

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A7505

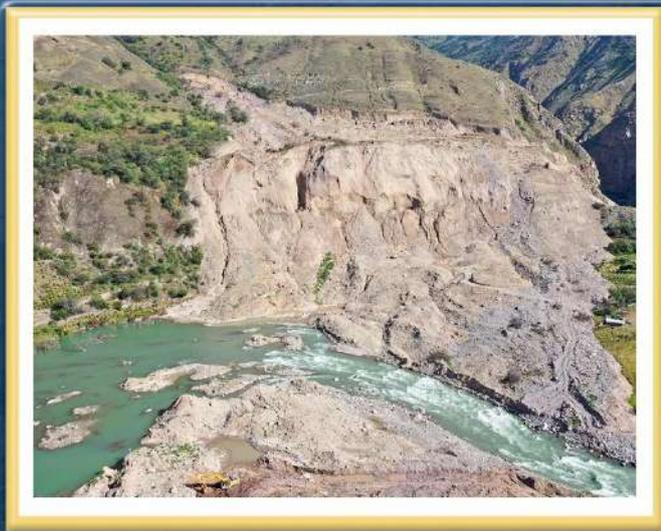
EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR DESLIZAMIENTO EN EL SECTOR QUIRCANCHI-HUANCHICA, POR FLUJO DE DETRITOS EN EL SECTOR HUAYO Y EROSIÓN DE LADERAS EN EL SECTOR CUCHIPAMPA

Departamento: Lima

Provincia: Yauyos

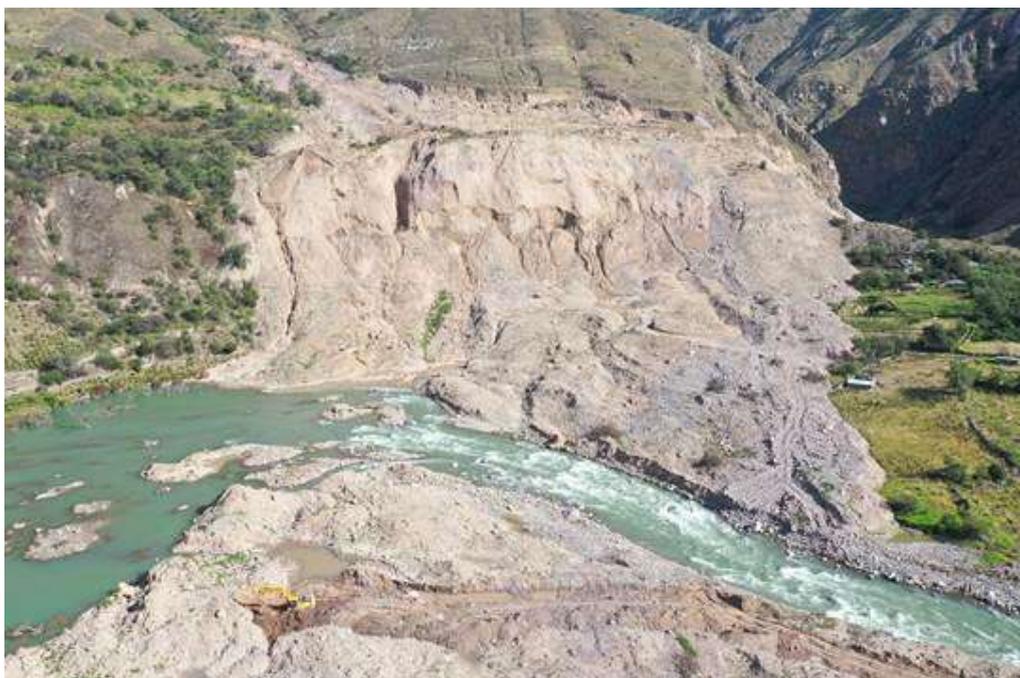
Distrito: Colonia

Paraje: Quircanchi-Huanchica, Huayo y Cuchipampa



**MAYO
2024**

**EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR DESLIZAMIENTO EN EL SECTOR
QUIRCANCHI-HUANCHICA, POR FLUJO DE DETRITOS EN EL SECTOR HUAYO Y
EROSIÓN DE LADERAS EN EL SECTOR CUCHIPAMPA**
Distrito Colonia
Provincia Yauyos
Departamento Lima



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

Equipo de investigación:
Griselda Ofelia Luque Poma
Segundo Alfonso Núñez Juárez

Referencia bibliográfica

Luque, G. & Núñez, S. (2024). *Evaluación de peligros geológicos por deslizamiento en el sector Quircanchi-Huanchica, por flujo de detritos en el sector Huayo y erosión de laderas en el sector Cuchipampa distrito Colonia, provincia Yauyos, departamento Lima*. Lima: Ingemmet, Informe Técnico N°A7505, 81p.

ÍNDICE

RESUMEN	1
1. INTRODUCCIÓN	2
1.1. Objetivos del estudio.....	3
1.2. Antecedentes y trabajos anteriores	3
1.3. Aspectos generales	6
1.3.1. Ubicación.....	6
1.3.2. Accesibilidad	7
1.3.3. Población.....	9
1.3.4. Clima	9
2. DEFINICIONES	12
3. ASPECTOS GEOLÓGICOS	15
3.1. Unidades litoestratigráficas.....	15
4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS	21
4.1. Pendiente del terreno.....	21
4.2. Unidades y subunidades geomorfológicas	22
4.2.1. Geoformas de carácter tectónico degradacional y erosional.....	23
4.2.2. Geoformas de carácter depositacional o agradacional.....	25
5. PELIGROS GEOLÓGICOS	33
5.1. Peligros geológicos por movimientos en masa.	33
5.1.1. Deslizamiento sector Huanchirca- Quircanchi- Bellavista	33
5.1.2. Deslizamiento del sector de Casinta.	34
5.1.2. Flujo de detritos quebrada Pampas.....	36
5.1.3. Reactivación del deslizamiento Huanchirca-Quircanchi-Miraflores	37
5.1.4. Deslizamiento de la margen derecha en la quebrada Pampas	44
5.1.5. Flujo de detritos del sector Huayo	54
5.1.6. Erosión de laderas sector Cuchipampa.	59
6. CONCLUSIONES	62
7. RECOMENDACIONES	63
7.1. Transversales a autoridades y población	63
7.2. En el sector Huanchica-Quircanchi-represamiento.....	63
7.2. En el sector Huayo	64
7.3. En el sector Cuchipampa y Bellavista-Quilcanchi.....	65
8. BIBLIOGRAFÍA	66
ANEXO 1	67
ANEXO 2: MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y/O MITIGACIÓN EN LA ZONA EVALUADA	72
1.1. MITIGACIÓN DE PELIGROS POR DESLIZAMIENTO	72
1.2. MITIGACIÓN DE PELIGROS POR FLUJOS.....	74
1.3. MITIGACIÓN DE CAÍDA DE ROCAS Y DERRUMBE	76
1.4. MITIGACIÓN DE EROSIÓN EN CÁRCAVA.....	77
1.5. MITIGACIÓN DE EROSIÓN FLUVIAL E INUNDACIÓN	81

RESUMEN

El presente informe técnico es el resultado de la evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa tipo deslizamiento, derrumbe, flujo de detritos y erosión de laderas en el distrito Colonia, provincia Yauyos y departamento Lima. Con este trabajo, el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico – Ingemmet, cumple con una de sus funciones que consiste en brindar asistencia técnica en peligros geológicos para los tres niveles de gobierno.

Las unidades geológicas que afloran en la zona de estudio son de origen volcánico-sedimentario de la Formación Tantará, conformado por tobas líticas, que presentan líticos centimétricos de lavas en una matriz afanítica, en su mayoría de composición andesítica, tobas de cristales moderadamente soldadas. En el sector Oyunco-Colonia (Pampas) camino a la laguna Huancarchocha, se registran facies volcánico-sedimentarias conformadas de arenisca y limolitas de grano fino a medio, donde se genera erosión de laderas. Se presenta también en la zona, cuerpos intrusivos del Batolitos de la Costa, con una cobertura superficial cuaternaria conformada por depósitos coluviales, proluviales, deluviales, coluvio-deluvial aluvial y fluvial.

Geomorfológicamente, las viviendas de Huanchica y Huayo se encuentran sobre piedemontes proluviodeluvial o aluviotorrenciales, terraza aluvial formados por las quebradas Pampas y Huañique, con pendientes que varían entre 0°-15°. En los alrededores se encuentran montañas, en rocas volcano-sedimentarias e intrusivas. En laderas con relieve de montaña de muy fuerte (25° a 45°) y muy escarpada (>45°), se genera intensa erosión en cárcavas, que en época de lluvias intensas generan huaicos que discurren a través de ella afectando la carretera Pampas-Laguna Huancarchocha.

