroya	Carretera asfaltada	183	5 horas
La Oroya - Concepción	Carretera asfaltada	108	1 h 47 min
Concepción – Barrio Palia	Trocha carrozable	2	15 min

1.3.3. Clima

El clima del valle del Mantaro (Jauja, Concepción y Huancayo) en el territorio de Junín es muy peculiar. Está ubicado sobre los 3200 m s.n.m.; es seco de mayo a octubre y con lluvias de noviembre a abril, con una precipitación anual entre los 700 l/m² y 1000 l/m² (SENAMHI, 2010a).

En cuanto a la cantidad de lluvia y temperatura local, según fuente de datos meteorológicos y pronóstico del tiempo del servicio de aWhere (que analiza los datos de 2 millones de estaciones meteorológicas virtuales en todo el mundo, combinándolos con datos rasters y de satélite), la precipitación máxima registrada en el último periodo 2020-2021, fue de 17 mm entre los meses de octubre y noviembre, valor considerado alto ya que el promedio de 5 años llega a 6 mm (figura 5).

Cabe mencionar que las lluvias son de carácter estacional, es decir, se distribuyen muy irregularmente a lo largo del año, produciéndose generalmente de diciembre a marzo.

Las temperaturas anuales registradas entre el 2020 y 2021, oscilaron entre máximos de 20°C en verano y mínimos de 0 °C en invierno (figura 6).

Registro histórico del Senamhi; las precipitaciones pueden superar los 60 mm (figura 5).

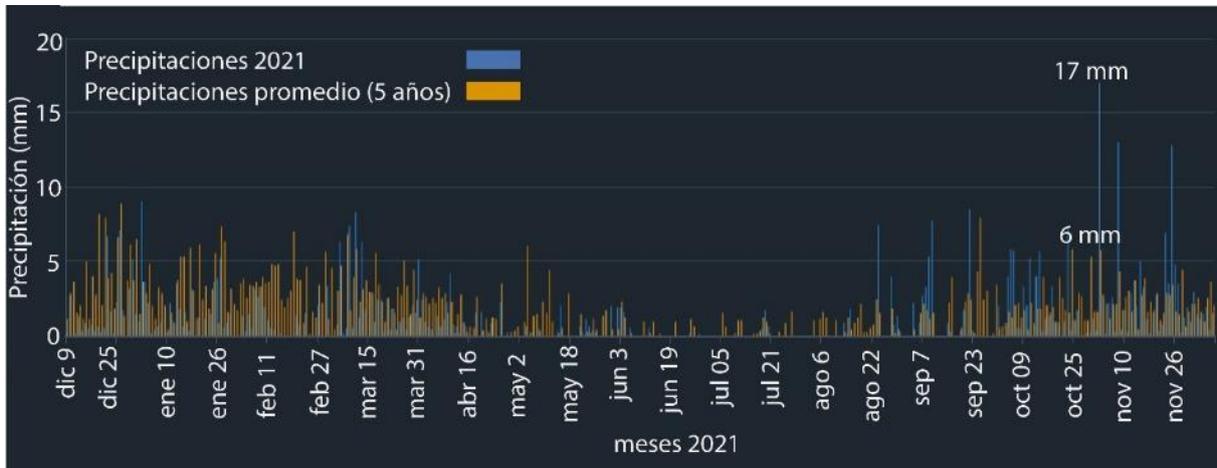


Figura 5. Precipitaciones y temperaturas según registros satelitales awhere.

Fuente: <https://crop-monitoring.eos.com/weather-history/field/7407143>

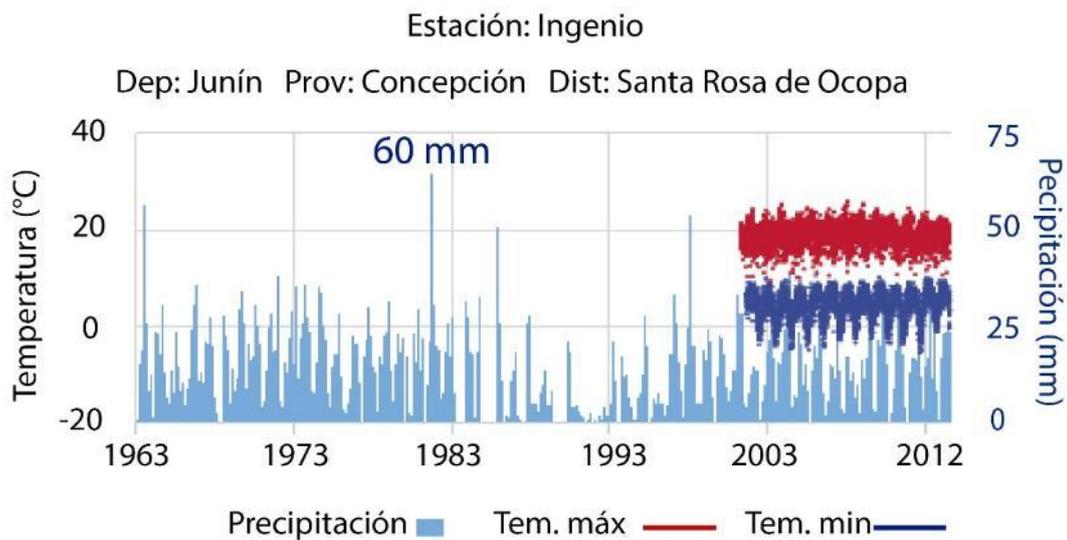


Figura 6. Precipitaciones y temperaturas diarias en mm, de la estación meteorológica Ingenio.

Fuente: <https://www.senamhi.gob.pe/?p=descarga-datos-hidrometeorologicos>

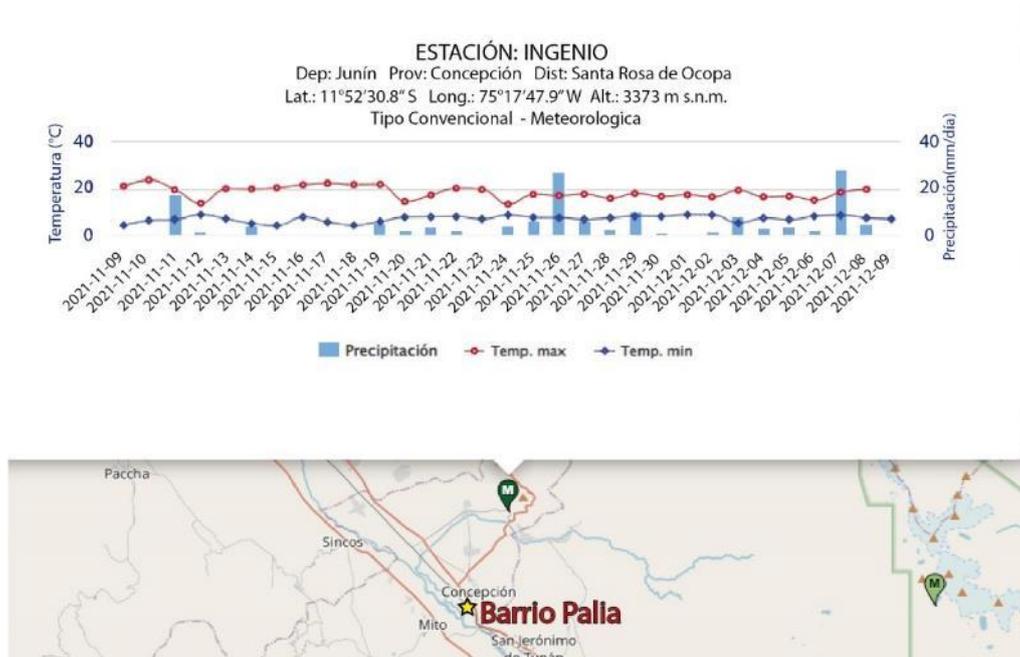


Figura 7. Precipitaciones y temperaturas diarias en mm, de la estación meteorológica Ingenio a 5 km del barrio de Palla.

Fuente: <https://www.senamhi.gob.pe/?p=descarga-datos-hidrometeorologicos>

2. ASPECTOS GEOLÓGICOS

El análisis geológico, se desarrolla en base al Boletín L 22 cuadrángulo de Jauja, hoja 24 m3; elaborado a escala 1:50 000 por Valdivia et al.,2021, complementándose con trabajos de fotointerpretación de imágenes satelitales, y observaciones en campo.

2.1. Unidades litoestratigráficas

Las unidades litoestratigráficas alrededor del área de inspección comprenden rocas volcano-sedimentarias y meta-sedimentarias, en general se observan muy fracturadas y altamente meteorizadas, las unidades cuaternarias cubren la mayor extensión del área de inspección y están conformadas por materiales detríticos sueltos de carácter aluvial, fluvial y fluvio-glaciar (figuras 8 y 9).

2.1.1. Grupo Excelsior (SD-e)

En esta parte, la composición litológica varía de intercalaciones de metareniscas, metalimolitas y metalutitas a intercalaciones de areniscas, limolitas y lutitas. Las areniscas y meta-areniscas (figura 8) son cuarzosas, el grosor de los estratos varía en un rango de 30 cm y excepcionalmente superan los 50 cm. Las limolitas, lutitas, metalimolitas y meta-lutitas tienen grosores de centímetros hasta 0.5 m y se presentan con tonalidades predominantemente de beige amarillento y gris verdoso, son menos frecuentes las tonalidades grises oscuro (Valdivia et al.,2021)

Localmente se observan areniscas a metareniscas al SE del área de inspección la meteorización lenta de estas rocas ha producido arenas y limos que aportan levemente a los depósitos de la superficie aluvial, donde se asienta el barrio de Palla, estas rocas se encuentran medianamente fracturadas y ligeramente meteorizadas (figura 9).

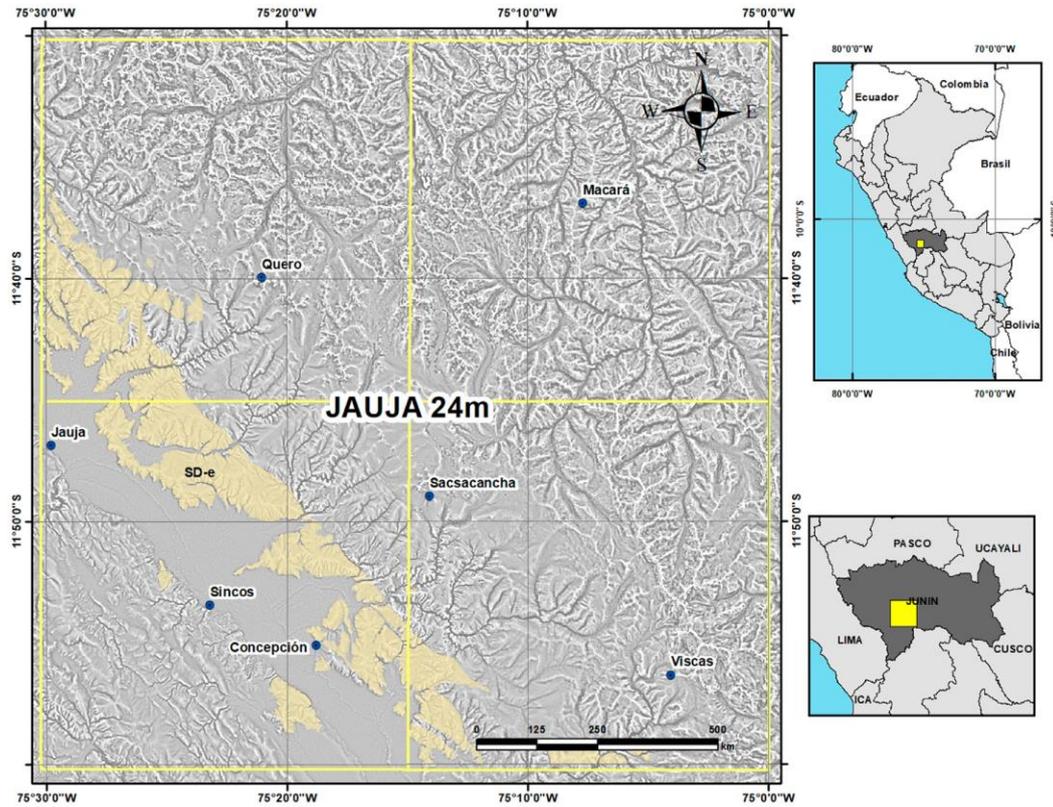


Figura 8. Distribución del cartografiado de las rocas del Grupo Excelsior en el cuadrángulo de Jauja, hoja 24m.