Los eventos identificados en las zonas evaluadas son deslizamientos, derrumbes, flujos de detritos, erosión en cárcavas y erosión fluvial. El 03 de febrero de 2024, a las 20:30 horas, en los sectores Huanchica y Quircanchi ocurrió un deslizamiento que destruyó la vía de acceso al centro poblado Bellavista, terrenos de cultivo y viviendas de estos sectores. El deslizamiento se desarrolló sobre laderas de montañas con afloramientos muy fracturados e intensamente meteorizados, los fragmentos desprendidos y depositados en laderas represaron el río Cañete por dos horas. Y el 24 de enero de 2024 debido a las intensas lluvias se generó un flujo de detritos que afectó vía de comunicación de acceso, 14 viviendas, 1 institución educativa y red de agua potable en el anexo de Huayo. En el tramo de la carretera Pampas-Laguna Huancarchocha, sector Cuchipampa es afectado por una intensa erosión en cárcavas, que en tiempo de lluvias intensas se generan huaicos recurrentes.

Los factores condicionantes para la generación de estos peligros son: el material inconsolidado adosado en las laderas de montañas (depósito coluviodeluvial), pendiente mayor a 45°, presencia de manantiales y rocas fracturadas y meteorizadas. La actividad antrópica como el riego incrementa las posibilidades de que se produzcan inestabilidades de las laderas del cerro Ucupampa, la ocupación inadecuada del terreno. Y como factor detonante se tiene las lluvias intensas.

Por las condiciones geológicas-geodinámicas, el sector Huanchica-Quircanchi es considerado de **alto peligro** por deslizamiento rotacional ante lluvias intensas o sismo. El sector Huayo es considerado de **alto peligro** por flujo de detritos ante presencia de lluvias intensas y/o excepcionales. Y el sector Cuchipampa es considerado de **peligro medio** por cárcavas ante presencia de lluvias intensas.

Finalmente, se brindan las recomendaciones para las autoridades competentes y tomadores de decisiones, como la construcción de diques, limpieza y descolmatación de las quebradas Huañique y Pampas y la reubicación de viviendas en la zona de Huayo, sistema de drenaje, reforestar la ladera afectada por deslizamiento, prohibir actividades agrícolas, entre otros que se ponen en conocimiento.

1. INTRODUCCIÓN

El Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (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)”. De esta manera contribuye con entidades gubernamentales en los tres niveles de gobierno (nacional, regional y local) mediante el reconocimiento, caracterización y diagnóstico del peligro en zonas que tengan elementos vulnerables y brinda recomendaciones pertinentes a fin de mitigar y prevenir fenómenos activos en el marco de la Gestión de riesgos de desastres.

Atendiendo la solicitud remitida por la Municipalidad Distrital de Colonia, según los Oficios N°021-2024-A-MD-C/YAUAYOS, N°289-2023-A-MD-C/YAUAYOS, N°022-2024-A-MD-C/YAUAYOS y N°039-2024-A-MD-C/YAUAYOS y OFICIO MULTIPLE N°D000011-2024-PCM-SGRD, es en el marco de nuestras competencias que se realizó la evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa de tipo “deslizamientos recientes y antiguos”, los cuales afectaron viviendas, vías de acceso, canales de riesgo, terrenos de cultivo en los sectores, Huanchica, Quircanchi, Huayo y Cuchipampa (Colonia).

La Dirección de Geología Ambiental y Riesgos Geológicos (DGAR) del Ingemmet designó a los Ingenieros Griselda Ofelia Luque Poma y Segundo Alfonso Núñez Juárez, para realizar la evaluación de peligros en las localidades mencionadas los días 21 al 24 de febrero del 2024.

La evaluación técnica se realizó en 03 etapas: etapa de pre-campo con la recopilación de antecedentes e información geológica y geomorfológica del INGEMMET; etapa de campo a través de la observación, toma de datos (puntos GPS, tomas fotográficas), cartografiado, recopilación de información y testimonios de población local afectada; y para la etapa final de gabinete se realizó el procesamiento de toda información terrestre y aérea adquirida en campo, fotointerpretación de imágenes satelitales, cartografiado e interpretación, elaboración de mapas, figuras temáticas y redacción del informe.

Este informe se pone a consideración de la Municipalidad Distrital de Colonia, Gobierno Regional de Lima e instituciones técnico normativas del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres – SINAGERD, como el Instituto Nacional de Defensa Civil – INDECI y el Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastre - CENEPRED, a fin de proporcionar información técnica de la inspección, conclusiones y recomendaciones que contribuyan con la reducción del riesgo de desastres en el marco de la Ley 29664.

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 los sectores Huanchica, Quircanchi, Huayo y Cuchipampas (Colonia), procesos geodinámicos que afectaron terrenos de cultivo, viviendas y vías de acceso.
- b) Determinar los factores condicionantes y desencadenantes que influyen en la ocurrencia de los peligros geológicos.
- c) Proponer medidas de prevención, reducción y mitigación ante peligros geológicos identificados en los trabajos de campo.

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:

- **Boletín N°28 de la serie L: Geología de los cuadrángulos de Tupe (26I2, 26I3, 26I4) y Conayca (26m2, 26m3). Actualización Carta Geológica Nacional (Escala 1:50 000)**, realizado por Nole, M. & Otero, J. (2021). Durante el Eoceno ocurrió una intensa actividad volcánica subaérea continental con episodios de calma representada por una sedimentación de tipo lacustrina, las rocas volcánicas en su mayoría son alternancias de tobas y lavas de composición andesítica y dacítica descritas como la Formación Tantarà, que se encuentra en la zona de estudio.
- **Boletín N°44 de la Serie A: Geología de los cuadrángulos de Mala, Lunahuaná, Tupe, Conayca, Chíncha, Tantarà y Castrovirreyna**. Elaborado por Salazar H.; Landa, C. (1983), a escala 1/100 000. Describe las secuencias estratigráficas que afloran en la zona de estudio, donde se tienen unidades rocosas volcánicas y volcánico sedimentarias del Mesozoico hasta el reciente. Se tiene en la zona la presencia de intrusivos plutónicos correspondientes al Batolito de la Costa de edad Cretáceo, que varía de monzogranitos hasta granodioritas. El estudio también presenta una descripción de la geomorfología de la zona de estudio.
- **Boletín N°76 de la serie C: Peligro geológico en la región Lima (Luque et al., 2020)**. Se identificaron 3272 peligros geológicos, donde el 75.6% son por movimientos en masa, el 10.3% por peligros geohidrológicos y 14.1% por otros peligros. Y 278 zonas críticas por peligros geológicos. Entre los movimientos en masa que predominan en las zonas evaluadas se tiene deslizamiento, movimiento complejo (derrumbe-flujo), flujo de detritos y erosión de laderas del cerro Chaupicorral, detonados por lluvias excepcionales y sismos. Según el mapa de susceptibilidad a movimientos en masa, los sectores Huanchica y Quircanchi, Pampas-Cuchipampa se encuentran en terrenos con **media y alta susceptibilidad**. Mientras que el sector Huayo se encuentra sobre un depósito antiguo de un flujo de detritos que se encuentra en terrenos de **baja a alta susceptibilidad** generados en la quebrada Huañique, esta quebrada se encuentra principalmente en terrenos **de alta y muy alta susceptibilidad** (figura 1).

- **Informe técnico A6768: Peligros geológicos y geohidrológicos detonados por el evento del Niño Costero 2017 en la región Lima y parte de Ica.** Realizado por el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, 2017. El presente estudio con información geológica y geodinámica para la Gestión del Riesgo de Desastres, contiene mapas que muestran las zonas afectadas (poblados, carreteras u obras de infraestructura) según el tipo de evento causado por el fenómeno de El Niño Costero en las regiones Lima e Ica. Se emiten conclusiones y recomendaciones generales que deben ser tomadas en cuenta en los trabajos de reconstrucción que se llevaran a cabo en las regiones. Así mismo es importante mencionar que algunos sectores identificados en este estudio requieren de estudios de detalle, para poder definir adecuadamente las obras de prevención o mitigación a nivel de diseño e ingeniería, trabajos que se están realizando y se entregarán oportunamente. En el 2017 se registró pérdida de plataforma, terraplén y asfaltado de 0.14 m del puente Auco (carretera Cañete-Yauyos por erosión fluvial (6B127).
- **Informe Técnico A7463 Evaluación de zonas críticas por peligros geológicos ante Fenómeno El Niño 2023-2024 en el departamento de Lima. Tomo II: Lima Provincias,** realizado por el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2023). El distrito de Colonia se encuentra declarado en Estado de Emergencia mediante el DS N° 012-2024-PCM vigente hasta el 1 de abril de 2024. En base al análisis de información geológica y de evaluación de peligros, principalmente los trabajos realizados durante el Fenómeno El Niño 2017, los trabajos de campo realizados en octubre 2023 y la información procesada en gabinete se identificaron algunos de los peligros identificados en esta evaluación, incluyeron el reconocimiento de zonas críticas, reconocimiento de peligros geológicos y los tipos de peligros geológicos. Además de su relación con la litología, geomorfología y tomando en cuenta las acciones correctivas y/o preventivas desde el pasado Fenómeno de El Niño ocurrido en el año 2017 y el Ciclón Yaku del 2023.