Fuente: Valdivia et al., 2021



Figura 9. Metareniscas del Grupo Excelsior aflorando al Noreste del Barrio de Palia.

2.1.2. Grupo Mitu (PET-m)

Los afloramientos se muestran a lo largo de la hoja 24m (figura 10). Litológicamente está formado por rocas volcánicas y rocas sedimentarias. Las rocas volcánicas son de composición

andesítica y riolítica con tonalidades gris blanquecino y verdoso. Además, están conformadas por rocas piroclásticas y volcanoclásticas de tonalidades violáceas, mientras que la secuencia sedimentaria está compuesta de conglomerados, areniscas y limolitas de coloración rojizo. (Valdivia *et al.*, 2021), en el área de inspección estas secuencias se encuentran moderadamente fracturadas y muy meteorizadas.

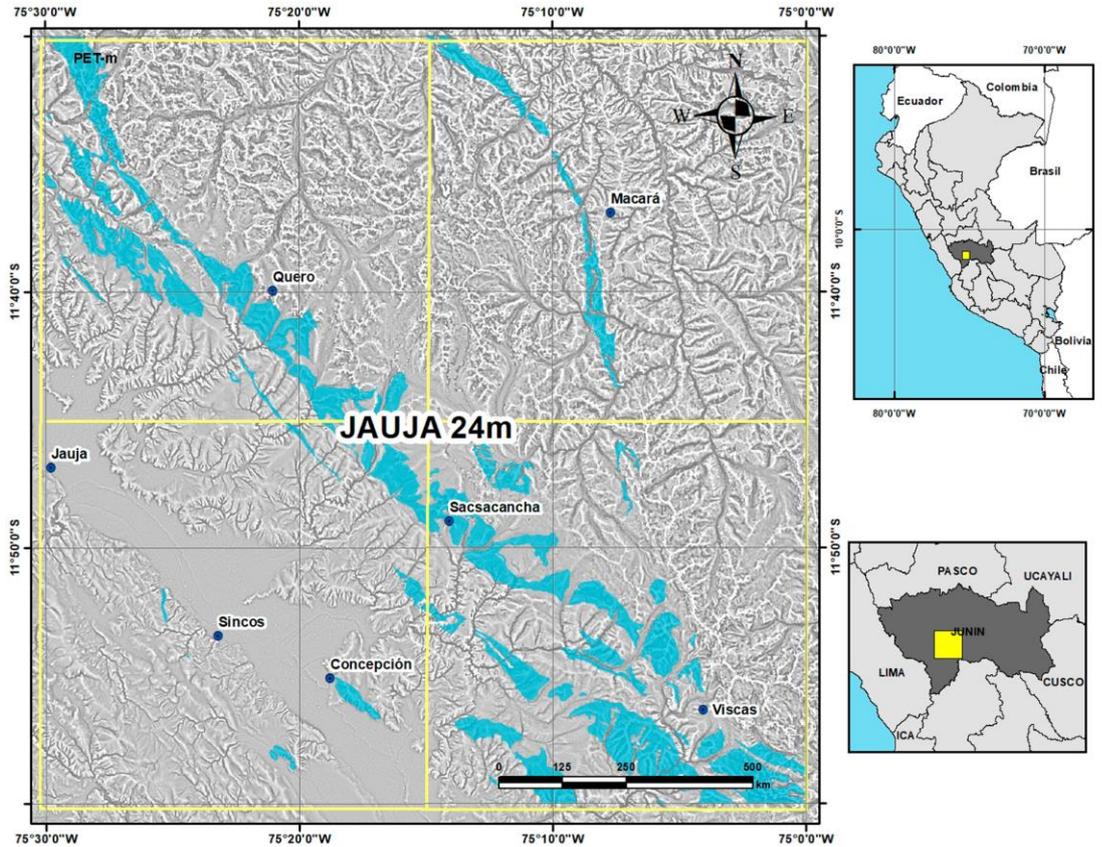


Figura 10. Distribución del cartografiado de las rocas del Grupo Excelsior en el cuadrángulo de Jauja, hoja 24m.

Fuente: Valdivia *et al.*, 2021



Figura 11. Andesitas de color gris blanquecino del Grupo Mitu, afloran al sur del barrio de Palia.

2.1.3. Depósitos cuaternarios

Entre los principales depósitos cuaternarios, tenemos los depósitos fluviales (Q-fl), que se presentan en el cauce de los ríos Achamayo y Marañón aquí se observan materiales detríticos no consolidados compuestos por gravas redondeadas de composición variable con diámetros entre 0.1 y 0.5 cm en una matriz arenosa.

Las márgenes de los cauces de los ríos Achamayo y Marañón están conformados por depósitos fluvio-glaciares (Q-flgl), compuestos por materiales detríticos de fragmentos rocosos heterométricos y angulosos en matriz limo-arenosa.

Finalmente, ambas márgenes posteriores a los depósitos fluvio-glaciares están compuestos por terrazas aluviales conformados mayormente por conglomerados de cantos bien redondeados de hasta de 50 cm de diámetro que se hallan en una matriz de cantos chicos y de arena gruesa; estos materiales forman bancos de grosor variable entre 2 m y 20 m, y en algunos lugares contienen intercalaciones de bancos arenosos lenticulares; su grosor total alcanza 100 m (Valdivia *et al.*,2021).

El barrio de Palia se encuentra asentado sobre depósitos aluviales (Q-al) no consolidados compuestos por la intercalación de gravillas y gravas subredondeadas a redondeadas entre 0.5 cm y 3 cm envueltos por una matriz limo-arenosa blanda, poco saturada (figura 12), este depósito permite la circulación de agua y filtraciones en los taludes, por ello son altamente susceptibles a procesos de erosión y movimientos en masa como derrumbes.



Figura 12. Depósitos aluviales sobre los que se ubica el barrio de Palia.

3. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

3.1. Pendientes del terreno

La pendiente es uno de los principales factores dinámicos y particularmente de los movimientos en masa (formadores de las geoformas de carácter depositacional o agradacional), ya que determinan la cantidad de energía cinética y potencial de una masa inestable (Sánchez, 2002); por lo cual es un parámetro importante en la evaluación de

procesos de movimientos en masa, actúa como factor condicionante y dinámico en la generación de movimientos en masa.

Geomorfológicamente, el área de inspección se halla sobre un abanico aluvial de pendiente baja, y en la margen izquierda del río Marañón y Achamayo. La construcción de viviendas del barrio de Palia y la Carretera Central indujeron la creación de dos taludes verticalizados denominados 1 y 2 (figuras 14 y 15), generando una morfología similar a terrazas (figura 13).

El talud (1), próximo a las viviendas noreste del barrio de Palia, presenta una pendiente promedio de 82° (figura 14), mientras que el talud próximo a la Carretera Central, presenta una pendiente promedio de 85° (figura 15)

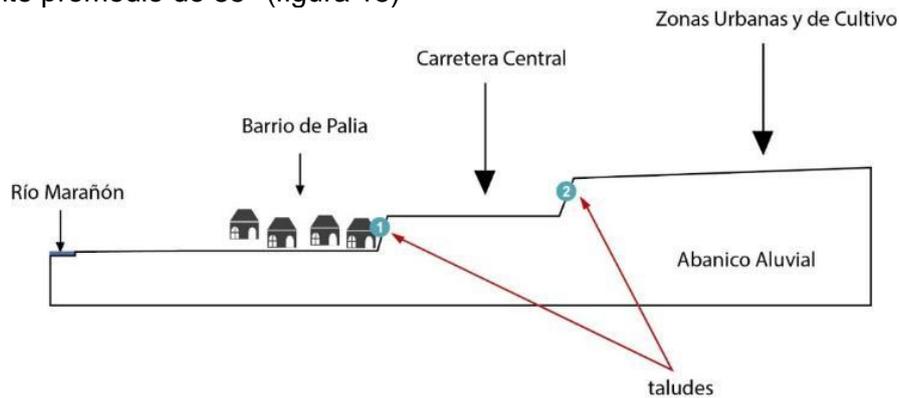


Figura 13. Representación de la morfología actual del área de inspección (Barrio Palia).



Figura 14. Altura y pendiente del talud 2 verticalizado.



Figura 15. Altura y pendiente del talud 1 verticalizado.

3.2. Unidades geomorfológicas

Para la caracterización de las unidades geomorfológicas (mapa 3), se consideraron criterios de control como: la homogeneidad litológica y caracterización conceptual; en base a aspectos del relieve en relación a la erosión, denudación y sedimentación (Vílchez *et al.*, 2019).

3.2.1. Geoformas de carácter tectónico degradacional y erosional

Están representadas por las formas de terreno resultados del efecto progresivo de procesos morfodinámicos degradacionales sobre los relieves iniciales originados por la tectónica, estos procesos conducen a la modificación parcial o total de estos a través del tiempo geológico y bajo condiciones climáticas cambiantes (Villota, 2005).

3.2.1.1. Unidad de Colina y Lomada

Tienen una altura de menor a de 300 m con respecto al nivel de base local; según el tipo de roca que las conforma y los procesos que han originado su forma actual, se diferencia la siguiente subunidad:

Subunidad de lomada en roca volcanosedimentaria (RCL-rvs): Esta subunidad está conformada por rocas volcano-sedimentarias del Grupo Mitu, se observan al este del Barrio de Palia, presentan alturas de 140 m con respecto al nivel de base local, sus cimas tienen formas alargadas y sus laderas presentan pendientes fuertes (15°-25°).

Subunidad de lomada en roca sedimentaria (RCL-rs): Esta subunidad está conformada por secuencias sedimentarias del Grupo Excelsior, se observan al sureste del Barrio de Palia, presentan alturas de 90 m con respecto al nivel de base local, sus cimas tienen formas alargadas y sus laderas presenta pendiente moderadas (5°-15°). Geoformas de carácter depositacional y agradacional.