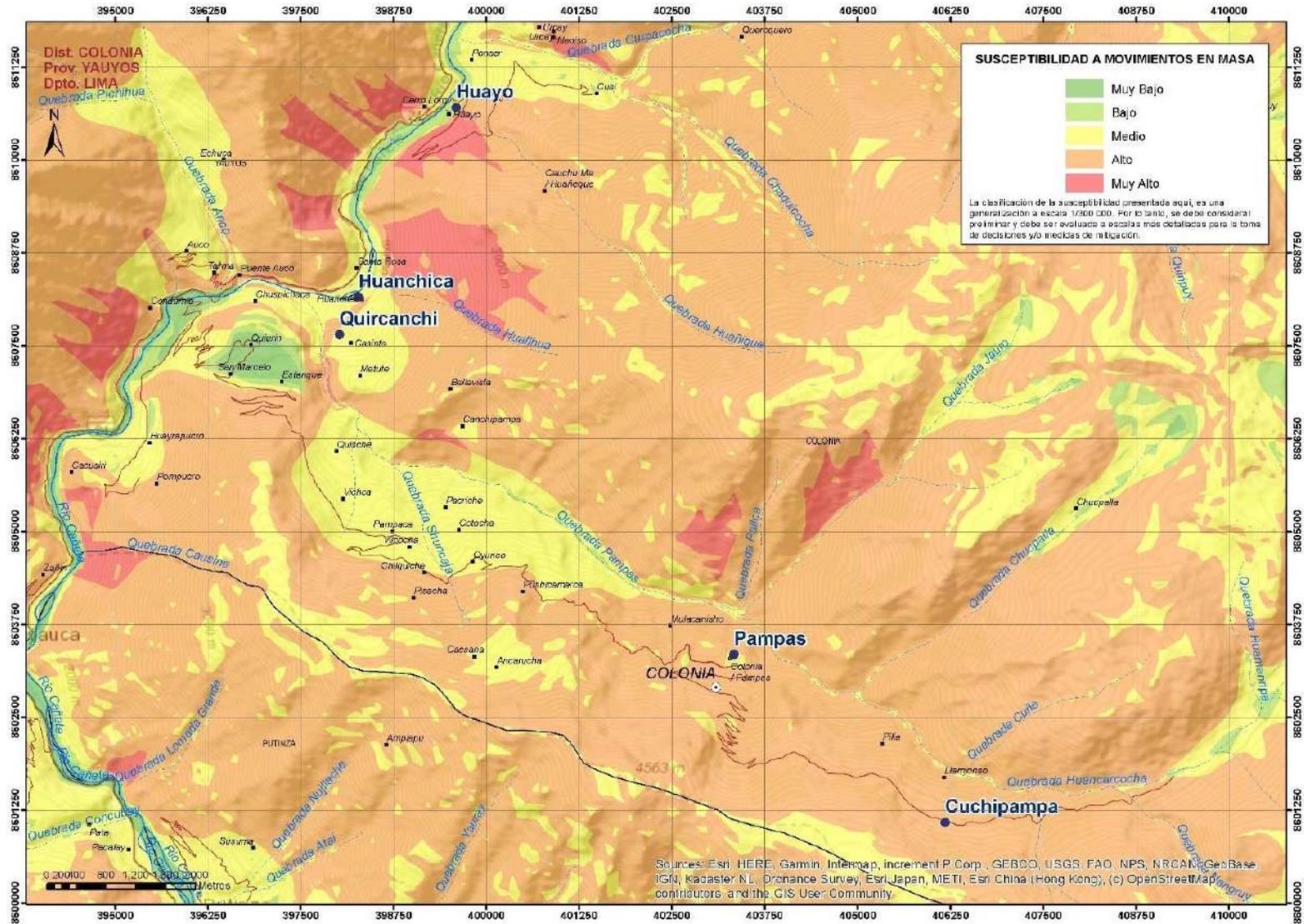


Figura 1 Susceptibilidad a movimientos en masa en los sectores evaluados (Luque et al., 2020).

Cuadro 1. Zonas críticas por peligros geológicos ante el FEN 2023-2024 en las zonas evaluadas

CÓDIGO SECTOR (Distrito)	OBSERVACIONES INGENIERO-GEOLÓGICAS	VULNERABILIDAD Y/O DAÑOS OCASIONADOS	RECOMENDACIONES EN PUBLICACIONES ANTERIORES	RECOMENDACIONES IMPLEMENTADAS	NUEVAS RECOMENDACIONES
15-295 Colonia (Colonia) ZONA: 18S N: 8603185 E: 403284	Caída de rocas y erosión de laderas. Litológicamente se observan depósitos coluvio-aluviales constituidos por bloques y fragmentos heterométricos, subangulosos en matriz areno limosa ubicados en las laderas de los cerros; y, roca volcano-sedimentaria como tobas y andesitas de la Fm. Tantar. Geomorfológicamente, se asienta sobre montaña en roca volcano-sedimentaria. El C.P. de Colonia se asienta sobre la ladera del cerro Cruz Punta, en un área sujeta a caída de rocas con una longitud de 450 m de bloques sueltos (<10M) caídos en ladera con vegetación pobre, esto debido a que las laderas presentan pendientes muy fuertes, en roca muy meteorizada y fracturada. La erosión de laderas en cárcavas, son de grandes dimensiones y se observan debajo del C.P. de Colonia.	Potenciales: Puede afectar viviendas del poblado de Colonia Pampas y terrenos de cultivo.	Se recomienda reforestar. (Guzmán et al., 2003)	No se registran acciones de prevención y/o mitigación	Reforestación de laderas. Reforzamiento de taludes con muros de contención. Reasentar viviendas expuestas a los bloques sueltos y los canchales. No construir más viviendas en las laderas de los cerros sin previo tratamiento de ellas. Hacer programas de sensibilización a las personas con la finalidad de hacerles tomar conciencia del peligro en que son expuestos
15-296 Bellavista (Colonia) ZONA: 18S N: 8606958 E: 399544	Deslizamiento y erosión de laderas. Litológicamente se observan rocas volcano-sedimentaria como tobas de la Fm. Tantar. Geomorfológicamente, se asienta sobre montaña en roca volcano-sedimentaria. El sector de Bellavista es un área sujeta a deslizamientos (base de la montaña) y erosión en cárcavas y surcos. El deslizamiento rotacional ubicado al pie de la ladera del cerro Chaupicorral ha sufrido asentamientos de gran dimensión y grietas con aberturas < 3 m, la erosión de laderas se observa hacia la parte superior del deslizamiento y parte inferior del sector de Bellavista.	Ocasionados: A inicios del 2023 (Yaku) ocasionó la destrucción de 2 km de carretera y 900 canales de riego. Potenciales: Puede afectar viviendas del poblado de Bellavista, terrenos de cultivo (<10 ha), canales de riego, carreteras de acceso y represar el río Cañete.	No se tienen registros	No se registran acciones de prevención y/o mitigación	Control de erosión de laderas (reforestación). Realizar estudio geotécnico en el tramo vial y cambiar el trazo de la vía, en la zona afectada. Limpieza de cauce de río Gorgor y quebradas tributarias. Prohibir el riego por gravedad o inundación.

Fuente: Lara et al., 2023.

1.3. Aspectos generales

1.3.1. Ubicación

Los sectores Huanchica-Quircanchi, Huayo y Cuchipampa se ubican en el distrito de Colonia, situado en la parte central de la provincia Yauyos y departamento de Lima, entre los 2121 y 4124 m s.n.m. Limita por el este con el distrito de Huantán, por el norte con los distritos de Huantán y Yauyos, por el oeste con el distrito de Yauyos y por el sur con los distritos Tupe, Catahuasi y Putinza (figura 2). Entre las coordenadas UTM (WGS84), zona 18S descritas en la tabla 1.

Tabla 2. Rutas y acceso a la zona evaluada

Ruta	Tipo de vía	Distancia (km)	Tiempo estimado
Ciudad de Lima (INGEMMET) – San Vicente de Cañete	Asfaltada	143.6	2h 20 min
San Vicente de Cañete-Puente Auco (Km 115 de la R022)	Asfaltada	129.5	3h 29 min
Puente Auco-Desvío Bellavista-Quircanchi	Asfaltada/Trocha carrozable	0.5/0.8	5 min
Puente Auco-Desvío a Huayo de Cusi	Trocha carrozable	5	12 min
Puente Auco-Pampas (Colonia)	Trocha carrozable	22.2	54 min
Pampas (Colonia)-Cuchipampa	Trocha carrozable	9.7	24 min