3.2.2. 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 tienen:

3.2.2.1. Unidad de piedemonte

Abanico de piedemonte (Ab): Son conos o abanicos de baja pendiente hacia el valle (2° - 15°), formados por acumulaciones de material acarreado por flujos excepcionales, en la desembocadura de quebradas y ríos tributarios; muchos de estos depósitos están asociados a cursos individuales de quebradas secas (figura 16).

3.2.2.1. Unidad de Planicie

Llanura inundable (PI-i): Son planicies adyacentes al cauce principal del río en este caso a los ríos Mantaro y Achamayo, según indica su nombre estos contienen al río en épocas de avenida, y es por donde el cauce puede migrar generando inundaciones.

Terraza Aluvial (T-al): Son planicies adyacentes diferenciables de la llanura de inundación principal, con altura relativamente marcada. Surgen mediante la erosión de antiguos fondos de valles o mediante la acumulación de grava en crecidas del río.



Figura 16. Abanico aluvial sobre el cual se sitúa Concepción y el barrio de Palia.

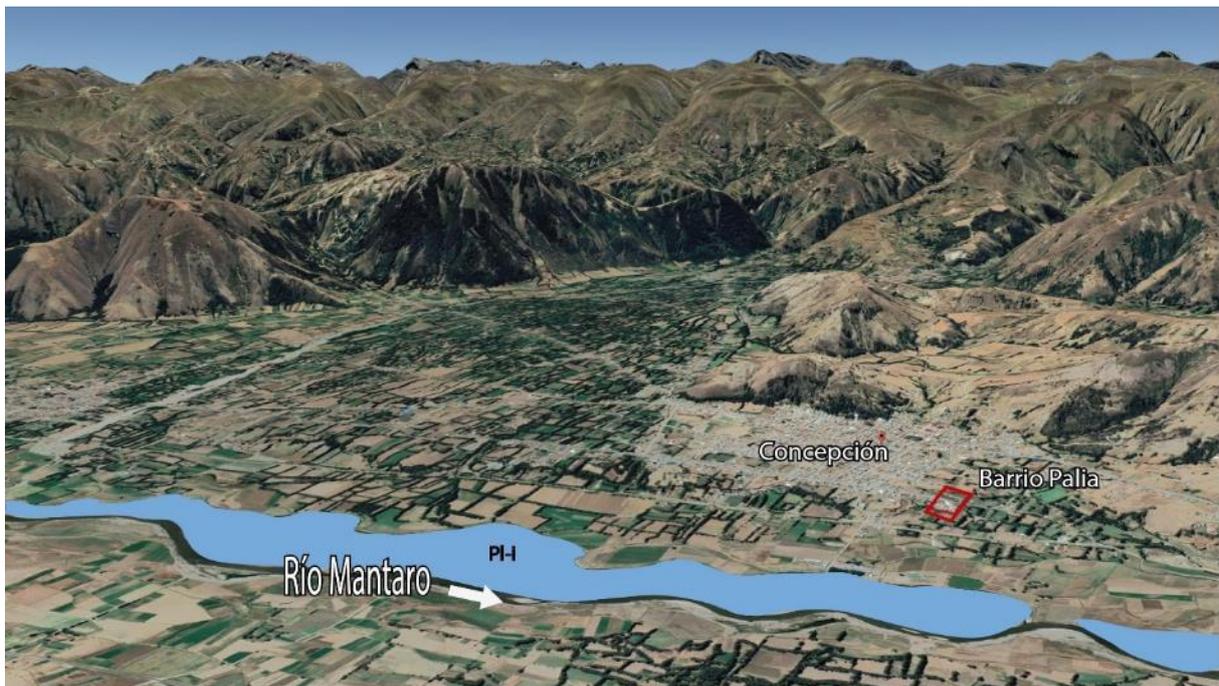


Figura 17. Llanura de inundación del río Mantaro

4. PELIGROS GEOLÓGICOS

Los peligros geológicos identificados, corresponden a movimientos en masa, tipo derrumbes. La caracterización de peligros geológicos, se realizó en base a la información obtenida de trabajos en campo; donde se clasificaron los tipos de movimientos en masa, basados en la observación, descripción litológica y morfométrica in situ de los mismos. Toma de puntos GPS, medidas con distanciómetro láser y fotografías a nivel de terreno.

4.1. Peligros geológicos por movimientos en masa en el barrio Palia

Conformada por eventos de derrumbes de pequeña magnitud, condicionados por la infiltración de agua en zonas de cultivo superiores y surgencia en los taludes 1 y 2 ubicados al NE del Barrio Palia y la carretera central (figura 18).

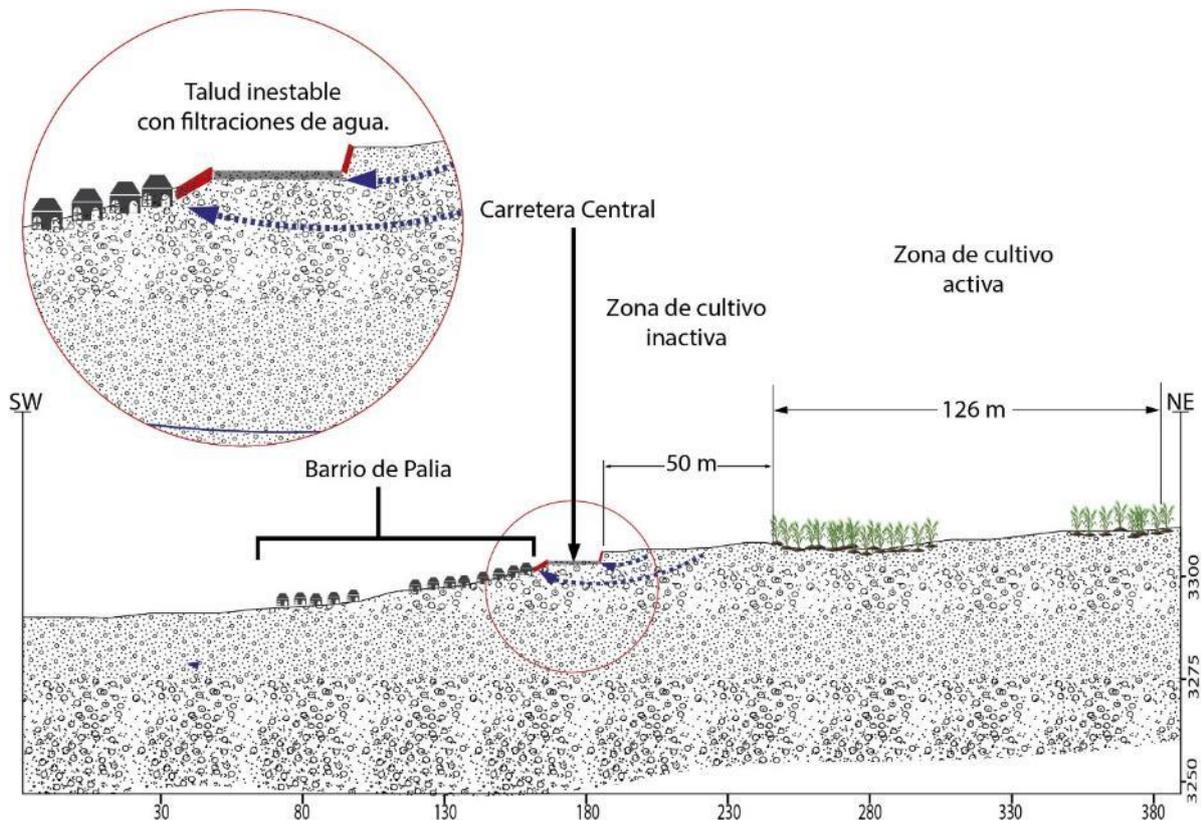


Figura 18. Esquema inferencial del proceso de infiltración, movimiento y surgencia de aguas, en el barrio de Palia.

4.1.1. Derrumbes

Los derrumbes en el barrio de Palia se suscitaron el 2019 principalmente en el talud 2 (Barrio Palia), estos fueron condicionados por la infiltración de aguas de regadío (riego por inundación) en la plataforma del talud 1, que infiltraron en los depósitos aluviales, saturando la base del talud 1 y surgiendo por el mismo, lo que provocó el aumento en la presión intersticial de los poros del suelo, generando derrumbes en el talud, que afectaron aproximadamente 04 viviendas (figuras 19, 20 y fotografía 1).

La saturación del suelo disminuyó la cohesión del suelo y su resistencia al corte generando socavamientos, estos a su vez favorecieron la inestabilidad del talud por dejar material dérmico suspendido (figura 21).

En los trabajos de campo del 2021, se constató que se suspendió el riego en la plataforma del talud 1, disminuyendo significativamente la infiltración y surgencia de agua en el talud 2 (figura 22). Sin embargo, parte de las condiciones de inestabilidad del talud aún se mantienen, esto se evidencia por la presencia de derrumbes recientes y presencia de grietas en el talud (figuras 23 y 25) que exponen una vivienda ubicada en la plataforma del talud 2 (figura 23).

De igual manera se constató la construcción de un muro de contención de 8 m de altura aproximadamente (figura 24), que favorece la estabilidad del talud, sin embargo, este no cubre la totalidad de la altura del talud (9 m) ni su extensión longitudinal.

En la plataforma del talud 1 aún se realizan actividades agrícolas que en menor medida aun filtran agua al talud 2 (figura 26).