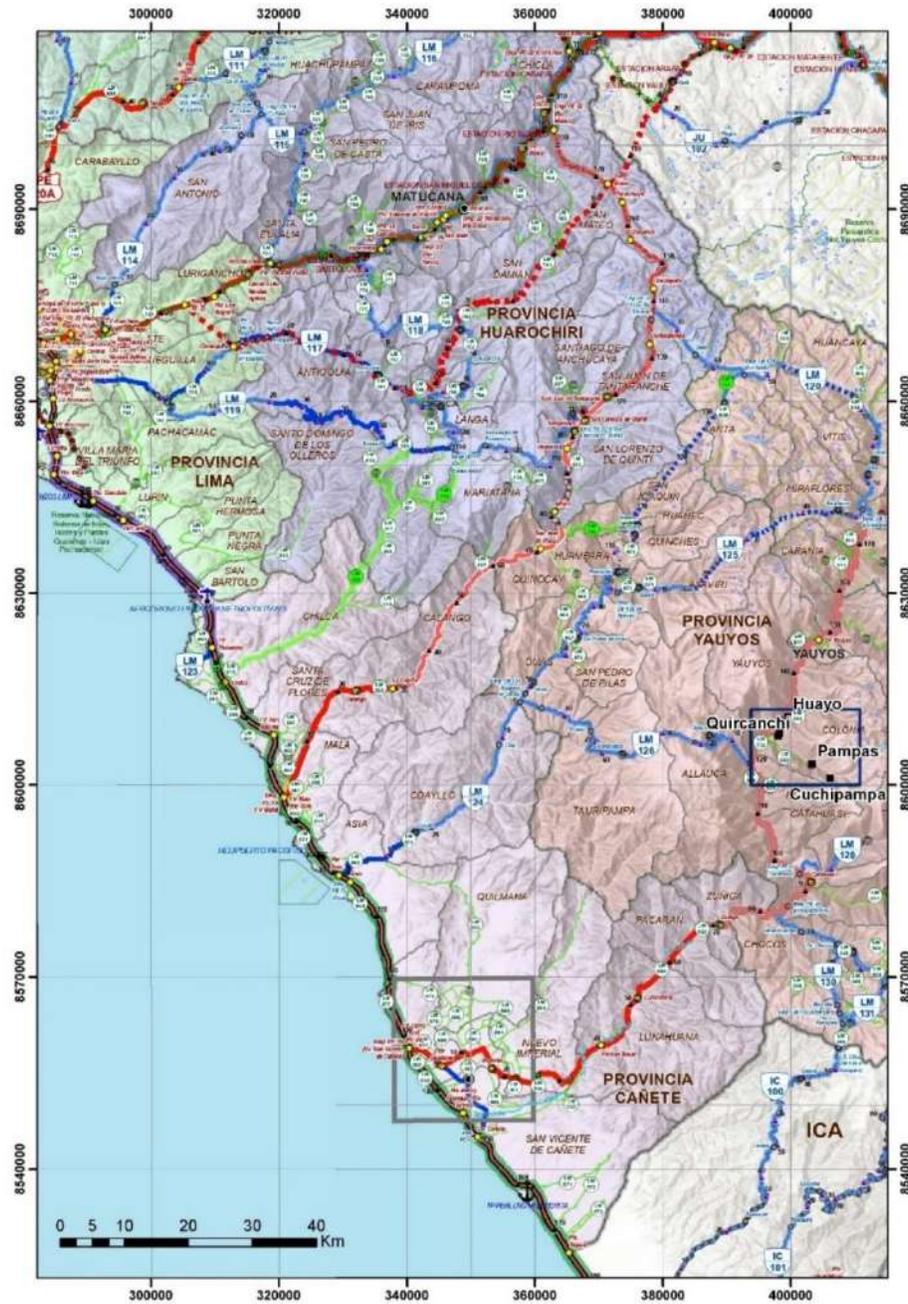


Figura 3. Ruta de acceso: Ciudad de Lima (INGEMMET) --Zonas evaluadas. Fuente: MTC, 2023

1.3.3. Población

De acuerdo con la información del XII Censo de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas de 2017 (INEI, 2018), en los centros poblados del distrito de Colonia tiene una población de 450 habitantes del total de 1109 censada (distrito de Colonia), distribuidos en 131 habitantes en el centro poblado de Colonia (Pampas), 196 habitantes en el centro poblado San Pedro de Cusi y anexos como Huayo y 123 habitantes dispersos en el distrito. Se tiene un total de 513 viviendas en los diferentes anexos del distrito de los cuales 172 cuentan con alumbrado eléctrico por red pública, 134 con abastecimiento de agua en la vivienda y 45 con servicio higiénico (red pública de desagüe dentro de la vivienda y fuera de la vivienda, pero dentro de la edificación, letrina, pozo ciego) como se muestra en el cuadro 2.

Cuadro 2. Población y viviendas en los sectores evaluados

Centro poblado o anexo	Población	Viviendas	Vivienda con alumbrado eléctrico por red pública	Abastecimiento de agua en la vivienda	Cuenta con servicio higiénico dentro de la vivienda
C.P. Colonia (Pampas)	131	147	52	50	38
C.P. San Pedro de Cusi y anexos	196	227	79	84	6
Población dispersa	123	139	41	0	1
Total	450	513	172	134	45

La provincia de Yauyos es una de las más pobres. El distrito Colonia se encuentra en el puesto 16 en ubicación de pobreza monetaria total de los 33 distritos de la provincia de Yauyos y menos desarrollada sobre todo por sus problemas de interconexión vial y por sus potencialidades naturales lo que hace que sea una zona netamente agrícola y en menor cantidad ganadera, tiene poca densidad demográfica de 3.42 habitantes por km² y una gran tendencia al despoblamiento con una tasa de crecimiento negativa en promedio. Los jóvenes emigran hacia otros centros extra regionales (Huancayo, Lima), tanto por razones de trabajo como por mejores condiciones de educación.

1.3.4. Clima

Según el método de Clasificación Climática de Warren Thornthwaite - (Senamhi, 2020), los sectores Huayo y Quircanchi varían de un clima árido con deficiencia de humedad en todas las estaciones del año. Templado. E (d) B' con una temperatura máxima promedio de 19° C hasta los 31 C° y una temperatura mínima promedio que va desde los 3° C hasta los 21°C y una precipitación anual que varía entre 0 mm y 5 mm en las partes adyacentes al litoral y alcanza valores entre 500 y 700 mm en las zonas altas de costa norte hasta un clima semiárido con invierno seco, cálido: D(i)B' con temperaturas máximas de 19° a 23°C y temperaturas mínimas de 15° a 19°C con una precipitación anual de 300 a 700 mm. Mientras el tramo de Pampas-Cuchipampa varía de un clima tipo semiseco con invierno seco C(i) C' con temperaturas máximas de 13°C hasta los 17°C y una temperatura mínima promedio de -7°C hasta los -5°C, con precipitaciones entre 200 y 700 mm hasta un clima frío, lluvioso con otoño e invierno seco con temperatura máximas entre 9 a 19°C y temperaturas mínimas entre -3° a 3°C y precipitaciones de 500 a 1200 mm (figura 4).

La variación de altitud desde el nivel del mar hasta las zonas andinas influye directamente en el comportamiento de la temperatura y humedad. La ciudad de Lima y otras localidades costeras tienen un clima muy peculiar, caracterizado por presentar los días menos soleados de toda la franja costera peruana a lo largo del año; es catalogada como una ciudad árida con deficiencia de lluvias y se producen en forma de lloviznas, solo en años excepcionales y durante el verano se producen lluvias de intensidad que generalmente son de corta duración. En la zona andina, el clima se caracteriza por una fuerte insolación, sequedad de atmósfera que se hace cada vez mayor con la altitud y lluvias que concentradas entre los meses de diciembre a marzo se producen a partir de los 1000 m, originando a veces huaicos. Las precipitaciones en la alta montaña, más o menos a los 5000 m, son principalmente en forma de nieve.

El sistema hidrográfico en la provincia Yauyos es el del río Cañete desde su nacimiento en la laguna Ticllacocha (4600 m s.n.m.), hasta dejar el territorio yauyino, recorre más del 60% de su curso, un total de 220 km, que además constituye el mayor colector troncal del escurrimiento superficial, recibiendo las aguas de otros ríos tributarios que conforman también importantes cuencas.

Tabla 4. Climas de la provincia Yauyos, datos promedios entre los años 1981-2010

Clima	T. Máx. (°C)	T. Mín. (°C)	PP. anual (mm)
Semiárido con invierno seco. Cálido. D (i) B'	19 – 23	15 – 19	300 – 700
Lluvioso con otoño e invierno secos. Frío. B (o, i) C'	9 – 19	-3 – 3	500 – 1200
Lluvioso con invierno seco. Frío. B (i) C'	13 – 17	-5 – -1	700 – 900
Semiseco con invierno seco. Frío. C (i) C'	13 – 17	-7 – 5	200 – 700
Semiárido con invierno seco. Frío. D (i) C'	19 – 23	1 – 9	200 – 700
Semiárido con invierno y primavera secos. Templado. D (i, p) B'	19 – 21	3 – 9	50 – 160
Árido con deficiencia de humedad en todas las estaciones del año. Templado. E (d) B'	19 – 31	3 – 21	0 – 5; 500 – 700
Hielo perenne. Glaciar	7 – 11	-7 – -1	900 – 1500

Fuente: Senamhi, 2020.

En cuanto a la cantidad de lluvia local en el sector Huanchica-Quircanchi, según 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 ráster y de satélite), la precipitación máxima registrada en el periodo 01 agosto 2023 al 30 abril 2024 fue de 0.7 mm el 07 de enero del 2024, seguido de los días 08 y 09 de enero con una precipitación aprox. de 0.4 mm cada día (gráfico 1). Si analizamos el registro de precipitaciones diarias vemos intervalos de lluvia y calma bien marcados entre los meses de enero y abril. La última reactivación del deslizamiento se dio el 03 de febrero de 2024, después de varias semanas con precipitaciones diaria en el sector.