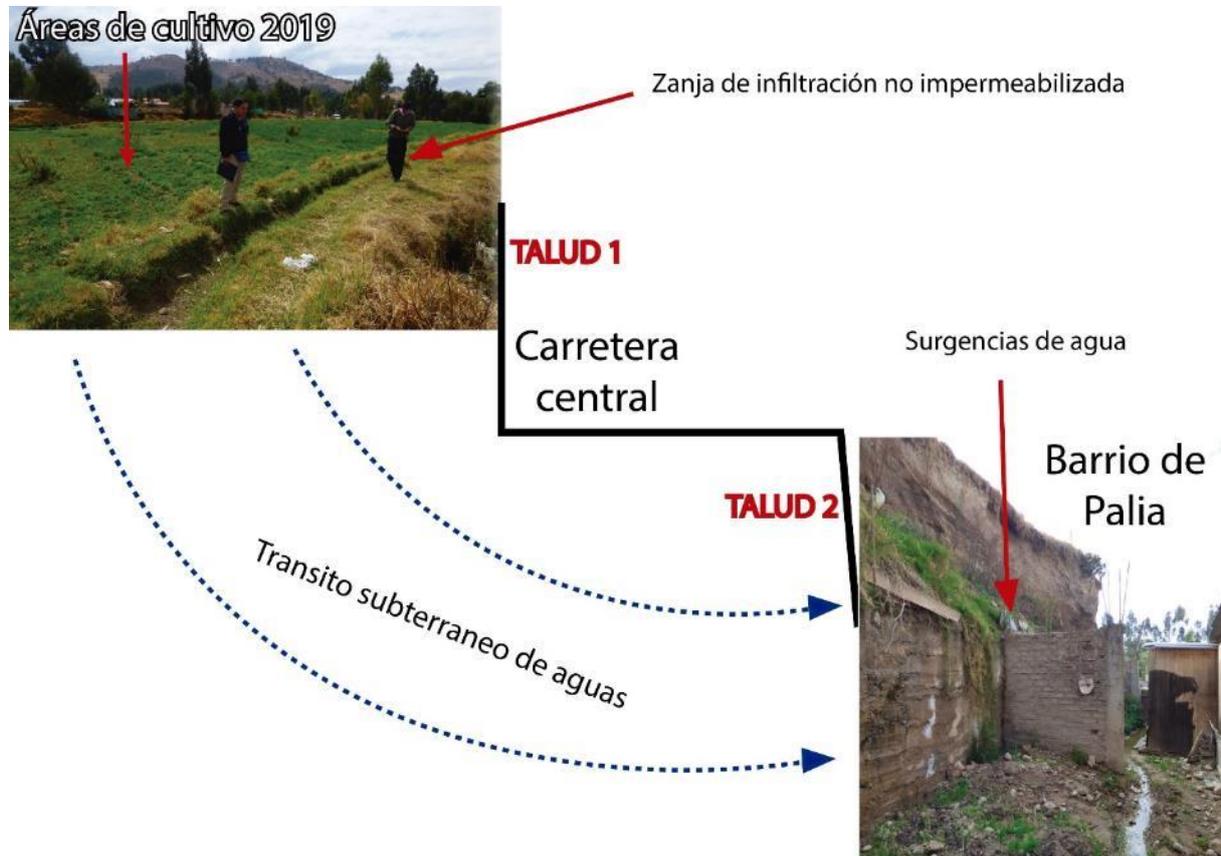


Figura 19. Muestra la infiltración del agua desde la plataforma del talud 1 y su surgencia en el talud 2. (fotografías: Nuñez & Albinez 2019)



Figura 20. Derrumbes en el talud del barrio de Palia (fotografías: Nuñez & Albinez 2019)



Fotografía 1. Derrumbes en el talud del barrio de Palia (fuente: Nuñez & Albinez 2019)



Figura 21. Socavamientos en el pie del talud del barrio de Palia, producto de la filtración de aguas (Fuente: Nuñez & Albinez 2019)



Figura 22. Diferencia de filtraciones de agua entre el 2019 y 2021 en el talud del barrio Palia.



Figura 23. Derrumbes recientes en el Talud del barrio de Palia.



Figura 24. Muro de contención construido a partir de los derrumbes del 2019.



Figura 25. Grietas en el Talud del barrio de Palia.



Figura 26. Infiltración de agua en la plataforma del talud 1.

4.2. Factores condicionantes

La ocurrencia de movimientos en masa (derrumbes) en el talud del Barrio Palia están relacionados a los siguientes factores-

Factor geomorfológico y de relieve

- El barrio Palia se encuentra sobre un abanico aluvial, donde la edificación de viviendas y la carretera Central, han originado 2 taludes verticalizados ($\sim 80^\circ$) de 4 y 9 m de altura, susceptibles a desprendimientos y derrumbes.

Factor litológico

- El abanico aluvial sobre el cual se encuentran las viviendas del barrio Palia, está conformado por depósitos aluviales no consolidados compuestos por la intercalación de gravillas y gravas subredondeadas a redondeadas entre 0.5 cm y 3 cm envueltos por una matriz limo-arenosa blanda, lo que permite la filtración y movimiento de agua, estos materiales se consideran fácilmente erosionables.

Factor Antrópico

- Presencia de aguas superficiales que discurren por la ladera a través de canales no revestidos
- Uso de riego por inundación y aspersión para cultivos por ejemplo alfalfa* y maíz

*El aporte de agua para la alfalfa en caso de riego por inundación es de 1000 m³/ha. En riego por aspersión es de 880 m³/ha (Guaytarilla & Izquierdo.,2016), en promedio, estas cantidades implican un exceso de agua y sobresaturación de los terrenos en zonas de ladera, que aportan a la inestabilidad de la ladera.

4.3. Factores desencadenantes

- La saturación y circulación de agua por el subsuelo ha provocado el aumento de la presión intersticial de los poros, reduciendo la resistecia al corte del talud, generando los derrumbes en el 2019

5. CONCLUSIONES

1. El 2019 ocurrieron derrumbes en el talud de 9 m, del barrio de Palia, Concepción Junín, estos afectaron alrededor de 4 viviendas, por el ingreso de material detrítico a sus techos y patios, así como por la filtración de aguas que dañó parte de sus infraestructuras.
2. Litológicamente, el barrio de Palia se encuentra sobre depósitos de carácter aluvial conformados por material detrítico no consolidados compuestos por la intercalación de gravillas y gravas subredondeadas a redondeadas entre 0.5 cm y 3 cm envueltos por una matriz limo-arenosa blanda, lo que permite la filtración y movimiento de agua, estos materiales se consideran fácilmente erosionables.
3. Geomorfológicamente, Palia se asienta sobre un abanico aluvial de pendiente suave (1° - 5°), donde la construcción de la carretera Central (que conecta Concepción con Huancayo) y la edificación de viviendas generaron dos taludes verticalizados de 4 y 9 m, por donde filtra agua, cuando existe exceso de riego y donde se dan los derrumbes.
4. Los factores que condicionaron la inestabilidad del talud de Palia y por lo tanto los derrumbes, fueron la pendiente del talud (82°), así como el riego no tecnificado (riego por inundación) en las plataformas superiores que infiltró al subsuelo y saturó el material detrítico produciendo el incremento de la presión intersticial del suelo, reduciendo su resistencia al corte.
5. Debido a las condiciones geológicas, geomorfológicas y geodinámicas antes descritos, el barrio de Palia, se le considera de **Peligro Medio** a la ocurrencia derrumbes, que pueden ser desencadenados en temporada de lluvias intensas y/o prolongadas.

6. RECOMENDACIONES

1. Los terrenos agrícolas que se encuentran en las plataformas superiores a los taludes del Barrio de Palia y la Carretera central, deben ser regados y cultivados con riego tecnificado (por goteo u otros), evitando el riego por gravedad.
2. Lo canales de riego y derivación de aguas, deben ser revestidos e impermeabilizados. De igual modo se deben implementar sistemas de drenaje superficial, que derive el exceso de aguas de escorrentía y riego hacia el río Mantaro; así como subdrenajes. Los subdrenajes deben interceptar y conducir adecuadamente las aguas de infiltración y subterráneas reduciendo las presiones intersticiales.
3. Implementar muros de contención, con sistemas de drenaje, que deriven las aguas de infiltración en los taludes 1 y 2.
4. Todas las medidas estructurales indicadas, para el Barrio de Palia y alrededores, deben ser realizadas y supervisadas por especialistas, que tengan en cuenta cálculos hidrológicos y geotécnicos, que determinen, las características ingenieriles de cada una.
5. Realizar charlas de sensibilización y concientización del peligro y riesgo a las que se encuentran expuestos las viviendas del barrio de Palia



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) - Landslides types and processes, en Turner, K., y Schuster, R.L., ed., Landslides investigation and mitigation: Washintong D. C, National Academy Press, Transportatión researchs board Special Report 247, p. 36-75.
- Luque, G .; Rosado, M .; Pari, W .; Peña, F. & Huamán, M. (2020) - Peligro geológico en la región Junín. INGEMMET, Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, 72, 222 p., 9 mapa <https://hdl.handle.net/20.500.12544/2545>
- Palacios, O. (1994) - Geología del cuadrángulo de Santiago de Chocorvos y Paras. Hojas: 28-m y 28-n - [Boletín A 49] Serie A: Carta Geológica Nacional <https://repositorio.ingemmet.gob.pe/handle/20.500.12544/170>
- Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas (2007) - Movimientos en masa en la región andina: una guía para la evaluación de amenazas. Santiago: Servicio Nacional de Geología y Minería, 432 p., Publicación Geológica Multinacional, 4. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/2830>
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (2010a) – Guía climática turística (en línea). Lima: SENAMHI, 216 p. (consulta: 03 junio 2015). Disponible en: <https://www.senamhi.gob.pe/?p=descarga-datos-hidrometeorologicos>.
- Suárez, J. (1996) - Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales. Bucaramanga: Instituto de Investigación sobre Erosión y Deslizamientos, 282 p
- Valdivia, W.; Chapilliquén, P.; Gonzales, V. & Ochoa, J. (2021) - Geología del cuadrángulo de Jauja (hojas 24m1, 24m2, 24m3, 24m4). INGEMMET, Boletín, Serie L: Actualización Carta Geológica Nacional (Escala 1: 50 000), 22, 90 p., 4 mapas <http://metadatos.ingemmet.gob.pe:8080/geonetwork/srv/spa/catalog.search#/metadato/bdfef85c-f769-4460-80b7-037309fc50b0>
- Varnes, J. (1978) - Slope movements types and processes. In: SCHUSTER, L. & KRIZEK, J. Ed, Landslides analysis and control. Washington D.C. National Academy Press Transportation Research Board Special Report 176, p.
- Vilchez, M.; Ochoa, M. & Pari, W. (2019). Peligro geológico en la región Huancavelica. INGEMMET, Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, 69, 225 p., 9 mapas. <https://repositorio.ingemmet.gob.pe/handle/20.500.12544/2479>.
- Villota, H. (2005) - Geomorfología aplicada a levantamientos edafológicos y zonificación física de tierras. 2. ed. Bogotá: Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 210 p.

ANEXO 1: MAPAS

464500

465000

465500

466000

466500

8682600

8682300

8682000

8681700

8681400

8681100

8680800

8682600

8682300

8682000

8681700

8681400

8681100

8680800



Paseo Colb
 Jirón Ricardo Palma
 Jirón Mercedes Ramirez
 Avenida Ramon Castilla
 Jirón Las Americas
 Jirón Huancayo
 Jirón San Martin
 Jirón Iquitos
 Jirón Bolivar
 Jirón Bolognesi
 Jirón J. Chavez
 Jirón Grau
 Jirón A. B. Leguia
 Cuzco
 Cuzco
 Jirón 9 de Julio
 Jirón Manco Capac
 Avenida Mariscal Cáceres
 Jirón Gonzales Prada
 Jirón 2 de Mayo
 Jirón Junin
 Calle Central Sur
 Jirón Manco Capac

Q-al

Barrio Palia



Q-fl

Rfo Marañón

Q-flgl

Rfo Achamayo

Era		Sist	Leyenda	
Cenozoico	Cuaternario	Depósito	Q-al	Aluvial
			Q-flgl	Fluvio-glaciar
Mesozoico	Triásico		PET-m	Grupo Mitu
			SD-e	Grupo Excelsior
Paleozoico	Permico			