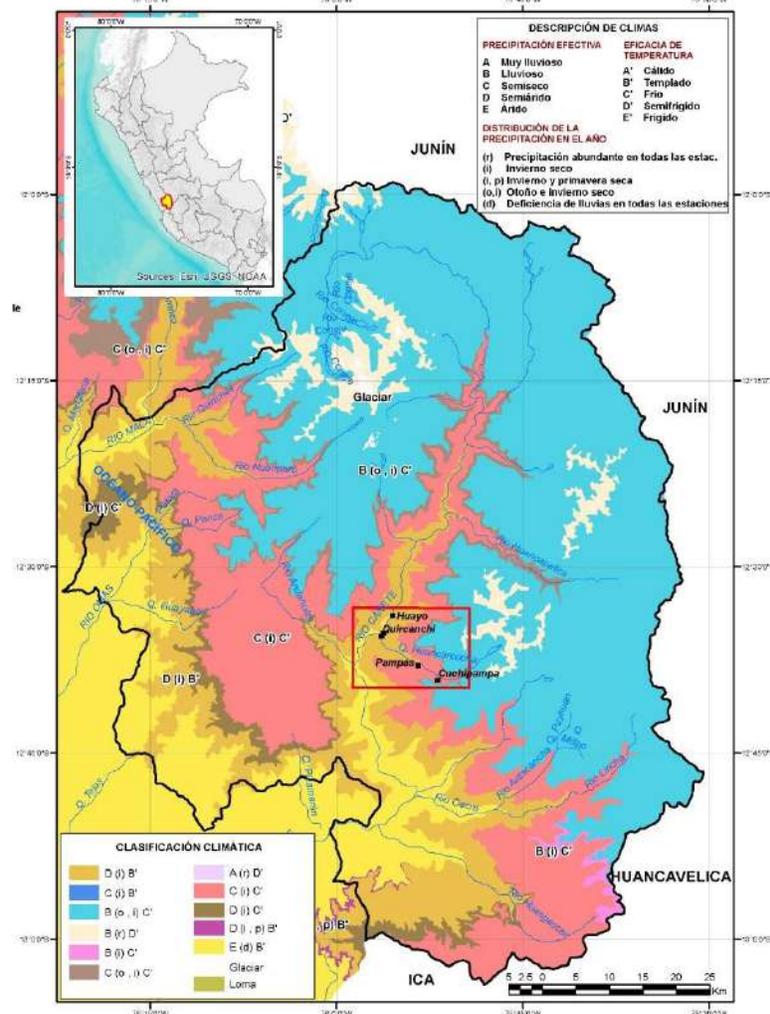
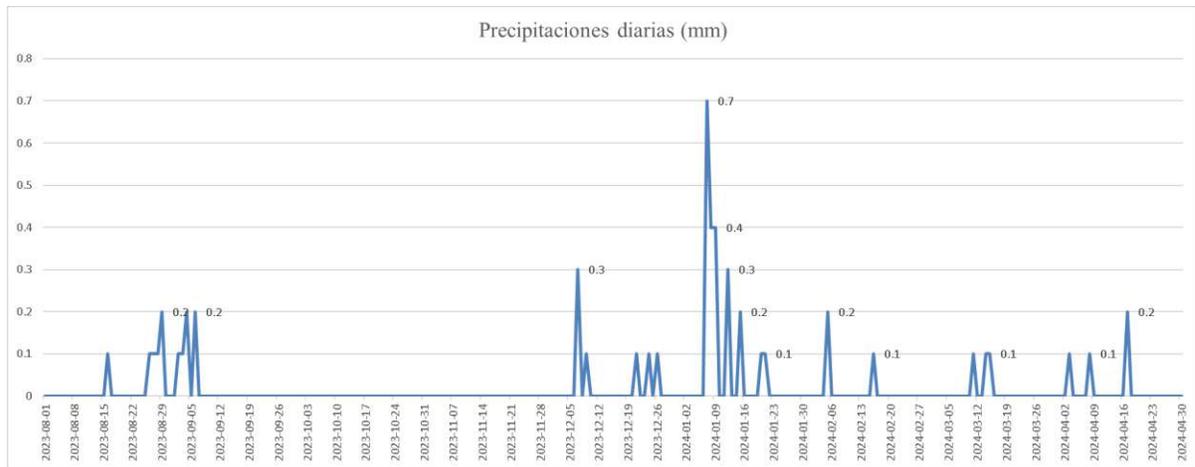


Figura 4. Clasificación climática de las zonas de estudio. Fuente: Senamhi, 2020

2. DEFINICIONES

El presente informe técnico está dirigido a entidades gubernamentales en los tres niveles de gobierno, así como personal no especializado, no necesariamente geólogos; en el cual se desarrollan diversas terminologías y definiciones vinculadas a la identificación, tipificación y caracterización de peligros geológicos, para la elaboración de informes y documentos técnicos en el marco de la gestión de riesgos de desastres.

Todas estas denominaciones tienen como base el libro: "Movimientos en masa en la región andina: una guía para la evaluación de amenazas" desarrollado en el Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas (2007), donde participó la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del Ingemmet. Los términos y definiciones se detallan a continuación:

- **Actividad:** La actividad de un movimiento en masa se refiere a tres aspectos generales del desplazamiento en el tiempo de la masa de material involucrado: el estado, la distribución y el estilo de la actividad. El primero describe la regularidad o irregularidad temporal del desplazamiento; el segundo describe las partes o sectores de la masa que se encuentran en movimiento; y el tercero indica la manera como los diferentes movimientos dentro de la masa contribuyen al movimiento total. El estado de actividad de un movimiento en masa puede ser: activo, reactivado, suspendido, inactivo latente, inactivo abandonado, inactivo estabilizado e inactivo relicto (WP/WLI, 1993).
- **Activo:** Movimiento en masa que actualmente se está moviendo, bien sea de manera continua o intermitente.
- **Agrietamiento:** Formación de grietas causada por esfuerzos de tensión o de compresión sobre masas de suelo o roca, o por desecación de materiales arcillosos.
- **Arcilla:** Suelo con tamaño de partículas menores a 2 micras (0,002 mm) que contienen minerales arcillosos. Las arcillas y suelos arcillosos se caracterizan por presentar cohesión y plasticidad; muy influenciados por el agua en su comportamiento.
- **Buzamiento (Dip):** Angulo que forma la recta de máxima pendiente de un plano con respecto a la horizontal y puede variar entre 0° y 90°.
- **Corona (crown):** Zona adyacente arriba del escarpe principal de un deslizamiento que prácticamente no ha sufrido desplazamiento ladera abajo. Sobre ella suelen presentarse algunas grietas paralelas o semi paralelas conocidas como grietas de tensión o de tracción.
- **Deslizamiento (slide):** Movimiento ladera abajo de una masa de suelo o roca cuyo desplazamiento ocurre predominantemente a lo largo de una superficie de falla, o de zonas relativamente delgadas con gran deformación cortante (Cruden y Varnes, 1996).

- **Deslizamiento rotacional (rotational slide)** sin: golpe de cuchara (Colombia). Deslizamiento en el cual la masa se mueve a lo largo de una superficie de falla curva y cóncava. La cabeza del movimiento puede moverse hacia abajo dejando un escarpe casi vertical, mientras que la superficie superior inclinarse hacia atrás en dirección al escarpe.
- **Detonante:** Acción o evento natural o antrópico, que es la causa directa e inmediata de un movimiento en masa. Entre ellos pueden estar, por ejemplo, los terremotos, la lluvia, la excavación del pie de una ladera, la sobrecarga de una ladera, entre otros.
- **Erosión de ladera:** es un proceso normal, inevitable y universal, que consiste en el desgaste y remodelado del paisaje terrestre original; puede ser laminar, surco o en cárcava; puede ser laminar, surco o en cárcava (Villota, 2005).
- **Erosión en cárcavas:** proceso intenso de erosión hídrica causado por escurrimiento superficial concentrado, capaz de remover material de suelo hasta profundidades considerables. La intensidad y la amplitud de la formación de cárcavas guardan una íntima relación con la cantidad de agua de escurrimiento y su velocidad (Villota, 2005).
- **Escarpe (scarp) sin.: escarpa:** Superficie vertical o semivertical 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.
- **Escarpe principal (main scarp):** En un deslizamiento se refiere a la parte superior vertical o semivertical del plano de falla que queda expuesta en superficie por el movimiento ladera abajo del cuerpo principal.
- **Factor condicionante:** Se refiere al factor natural o antrópico que condiciona o contribuye a la inestabilidad de una ladera o talud, pero que no constituye el evento detonante del movimiento.
- **Factor detonante:** Acción o evento natural o antrópico, que es la causa directa e inmediata de un movimiento en masa. Entre ellos pueden estar, por ejemplo, los terremotos, la lluvia, la excavación del pie de una ladera, la sobrecarga de una ladera, entre otros.
- **Flujo:** Movimiento en masa que durante su desplazamiento exhibe un comportamiento semejante al de un fluido; puede ser rápido o lento, saturado o seco. En muchos casos se originan a partir de otro tipo de movimiento, ya sea un deslizamiento o una caída (Varnes, 1978). Existen tipos de flujos como flujos de lodo, flujos de detritos (huaicos), avalanchas de rocas y detritos, crecida de detritos, flujos secos y lahares (por actividad volcánica).
- **Flujo de detritos (huaico):** Flujo muy rápido a extremadamente rápido de detritos saturados, no plásticos, con predominancia mayor de 50% de material grueso (bloques, gravas), sobre los finos, que transcurre principalmente confinado a lo largo de un canal o cauce con pendiente pronunciada.