Simbología	
	Calles principales
	Dirección de ríos
	Área de inspección

PET-m

SD-e



INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

DIRECCIÓN DE GEOLÓGIA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

ACT. 11: EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL

REGIÓN JUNÍN

PROVINCIA CONCEPCIÓN

DISTRITO CONCEPCIÓN

MAPA GEOLÓGICO EN EL BARRIO PALIA

Escala: 1: 10 000 A4 Elaborado por: G.Luna

Proyección: UTM Zona 18 Sur Datum: WGS 84

Versión digital 2021

Impreso: 2021

*Elaborado en base a Valdivia et al., 2021

MAPA
01

1:10,000



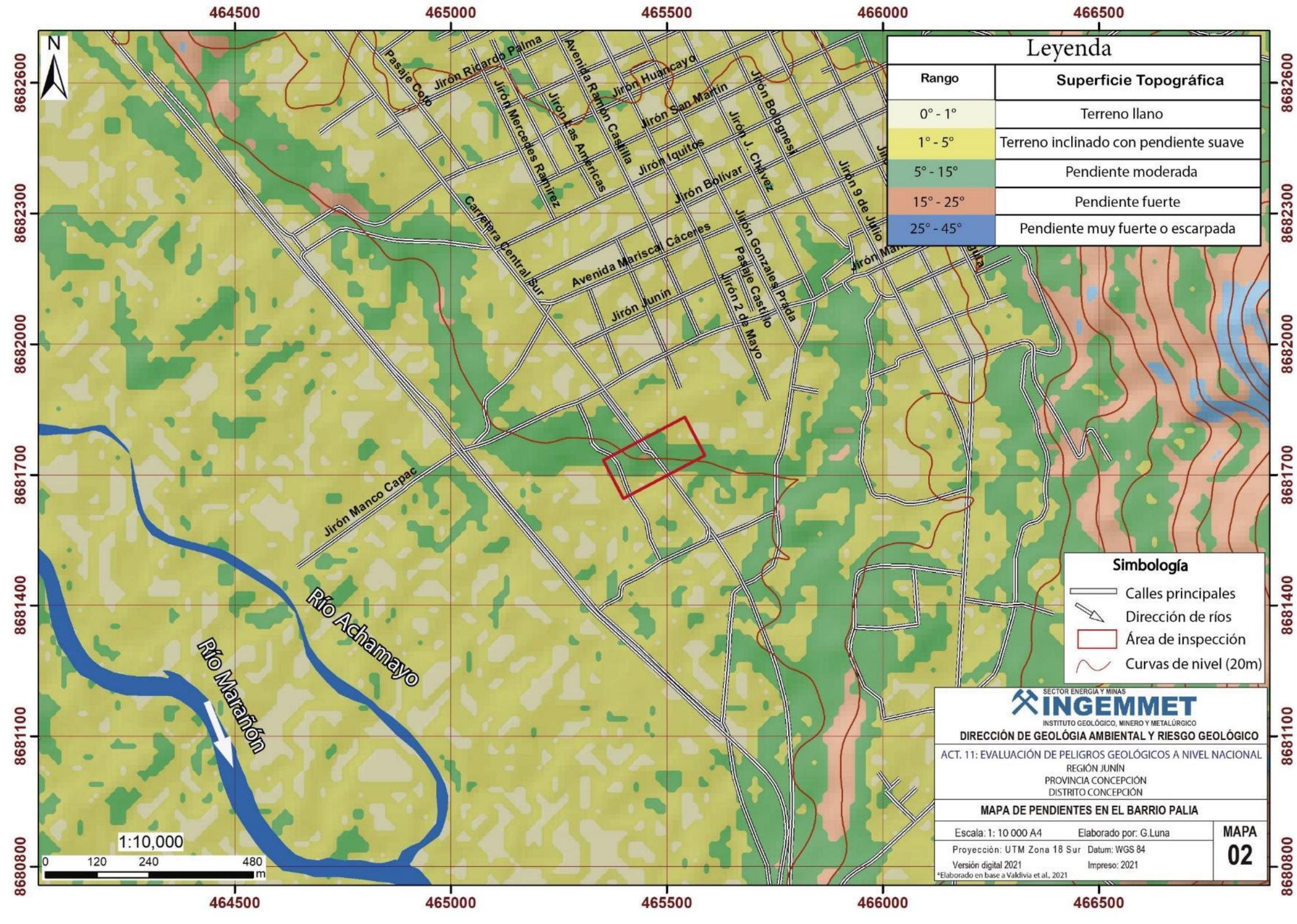
464500

465000

465500

466000

466500



Leyenda

Rango	Superficie Topográfica
0° - 1°	Terreno llano
1° - 5°	Terreno inclinado con pendiente suave
5° - 15°	Pendiente moderada
15° - 25°	Pendiente fuerte
25° - 45°	Pendiente muy fuerte o escarpada

Simbología

	Calles principales
	Dirección de ríos
	Área de inspección
	Curvas de nivel (20m)



SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
 INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

DIRECCIÓN DE GEOLÓGIA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

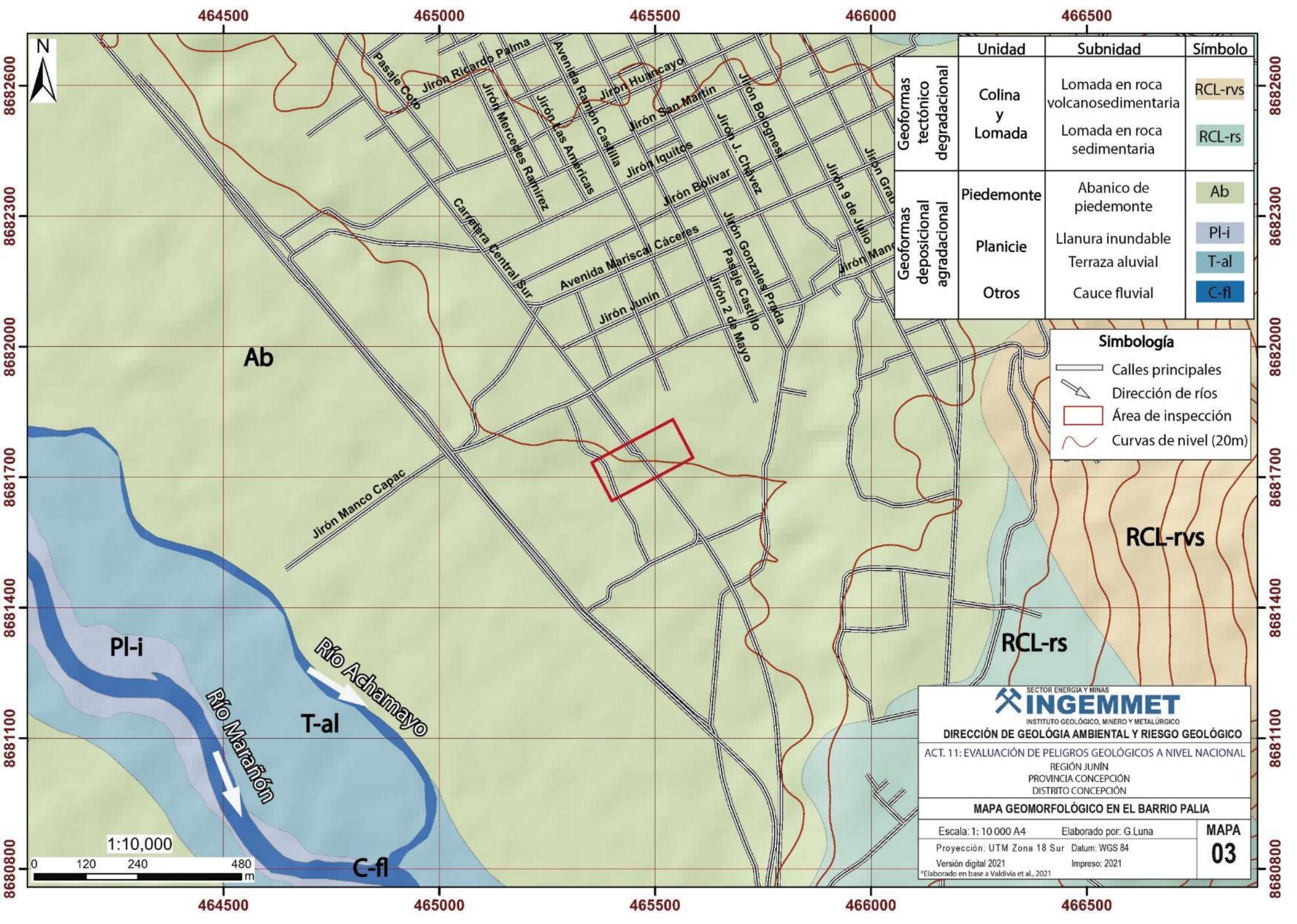
ACT. 11: EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL
 REGIÓN JUNÍN
 PROVINCIA CONCEPCIÓN
 DISTRITO CONCEPCIÓN

MAPA DE PENDIENTES EN EL BARRIO PALIA

Escala: 1: 10 000 A4	Elaborado por: G.Luna	MAPA 02
Proyección: UTM Zona 18 Sur	Datum: WGS 84	
Versión digital 2021	Impreso: 2021	

*Elaborado en base a Valdivia et al., 2021





	Unidad	Subunidad	Símbolo
Geomorfias tectónico degradacional	Colina y Lomada	Lomada en roca volcanosedimentaria	RCL-rvs
		Lomada en roca sedimentaria	RCL-rs
Geomorfias deposicional agradacional	Piedemonte	Abanico de piedemonte	Ab
	Planicie	Llanura inundable	Pl-i
		Terraza aluvial	T-al
Otros	Cauce fluvial	C-fl	

Simbología	
	Calles principales
	Dirección de ríos
	Área de inspección
	Curvas de nivel (20m)