- **Flujo de lodo:** Flujo canalizado muy rápido a extremadamente rápido de detritos saturados plásticos, cuyo contenido de agua es significativamente mayor al del material fuente (Índice de Plasticidad > 5%). El carácter de este tipo de movimiento es similar al de flujo de detritos, pero la fracción arcillosa modifica la reología del material.
- **Formación geológica:** Unidad litoestratigráfica formal que define cuerpos de rocas caracterizados por presentar propiedades litológicas comunes (composición y estructura) que las diferencian de las adyacentes.
- **Ladera:** Superficie natural inclinada de un terreno.
- **Meteorización (weathering):** 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 (mass movement, landslide).** sin.: Fenómeno de remoción en masa (Colombia, Argentina), proceso de remoción en masa (Argentina), remoción en masa (Chile), Movimiento ladera abajo de una masa de roca, de detritos o de tierras (Cruden, 1991). Estos procesos corresponden a caídas, vuelcos, deslizamientos, flujos, entre otros. Sin.: Remoción en masa y movimientos de ladera.
- **Peligro o amenaza geológica:** Proceso o fenómeno geológico que podría ocasionar la muerte, lesiones u otros impactos a la salud, al igual que daños a la propiedad, la pérdida de medios de sustento y de servicios, trastornos sociales y económicos, o daños ambientales.
- **Saturación:** El grado de saturación refleja la cantidad de agua contenida en los poros de un volumen de suelo dado. Se expresa como una relación entre el volumen de agua y de vacíos.
- **Susceptibilidad:** La susceptibilidad está definida como la propensión que tiene una determinada zona a ser afectada por un determinado proceso geológico, expresado en grados cualitativos y relativos. Los factores que controlan o condicionan la ocurrencia de los procesos geodinámicos son intrínsecos (la geometría del terreno, la resistencia de los materiales, los estados de esfuerzo, el drenaje superficial y subterráneo, y el tipo de cobertura del terreno) y los detonantes o disparadores de estos eventos son la sismicidad y la precipitación pluvial.
- **Velocidad:** Para cada tipo de movimiento en masa se describe el rango de velocidades, parámetro importante ya que ésta se relaciona con la intensidad del evento y la amenaza que puede significar. De acuerdo con Cruden y Varnes (1996), las escalas de velocidades corresponden a: extremadamente lenta, muy lenta, lenta, moderada, rápida, muy rápida y extremadamente rápida.
- **Zonas críticas:** Son zonas o áreas con peligros potenciales de acuerdo a la vulnerabilidad asociada (infraestructura y centros poblados), que muestran una recurrencia, en algunos casos, entre periódica y excepcional. Algunas pueden presentarse durante la ocurrencia de lluvias excepcionales y puede ser necesario considerarlas dentro de los planes o políticas nacionales, regionales y/o locales sobre prevención y atención de desastres.

3. ASPECTOS GEOLÓGICOS

En el contexto regional, y de acuerdo a las a las observaciones de campo y los estudios geológicos realizados en la Carta Geológica Nacional, plasmados en el mapa geológico del cuadrángulo de Tupe (hoja 26-I4) a escala 1:50 000 (Nole & Otero, 2021) y a escala 1:100 000 (Salazar, 1983). Las unidades geológicas que afloran en la zona de estudio son de origen volcánico-sedimentario de la Formación Tantará, del Cenozoico. Se presenta también en la zona cuerpos intrusivos del Batolitos de la Costa, de edad Cretáceo; finalmente se tiene una cobertura superficial cuaternaria conformada por depósitos coluviales, proluviales, deluviales, coluvio-deluvial aluvial y fluvial en las zonas evaluadas afloran las siguientes unidades litológicas (Anexo-Mapa 1).

A continuación, se presenta de manera resumida una descripción de las principales formaciones geológicas y depósitos que afloran en las localidades de evaluación y alrededores.

3.1. Unidades litoestratigráficas

Las unidades litoestratigráficas que afloran en el área de estudio corresponden a rocas volcánicas, volcánico-sedimentarias e intrusivas; además de depósitos cuaternarios recientes:

3.1.1 Formación Tantará (PE-t)

En el área de estudio se observaron tobas líticas y de cristales de composición andesítica y dacítica sucedidas por lavas andesíticas de color gris verdoso a rojizo con textura fluidal expuestas en las partes altas de ambos márgenes del río Cañete, entre los Huanchica, Quircanchi y en los alrededores de los centros poblados de Bellavista, Casinta, entre otros, medianamente a muy fracturadas y altamente meteorizadas, de características geomecánicas de regular a mala calidad. De acuerdo con la variación litológica en el presente estudio, se plantea la división de esta unidad en un miembro inferior piroclástico y el miembro superior lávico como se detalla:

A) Formación Tantará inferior (Pe-t/i4)

Está conformada por tobas líticas, de color gris oscuro, rojizas y blanquecinas, presentan líticos centimétricos de lavas en una matriz afanítica, tobas de cristales moderadamente soldadas, textura fragmental con cristales de plagioclasas y anfíboles en una matriz afanítica en su mayoría de composición andesítica. En el sector Oyunco-Colonia (Pampas), se registran facies volcánico-sedimentarias conformadas de arenisca y limolitas de tonalidad rojizas a beige, de grano fino a medio, donde se genera erosión de laderas (fotografías 1, 2 y 3).

B) Formación Tantará superior (Pe-t/s4)

Consiste de lavas andesíticas grises a rojizas, de textura porfídica, con cristales de plagioclasas y anfíboles en una matriz afanítica, presenta un grosor estimado de 300 m, en la parte alta y cima de los cerros Riñón Punta, Ucupampa e Ichupata Punta. El límite superior es discordante con la Formación Sacsahuero.



Fotografía 1. Afloramiento de tobas líticas de composición andesítica de la Formación Tantarà Inferior, coordenadas 397804, 8607600



Fotografía 2. Tobas meteorizadas y alteradas en el sector Huayo, en las coordenadas UTM 400061, 8610374



Fotografía 3. Afloramiento de lavas andesíticas y tobas en el sector Huayo, en talud superior de carretera Huayo-Cusi, en las coordenadas UTM, 399721, 8610652

3.1.2 Depósitos Cuaternarios

En la zona de estudio se exponen depósitos cuaternarios que fueron diferenciados de acuerdo con su composición y tiempo de depositación, entre los cuales tenemos:

Depósito coluvial (Qh-cl): Conformados por acumulaciones ubicadas al pie de taludes escarpados de bloques rocosos angulosos heterométricos y de naturaleza litológica homogénea, en forma de conos o canchales. Los bloques más gruesos se depositan en la base y los tamaños menores disminuyen gradualmente hacia el ápice. Carecen de relleno, son sueltos sin cohesión. Conforman taludes de reposo poco estables; dentro de este tipo de depósito se encuentran los materiales generados por movimientos en masa de tipo derrumbes, caída de rocas, etc. Los depósitos son de tipo arcillo limo-gravoso con bloques, de plasticidad media a alta. Estos depósitos tienen una edad Cuaternario-Pleistoceno. También se localizan en las laderas de los cerros Ucupampa, Chaupicorral Huañique Punta, Cruz Punta, Palmadera Punta, en los sectores se observan bloques angulosos de rocas andesíticas en una matriz limo arenosa (fotografía 4).



Fotografía 4. Depósitos coluviales en laderas del cerro Palmadera Punta, talud superior de carretera Pampas -Laguna Huancarcocha

Depósito proluvial (Qh-pl): Conformado por fragmentos rocosos heterométricos (cantos, bolos, bloques, etc), con poca matriz limo arenoso-arcilloso depositado en el fondo de valles y conos de deyección en la confluencia con el río y quebradas de manera temporal; se forman con corrientes aluvio torrenciales (fotografía 5). Este tipo de material se encuentra en el fondo del canal formado por la cárcava y por donde discurre recurrentes flujos de detritos (huaicos), con una potencia aproximada de 15 m del sector Cuchipampa.



Fotografía 5. Depósitos proluvial resultado de la acción erosiva de las olas y distribuidos por sector Cuchipampa (Colonia).

Depósito coluviodeluvial (Qh-cd): Corresponde a una acumulación sucesiva y alternada en laderas de montañas, de materiales de origen coluvial y deluvial, los cuales no es posible diferenciarlos debido a la escala. Los depósitos deluviales a diferencia de los coluviales son depósitos de ladera removidos por agua de lluvia; se le asigna una edad Cuaternario-Holoceno. Dentro de este tipo de depósito se encuentran los materiales generados por movimientos en masa de tipo deslizamientos, derrumbes, entre otros (fotografías 6 y 7).



Fotografía 6. Vertiente coluviodeluvial en ambas márgenes de la quebrada Pampas.



Fotografía 7. Depósito coluviodeluvial generado por un deslizamiento, sector Quircanchi

Depósito aluvial (Qp-al; Qh-al): Está compuesto por una mezcla de fragmentos heterométricos y heterogéneos (bolos, gravas, arenas, etc.), redondeados a subredondeados, transportados por la corriente de los ríos y quebradas. Tienen regular a buena selección y se presentan estratos diferenciados que evidencian la actividad dinámica fluvial. Conforman llanuras antiguas y/o niveles de terrazas adyacentes a los valles. son de edad Cuaternario Holocena. Se exponen en ambos márgenes de los ríos Cañete, en la hoja 2614; corresponden a acumulaciones de bloques, cantos, gravas, arena y arcillas; en su mayoría forman terrazas de hasta 200 metros de espesor (Putinza) utilizadas como zonas de cultivo.

Depósito fluvial (Qh-fl): Lo constituyen los materiales de los lechos de los ríos o quebradas, terrazas bajas y llanura de inundación. Son depósitos heterométricos constituidos por bolos, cantos y gravas subredondeadas en matriz arenosa o limosa, mezcla de lentes arenosos y arenolimosos. Son transportados por la corriente de los ríos a grandes distancias en el fondo de los valles y depositados en forma de terrazas o playas, removibles por el curso actual del río y ubicados en su llanura de inundación. Son depósitos inconsolidados a poco consolidados hasta sueltos, fácilmente removibles, cuya permeabilidad es alta. En la zona de estudio se encuentra este tipo de depósito en el lecho de la quebrada Pampas; son de edad Cuaternario-Holocena.

Depósito glacial (Qp-gl; Qh-gl): Es un conjunto de clastos angulosos y subangulosos polimícticos, mal clasificados englobados en una matriz arenosa; forman estructuras alargadas con dirección de norte a sur, generando una morfología suave. Se encuentran distribuidos en las partes altas de los valles glaciares sobre una altitud de 4500 m en la hoja 2614.

3.1.3 Rocas Ígneas

En el área de estudio se exponen grandes dimensiones de rocas intrusivas, morfológicamente conforman un relieve irregular con montañas de poca elevación; estos cuerpos están emplazados al oeste de la hoja 2614, con una dirección NE-SO. Posiblemente se formaron a finales del Cretáceo superior y corresponderían al Segmento Lima del Batolito de la Costa. Presentan una variada composición que va desde diorita hasta monzogranito. El conjunto de rocas intrusivas afecta parcialmente a los niveles basales de la Formación Tantará.

Batolito de la Costa: Superunidad Catahuasi

Monzogranito (PN-bc/c-mgr); granodiorita, tonalita (PN-bc/ut-gd-tn): aflora un cuerpo intrusivo de gran proporción, moderadamente diaclasado y alterado, cortado por venillas de cuarzo, esta unidad presenta aparentemente un diaclasamiento tipo estratos. Se trata de cuerpos de textura masiva y granular de granodiorita de color gris clara; con más del 10% de cuarzo, plagioclasas en mayor proporción que la ortosa, con algo de ferromagnesianos e indicios de minerales secundarios. La roca se presenta medianamente fracturada y moderadamente a altamente meteorizada conformando un suelo areno-limoso. El principal afloramiento se encuentra en la margen derecha del río Cañete en los cerros Quisquechempa, Huaycho, Chuculla, Cuchamia Punta, entre otros y

en el sector Huayo; se debe mencionar que en inmediaciones de la localidad de Quinocay, se presentan afloramientos pequeños de granodiorita. La edad de estas rocas es Cretáceo superior.

Batolito de la Costa: Superunidad Tupe

Granodiorita, tonalita (PN-tu2-gd.tn): Consiste de un plutón de granodiorita de grano medio con gradaciones a tonalita, siguiendo una dirección N-S con una longitud de 40 km y ancho promedio de 6 km. Otro cuerpo de roca similar aflora por el sector Pampas-Cuchipampas, donde ha atravesado los volcánicos Tantará y se asume que su emplazamiento tuvo lugar durante el Paleógeno, con posterioridad a la Superunidad Catahuasi.

4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

Esta información se realizó con un MDT extraído del servicio ALOS PALSAR de 12.5 m/pix. Además, se realizó la revisión de imágenes satelitales y el análisis de la morfometría del relieve en los trabajos de campo.

Para la caracterización de las unidades geomorfológicas en los sectores evaluados del distrito Colonia, se usaron la publicación de Villota (2005), el boletín serie C, N°76 Peligro geológico en la región Lima, imágenes satelitales e imágenes obtenidas por vuelo fotogramétrico. Además, se consideraron criterios de control como: la homogeneidad litológica y la caracterización conceptual en base a los aspectos del relieve en función a su altura relativa y en relación a procesos de erosión, denudación y sedimentación o acumulación. Se agrupan en seis tipos generales: 1) montaña, 2) piedemonte y abanico, 3) vertiente, 4) planicie, 5) terraza y 6) otras geoformas.

4.1. Pendiente del terreno

El sector Huanchica-Quircanchi presenta terrenos con pendientes que varían de muy baja ($<1^\circ$) a pendiente suave (1° a 5°) en aquellos sectores donde se han asentado viviendas y terrenos de cultivo como en los sectores Huanchica en geoformas de montaña volcánico-sedimentaria; en terrenos con pendiente de baja a alta (5° a 25°) se asientan viviendas del sector Huayo, la pendiente del cauce de la quebrada Huañique por donde discurrió el huaico que afectó las viviendas de Huayo varía de media (5° a 15°) a muy fuerte (25° a 45°) en terrenos con geoformas de montaña en roca intrusiva y volcánico-sedimentaria; a pendientes fuertes y muy escarpados (15° a $>45^\circ$) en los terrenos con geoformas de montaña en roca volcánico-sedimentaria donde se generó el deslizamiento de Huanchica-Quircanchi. En el sector Cuchipampa la pendiente varía de media a muy fuerte pendiente (5° a 45°).

Los relieves con pendientes escarpadas pueden condicionar la ocurrencia de movimientos en masa y controlar el modelamiento de las geoformas que conforman el relieve actual. En ese sentido, se elaboró el mapa de pendientes para identificar zonas de aporte y recepción de materiales provenientes de deslizamientos y que condicionan los peligros geológicos recientes.

El área de evaluación mediante el modelo digital de elevaciones, se elaboró el mapa de pendientes, que fue rasterizado y luego reclasificado para el cálculo de áreas, expresado en porcentaje por cada rango de pendiente (tabla 5 y Anexo-Mapa 2).

Tabla 5. Rango de pendientes del terreno

RANGOS DE PENDIENTES DE TERRENO		
Pendiente	Rango	Descripción
0° a 1°	Muy baja	Comprende terrenos planos de las zonas de altiplanicie, extremos más distales de abanicos aluviales y torrenciales, bofedales, terrazas, llanuras de inundación, fondos de valle y lagunas.
1° a 5°	Baja	Terrenos planos con ligera inclinación que se distribuyen también a lo largo de fondos de valles, planicies y cimas de lomadas de baja altura, también en terrazas aluviales y planicies.
5° a 15°	Media	Laderas con inclinaciones entre 5° a 15° se consideran con susceptibilidad moderada a los movimientos en masa de tipo reptación de suelos, flujos de detritos. En este rango se asienta al centro poblado de Huayo y se identificaron flujos de detritos.
15° a 25°	Fuerte	Pendientes que se distribuyen principalmente en los bordes de abanicos aluviales, conos, piedemontes proluviales y planicies.
25° a 45°	Muy fuerte	Se encuentran en laderas de colinas y montañas volcánico-sedimentarias, así como terrazas aluviales, que forman acantilados, vertientes de los valles. Se identificaron deslizamientos, erosión de laderas.
> 45°	Muy escarpado	Distribución a lo largo de laderas, cumbres de montañas volcánico-sedimentarias e intrusivas, así como acantilados, donde se generaron la mayor cantidad de deslizamientos

4.2. Unidades y subunidades geomorfológicas

La cartografía geomorfológica y la delimitación de unidades geomorfológicas se realizó utilizando el criterio principal de homogeneidad relativa y la caracterización de aspectos de origen del relieve (erosión o acumulación), individualizando cuatro tipos generales y específicos del relieve en función de la altura relativa, diferenciándose terrazas, vertientes, piedemontes, montañas y otras geoformas.

A continuación, se mencionan las principales unidades y subunidades geomorfológicas identificadas y que conforman el relieve en la zona de estudio. Tomando como base el mapa geomorfológico de Lima, a escala 1/ 250 000 (Luque et al., 2020), se realizó el ajuste y definición de las unidades mediante la información obtenida en campo (Anexo 1: Mapa 3).

Las unidades geomorfológicas registradas en las zonas evaluadas comprenden unidades degradacionales-erosionales y unidades depositacionales o agradacionales, éstas se especifican en la tabla 6.