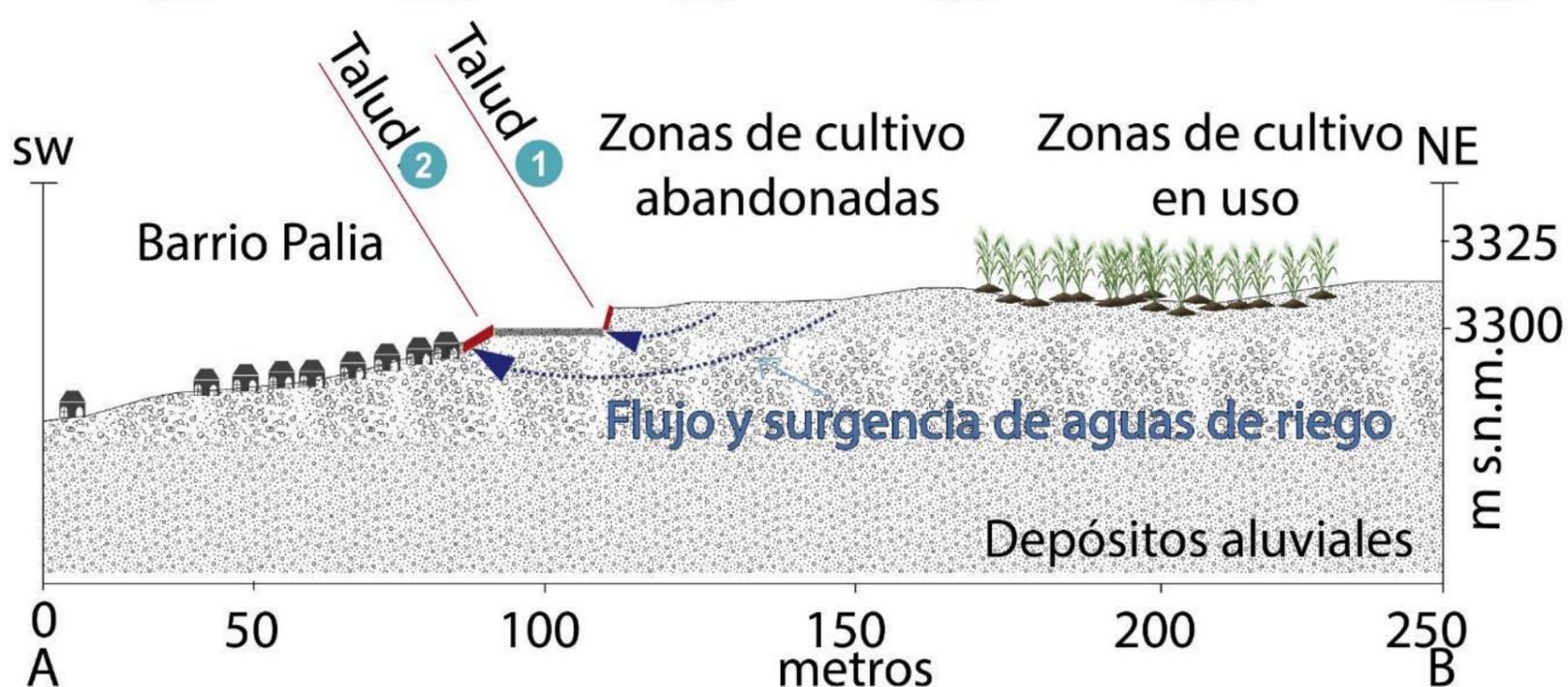
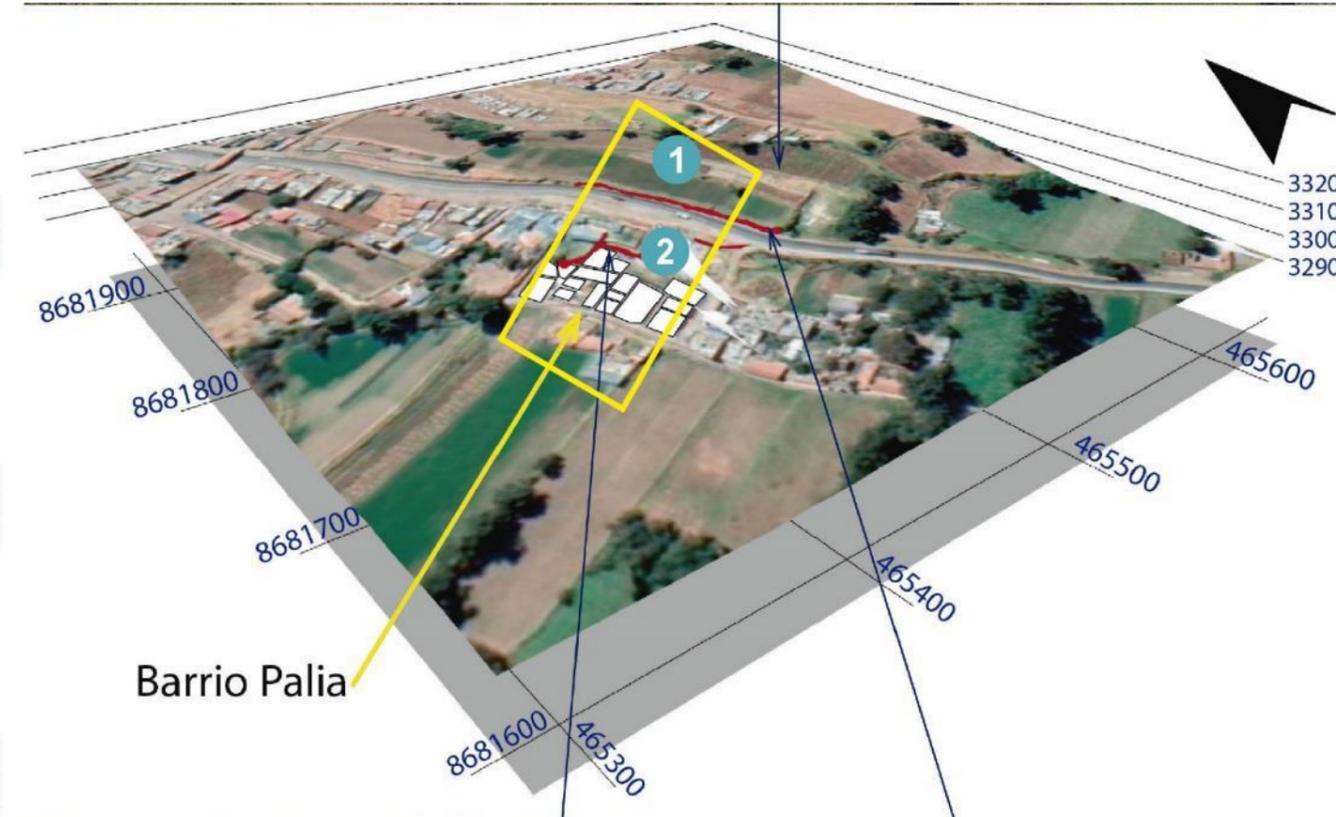
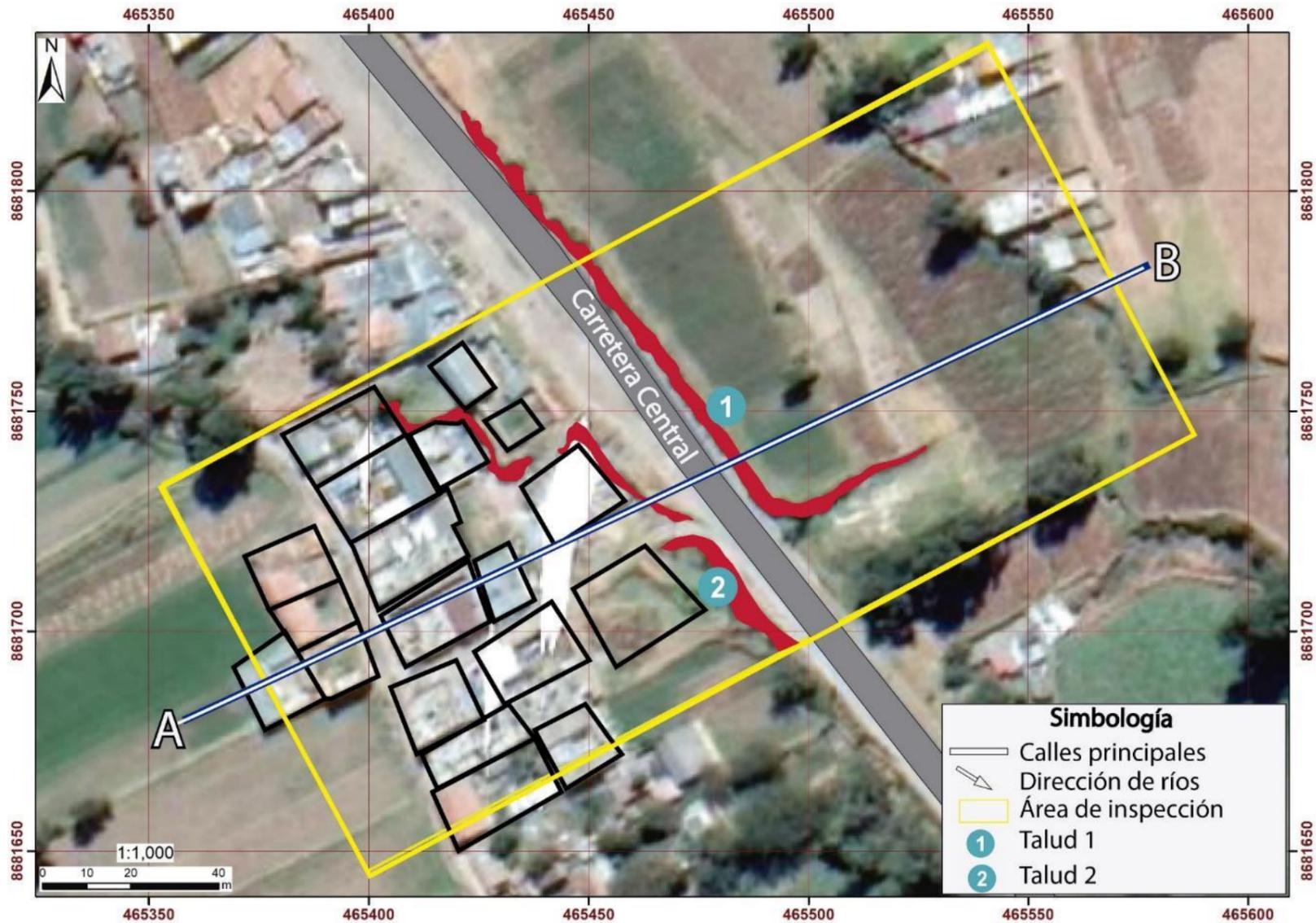
SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
 INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO
 DIRECCIÓN DE GEOLÓGIA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO
 ACT. 11: EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL
 REGIÓN JUNÍN
 PROVINCIA CONCEPCIÓN
 DISTRITO CONCEPCIÓN

MAPA GEOMORFOLÓGICO EN EL BARRIO PALIA

Escala: 1: 10 000 A4	Elaborado por: G.Luna	MAPA 03
Proyección: UTM Zona 18 Sur	Datum: WGS 84	
Versión digital 2021	Impreso: 2021	

*Elaborado en base a Valdívía et al., 2021





Peligro	Tipo de peligro	Nombre específico
Movimientos en Masa	Caída	Derrumbes

SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

DIRECCIÓN DE GEOLÓGIA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

ACT. 11: EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL

REGIÓN JUNÍN
PROVINCIA CONCEPCIÓN
DISTRITO CONCEPCIÓN

MAPA DE PELIGROS EN EL BARRIO PALIA

Escala: 1/1000 Elaborado por: G.Luna **MAPA 04**

Proyección: UTM Zona 18 Sur Datum: WGS 84
Versión digital 2021 Impreso: 2021

ANEXO 2: GLOSARIO

En el presente glosario se describe según los términos establecidos en el Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas (2007).

AGRIETAMIENTO: Formación de grietas causada por esfuerzos de tensión o de compresión sobre masas de suelo o roca, o por desecación de materiales arcillosos.

FRACTURA: Corresponde a una estructura de discontinuidad menor en la cual hay separación por tensión, pero sin movimiento tangencial entre los cuerpos que se separan

DERRUMBE: Son desprendimientos de masas de roca, suelo o ambas, a lo largo de superficies irregulares de arranque o desplome como una sola unidad, que involucra desde pocos metros hasta decenas y centenas de metros. Se presentan en laderas de montañas de fuerte pendiente y paredes verticales a subverticales en acantilados de valles encañonados. También se presentan a lo largo de taludes de corte realizados en laderas de montaña de moderada a fuerte pendiente, con afloramientos fracturados y alterados de diferentes tipos de rocas; así como en depósitos poco consolidados.

ESCARPE: Superficie vertical o semi vertical que se forma en macizos rocosos o de depósitos de suelo debido a procesos denudativos (erosión, movimientos en masa, socavación), o a la actividad tectónica. En el caso de deslizamientos se refiere a un rasgo morfométrico de ellos.

METEORIZACIÓN: Se designa así a todas aquellas alteraciones que modifican las características físicas y químicas de las rocas y suelos. La meteorización puede ser física, química y biológica. Los suelos residuales se forman por la meteorización in situ de las rocas subyacentes.

MOVIMIENTO EN MASA sin.: Fenómeno de remoción en masa (Co, Ar), proceso de remoción en masa (Ar), remoción en masa (Ch), fenómeno de movimiento en masa, movimientos de ladera, movimientos de vertiente. Movimiento ladera abajo de una masa de roca, de detritos o de tierras (Cruden, 1991).

ANEXO 3: MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN

Medidas de mitigación para taludes inestables

1. Manejo de aguas de escorrentía

La topografía y el régimen de lluvias pueden favorecer la acción del agua de escorrentía, causante de muchos fenómenos erosivos. Cuando no es posible propiciar una mayor infiltración, porque la topografía no lo permite, es necesario evacuar el agua hasta los cauces naturales, de esta manera se evita la saturación del terreno y disminuye la inestabilidad de la ladera que ha favorecido procesos de movimientos en masa.

Las obras de drenajes se recomiendan cuando:

- Hay que evacuar aguas sobrantes superficiales
- Existen volúmenes de agua grandes a drenar
- El nivel freático se encuentra cerca de la superficie del terreno.
- Las características climáticas del sector corresponden a zonas lluviosas.
- Cuando existen filtraciones de agua subterráneas.

En la zona evaluada para la mitigación de los peligros geológicos, se debe controlar la infiltración del agua hacia afuera del cuerpo del deslizamiento y masas de suelo reptante. Los métodos de estabilización de los deslizamientos, que contemplan el control del agua, tanto superficial como subterránea, son muy efectivos y generalmente más económicos que la construcción de grandes obras de contención, desactivan y disminuyen la presión de los poros, considerada el principal elemento desestabilizantes en laderas. El drenaje reduce el peso de la masa y al mismo tiempo aumenta la resistencia de la ladera (Suarez, 1998).

Las medidas de drenaje recomendadas son:

- a. Drenaje Superficial: Las zanjas construidas permiten la recolección de aguas superficiales, captan la escorrentía tanto de la ladera, como de la cuenca de drenaje arriba del talud y desvía el agua a las quebradas adyacentes al cuerpo de deslizamiento, evitando su infiltración, captando el agua de escorrentía, llevándola a las quebradas. Estas deben ser construidas en la parte superior al escarpe principal del deslizamiento o ladera inestable. En las obras construidas - zanjas de drenaje es necesario impermeabilizar la caja hidráulica captando y evitando totalmente la infiltración de las aguas de escurrimiento (figura 27).

- b. Drenaje tipo Espina de Pescado: Construcción de canales colectores, los cuales conducen las aguas colectadas fuera de las áreas vulnerables de las laderas, entregándolas a torrenteras o canales naturales de agua. Estos canales deben impermeabilizarse adecuadamente para evitar la infiltración del agua (figura 28).

El detalle gráfico de estas obras, y un esquema referencial de aplicación de laderas, se presentan en las figuras

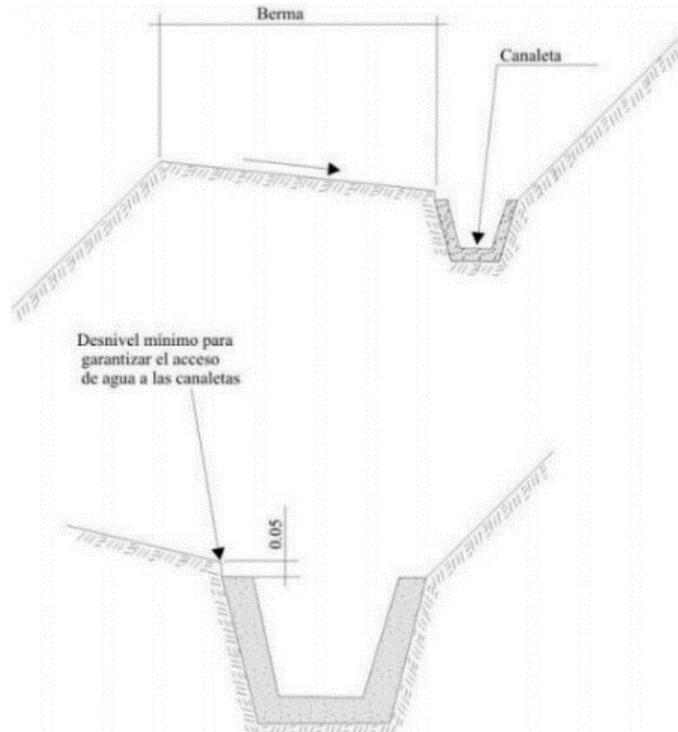


Figura 27. Detalle de una canaleta de drenaje superficial (zanjas de coronación). Fuente: Ingemmet (2000).

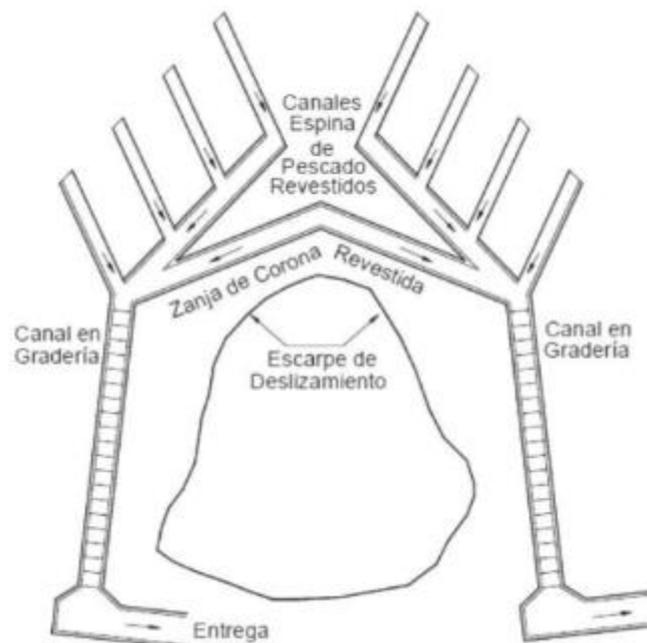


Figura 28. Esquema en planta de canales colectores. Espina de Pescado (Suarez, J.2010)

Tipos de obra de drenaje superficial:

- a) **Canales para redireccionar el agua de escorrentía:** Se debe impedir que el agua de escorrentía se dirija hacia la zona inestable.

- b) **Zanjas de corona.** Las zanjas en la corona o en la parte alta de un talud, son utilizadas para interceptar y conducir adecuadamente las aguas de lluvias y evitar su paso por la ladera. La zanja de la corona no debe construirse muy cerca del borde superior de la ladera o talud, para evitar que se convierta en activadora de un deslizamiento en cortes recientes; o en una nueva superficie de falla (movimiento regresivo) en deslizamientos activos; o se produzca la falla de la corona del talud o escarpe.
- c) **Diques en la corona del talud.** Son diques en relleno, colocados arriba de la corona, con el objeto de desviar hacia los lados las aguas de escorrentía.
- d) **Drenes Franceses.** Son zanjas rellenas de material granular grueso que tienen por objetivo captar y conducir las aguas de escorrentía.
- e) **Trinchos o Cortacorrientes.** Consisten en diques a través del talud para desviar lateralmente, las aguas de escorrentía.
- f) **Torrenteras.** Son estructuras que recogen las aguas de los canales, diques o cortacorrientes y las conducen hacia abajo del talud. Generalmente, incluyen elementos para disipar la energía del flujo del agua.
- g) **Sellado de grietas con arcilla o mortero.** El objeto es impedir la infiltración de agua hacia el deslizamiento.
- h) **Canales colectores en Espina de Pescado.** Para disminuir la infiltración de agua en las áreas grandes arriba del talud, se construyen canales colectores en Espina de Pescado, los cuales conducen las aguas colectadas fuera de las áreas vulnerables del talud, entregándolas generalmente a los canales en gradería o torrenteras. Estos canales deben impermeabilizarse adecuadamente para evitar la nuevamente la infiltración del agua.

Cuadro N° 3: Ventajas y desventajas del uso de diferentes métodos de corrección por drenaje. Fuente: Suárez, 1996.

Método	Ventajas	Desventajas
Canales superficiales para el control de escorrentía	Se recomienda construirlos como obra complementaria en la mayoría de los casos. Generalmente, las zanjas se construyen arriba de la corona del talud	Se deben construir estructuras para la entrega de las aguas y la disipación de energía.
Subdrenes de zanja	Muy efectivos para estabilizar deslizamientos poco profundos, en suelos saturados sub superficialmente.	Poco efectivos para estabilizar los deslizamientos profundos o los deslizamientos con nivel freático profundo
Subdrenes horizontales de penetración	Muy efectivos para interceptar y controlar las aguas subterráneas relativamente profundas.	Se requieren equipos especiales de perforación y su costo puede ser alto.
Galerías o túneles de subdrenaje	Efectivos para estabilizar los deslizamientos profundos en las formaciones con permeabilidad significativa y aguas subterráneas	Muy costosos y complejos de construir
Pozos profundos de subdrenaje	Útiles en los deslizamientos profundos con aguas subterráneas. Efectivos para	Su uso es limitado debido a la necesidad de operación y mantenimiento permanente

	las excavaciones no permanentes.	
--	----------------------------------	--

2. Manejo de aguas subterráneas

El drenaje subterráneo tiene por objeto disminuir las presiones de poro o impedir que estas aumenten.

La cantidad de agua recolectada por un sistema de subdrenaje depende de la permeabilidad de los suelos o rocas y de los gradientes hidráulicos. Cuando se instala un dren generalmente, el nivel piezométrico se disminuye al igual que el gradiente hidráulico, lo cual disminuye el caudal inicial recolectado por los drenes.

Las obras que se podrían implementar para el control de aguas subterráneas son las siguientes:

- a) Filtros y trincheras drenantes o subdrenes interceptores: los filtros son muy aptos para abatir el nivel freático, transportar el exceso de lluvia e interceptar corrientes subterráneas

Los subdrenes interceptores son zanjas excavadas a mano o con retroexcavadora, rellenas de material filtrante y elementos de captación y transporte del agua. La profundidad máxima de estas zanjas es de aproximadamente seis metros. Los hay de diversas formas así:

- Con material de filtro y tubo colector
- Con material grueso permeable sin tubo (filtro francés)
- Con geotextil como filtro, material grueso y tubo colector.
- Con geotextil, material grueso y sin tubo.
- Tubo colector con capa gruesa de geotextil a su alrededor.
- Dren sintético con geomalla, geotextil y tubo colector

El tipo de dren interceptor a emplear dependerá de:

- Disponibilidad de materiales en la región y costos.
- Necesidad de captación y caudal del dren.

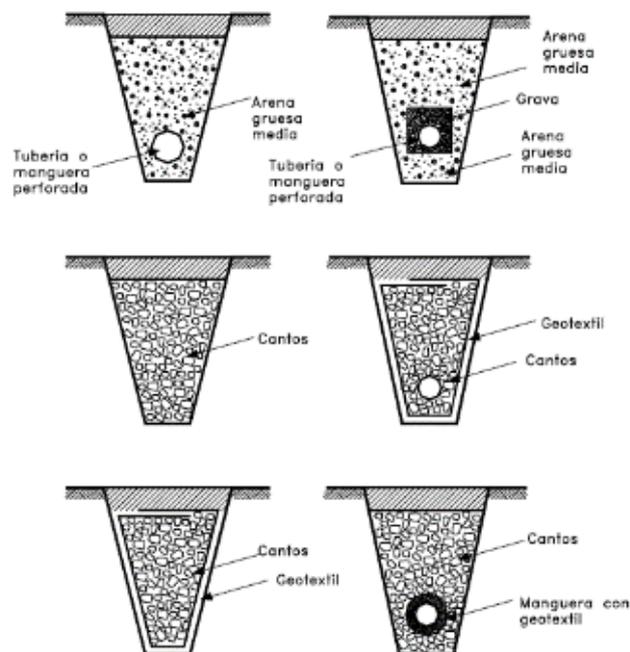


Figura 29. Esquema de sistemas de dren de zanjas.

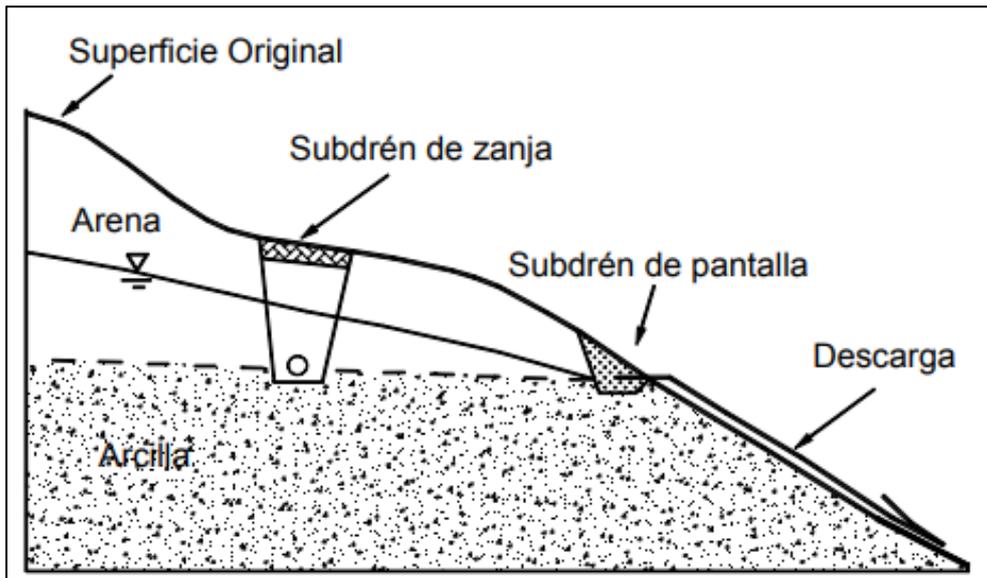


Figura 30. Sistemas de subdrenaje (Suárez, 1998).

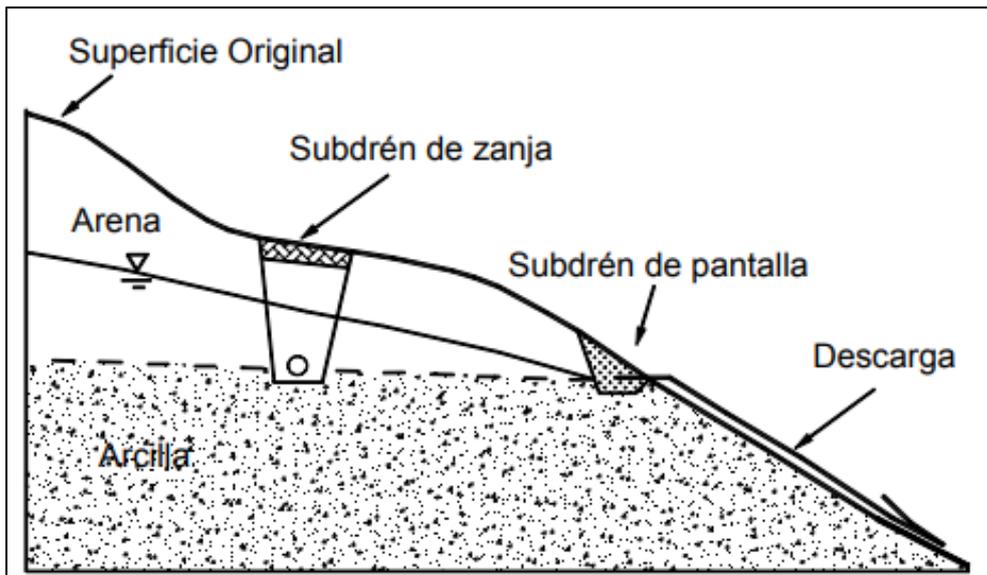


Figura 31. Esquema de un subdrenaje interceptor y un dren en el afloramiento (Suárez, 1998).

3. Manejo de Taludes inestables.

Para deslizamientos de magnitudes pequeñas, se pueden aplicar obras de bioingeniería, que utilizan plantas o parte de ellas, como estacas vivas. Estos elementos pueden ser introducidos dentro del terreno y dispuestos de manera conveniente siguiendo patrones, definidos por especialistas, las funciones de estos son:

- Refuerzan las capas superficiales del suelo.
- Son una barrera interna contra movimientos de material detrítico.
- Retienen la humedad excedente y funcionan como drenes.

MUROS RÍGIDOS Son estructuras de contención generalmente de concreto que no permiten deformaciones importantes sin romperse (cuadro 5). Se apoyan sobre suelos competentes para transmitir fuerzas de su cimentación al cuerpo del muro y de esta forma generar fuerzas de contención. La utilización de muros rígidos es una de las formas más sencillas de manejar cortes y terraplenes. Los muros rígidos actúan como una masa relativamente concentrada que sirve de elemento contenedor de la masa inestable.

Cuadro N° 5: Ventajas y desventajas del uso de muros. Fuente: Suárez, 1996.

Muro	Ventajas	Desventajas
Reforzado	Los muros de concreto reforzado pueden emplearse en alturas grandes (superiores a ocho 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 poco económicos en alturas muy grandes y requieren de formaletas especiales. Su poco peso los hace poco efectivos 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 mejorar su apariencia exterior	Se requiere una muy buena fundación y no permiten deformaciones importantes, se necesitan cantidades grandes de concreto y un tiempo de curado antes de que puedan trabajar efectivamente. Generalmente, son poco económicos para alturas mayores 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. Generalmente, son más económicos que los de concreto simple o reforzado.	Se requiere muy buena fundación. El concreto ciclópeo (cantos de roca y concreto) no puede soportar esfuerzos de flexión grandes. Se requiere la disponibilidad de bloques de roca.
Concreto ciclópeo con columnas de refuerzo	Combinan las ventajas de economía del concreto ciclópeo con la capacidad de flexión del concreto reforzado	Es muy poca la investigación sobre su comportamiento y no existe una metodología aceptada de diseño
Mampostería o bloques de roca pegados con concreto	Son muy económicos cuando hay disponibilidad de bloques de roca. Son visualmente atractivos	Se requiere muy buena fundación. Resistencia muy baja a la flexión. Son muy vulnerables a los movimientos.

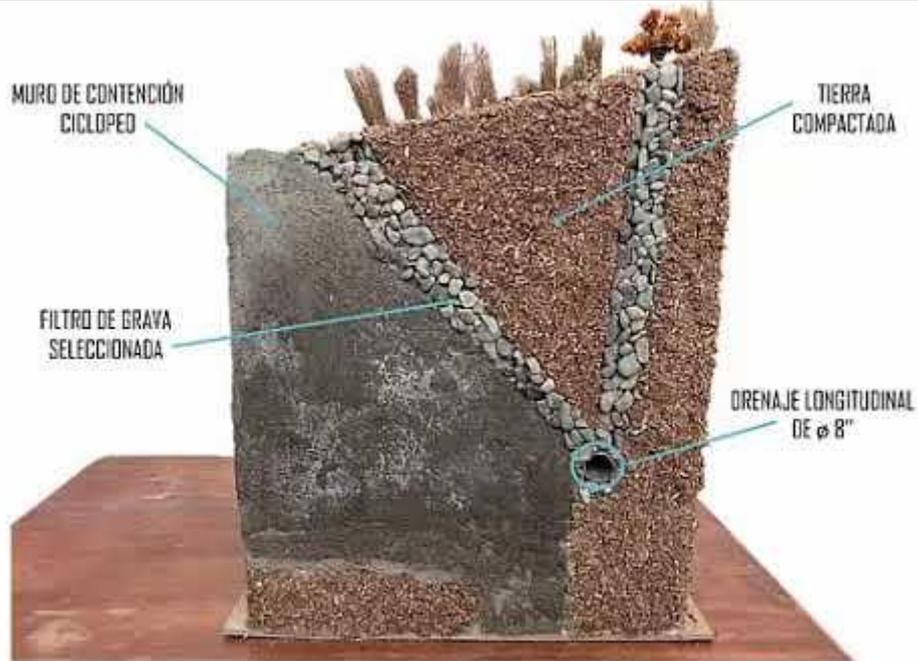


Figura 32. Ejemplo de drenes subterráneos en áreas de agricultura

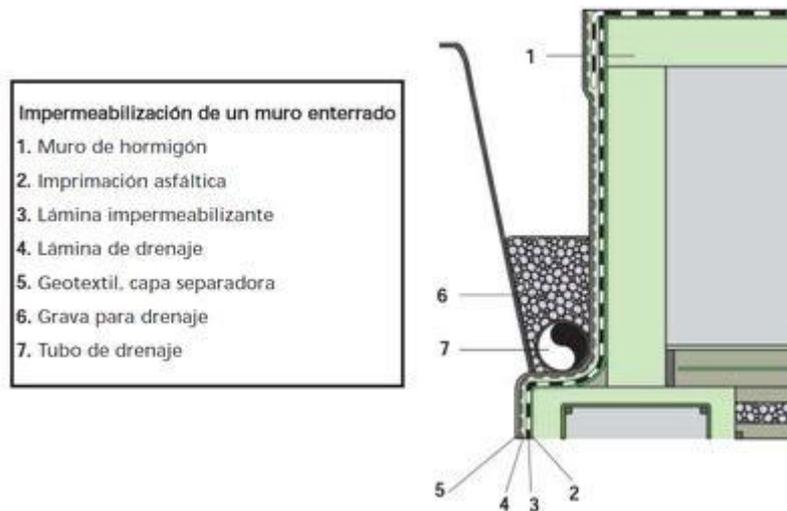


Figura 33. Ejemplo de muros de contención con drenajes subterráneos, para derivar las aguas de infiltración.