Tabla 6. Unidades geomorfológicas identificadas

Unidades geomorfológicas de carácter tectónico degradacional y erosional	
Unidad	Subunidad
Montaña	Montaña en roca intrusiva (M-ri)
	Montaña en roca volcánico-sedimentaria (M-rvs)
Unidades geomorfológicas de carácter depositacional o agradacional	
Unidad	Subunidad
Piedemonte y abanico	Piedemonte proluvial o aluviotorrencial (P-pral)
	Abanico proluvial (A-pr)
Vertiente	Vertiente coluvial (V-c)
	Vertiente coluviodeluvial (V-cd)
	Vertiente con edpósito de deslizamiento (V-dd)
	Vertiente glaciofluvial (V-gfl)
Planicie	Planicie inundable (PL-i)
	Cauce de río (R)
Terraza	Terraza aluvial (T-a)
	Terraza baja aluvial (TB-a)
Otras geoformas	Terraza antrópica (T-at)
	Cárcava (CR)
	Bad Lands (BL)
	Valle de represamiento (VR)

4.2.1. Geoformas de carácter tectónico degradacional y erosional

Estas geoformas resultan del efecto progresivo de los procesos morfodinámicos degradacionales sobre los relieves iniciales originados por la tectónica o sobre algunos paisajes construidos por procesos exógenos agradacionales, estos procesos conducen a la modificación parcial o total de estos a través del tiempo geológico y bajo condiciones climáticas cambiantes.

Los paisajes morfológicos, resultantes de los procesos denudativos forman parte de las cadenas montañosas, piedemontes y vertientes, llanuras y terrazas. Dentro de este grupo se tienen las siguientes unidades:

Unidad de montaña

Las montañas presentan mayor distribución en las zonas evaluadas, se considera dentro de esta unidad a las geoformas que alcanzan alturas mayores a los 300 m respecto al nivel de base local; se reconocen como cumbres y estribaciones producto de las deformaciones sufridas por la erosión y la influencia de otros eventos de diferente naturaleza (levantamiento, glaciación, etc.). Sus laderas presentan como pendiente promedio superior al 30%, cuya cima puede ser aguda,

sub aguda, semi redondeada, redondeada o tabular y cuyas laderas pueden ser regulares, irregulares y complejas (como se cita en Villota, 2005, p. 63).

En el contexto general se encuentran conformadas por alineamientos alargados, constituidos por rocas de tipo intrusiva, volcánica y volcánico-sedimentaria, con un moderado a fuerte estado de meteorización superficial y de erosión. Dentro de esta unidad se tienen las siguientes subunidades:

Subunidad de montañas en roca intrusiva (M-ri)

Paisaje formado por granodioritas, tonalitas y monzogranitos, de gran extensión a lo largo de la carretera central, en la margen derecha del río Cañete y parte alta de la quebrada Pampas, puede reconocerse por su patrón de drenaje paralelo o subparalelo,

Presentan cumbres subredondeadas que alcanzan los 1990 y 4150 m s.n.m., modeladas en rocas intrusivas conformado principalmente por monzogranitos, granodioritas y tonalitas estas litologías corresponden a Super Unidades Catahuasi y Tupe. En zonas húmedas se encuentran muy erosionadas y meteorizadas debido a su baja resistencia, originando suelos arenosos y arcillosos. Geodinámicamente se asocian a procesos de erosión de laderas, derrumbes, deslizamientos y flujos de detritos. Se distribuye regularmente en los cerros Zarcillopunta, Tambillo, Quisquechempa, Huaycho, Chuculla, Cuchamia Punta, Huinco, Andahuasi, entre otros. Fotografía 8.



Fotografía 8. Montaña modelada en roca intrusiva en cerro Huaycho, margen derecha del río Cañete

Subunidad de montañas en roca volcánico-sedimentaria (M-rvs)

Los paisajes montañosos desarrollados sobre rocas volcánico-sedimentarias reducidos por procesos denudativos, conforman elevaciones alargadas, con laderas disectadas y de pendiente moderada a baja. Se identificaron estas geoformas en ambas márgenes de la quebrada Pampas (parte baja-media de la quebrada). Conformada por afloramientos de tobas líticas y de cristales de composición andesítica y dacítica sucedidas por lavas andesíticas expuestas en la margen izquierda del río Cañete, medianamente a muy fracturadas y altamente

meteorizadas de la Formación Tantará, del Cenozoico (fotografías 9 y 10). Presentan laderas con pendientes moderadas a abruptas de cumbres alargadas, con pendientes que pueden superar los 25°, sus elevaciones alcanzan los 4750 m s.n.m. Geodinámicamente, se encuentran asociadas a caídas, derrumbes, deslizamientos, erosión en cárcavas y huaicos.



Fotografía 9. Montañas en roca volcánico-sedimentaria cercanas a la confluencia de la quebrada Pampas y río Cañete, a la derecha cerro Cariache Punta donde se asienta el poblado Casinta.



Fotografía 10. Montaña modelada en roca volcánico-sedimentarias de la Formación Tantara presenta erosión de laderas, derrumbes y deslizamientos en laderas del cerro Chaupicorral.

4.2.2 Geoformas de carácter depositacional o agradacional

Estas geoformas son resultado del conjunto de procesos geomorfológicos a los que se puede denominar constructivos, determinados por fuerzas de desplazamiento, como por agentes móviles, tales como: el agua de escorrentía y los vientos; los cuales tienden a nivelar hacia arriba la superficie de la tierra, mediante el depósito de materiales sólidos resultantes de la denudación

de terrenos más elevados. Entre las unidades geomorfológicas asociadas a procesos de acumulación durante el Pleistoceno y Cuaternario Reciente se tienen las siguientes subunidades:

Unidad de piedemonte y abanico

Unidad genética correspondiente a una planicie inclinada con topografía de glacis, que se extiende al pie de sistemas montañosos y escarpes de altiplanicies, y que ha sido formada por la sedimentación de las corrientes de agua que emergen de los terrenos más elevados hacia las zonas más bajas y abiertas.

Subunidad de piedemonte proluvial o aluviotorrencial (P-pral): Esta unidad se encuentra asociada a planicies entre inclinadas a ligeramente inclinadas y extendidas, al pie de los sistemas montañosos o estribaciones, formadas por la acumulación de sedimentos acarreados por corrientes de agua estacionales, de carácter excepcional, relacionadas a lluvias ocasionales y muy excepcionales. Las pendientes son suaves a moderadas variando en muchos casos con valores menor a 5°. Esta característica, además de la naturaleza de los materiales que la conforman, las hace susceptibles a remoción por flujos de detritos, erosión fluvial en las márgenes de quebradas. Además, están sujetas a la ocurrencia de eventos que se dan en los sectores circundantes, principalmente de las cuencas superiores.

Esta unidad es susceptible a remoción por flujo de detritos y por erosión fluvial en las márgenes de las quebradas; sus materiales pueden ser arrancados y transportados por las corrientes de ríos principales en los cuales confluyen.

Abanico proluvial (A-pr): son depósitos de flujos de detritos canalizados, acumulados en forma de abanicos y ubicados en la parte final o desembocadura de una quebrada, valle glaciar o curso fluvial (generalmente de régimen torrencioso, estacional o excepcional) al río principal. Sus principales exposiciones se encuentran en ambas márgenes del río Cañete, entre la quebrada Pampas y Chaquicocha (fotografía 11). Por su origen están asociados a eventos no regulares posiblemente ligado a eventos climáticos excepcionales como ocurrencias de ciclos del Fenómeno de El Niño y/o detonados por lluvias excepcionales de gran intensidad.

Puede mostrar evidencias de cierre (represamiento) de valle total o parcial y/o desviaciones de cursos fluviales, controlando su morfología actual. Debido a que su origen está dado por eventos individuales de diferente magnitud, mostrando áreas de depósito de regular extensión, altura variable, así como ligera pendiente hacia el valle, confundándose en algunos casos con terrazas aluviales.



Fotografía 11. Abanico proluvial formado en la desembocadura de la quebrada Pampas hacia el río Cañete, sobre el cual se utiliza como terrenos de cultivo.

Unidad de vertiente

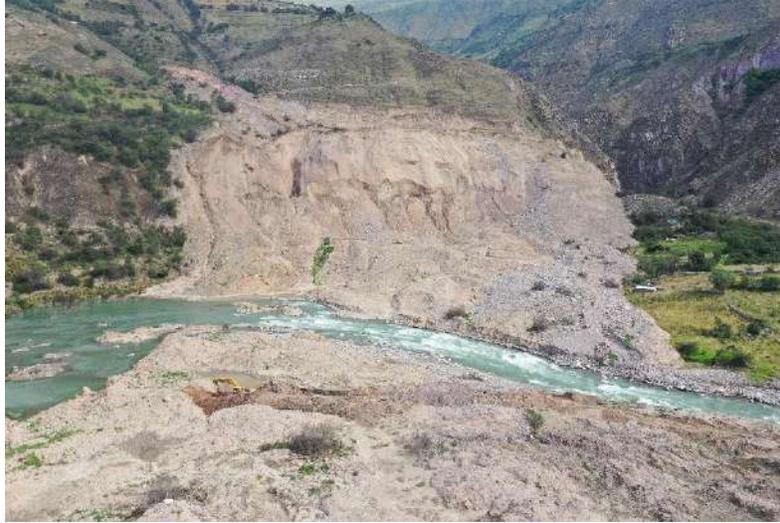
Vertiente coluvial (V-c): son depósitos inconsolidados (bloques rocosos heterométricos y de naturaleza litológica homogénea) acumulados al pie de taludes escarpados, en forma de conos de edad reciente. Los bloques angulosos más gruesos se depositan en la base y los tamaños menores disminuyen gradualmente hacia el ápice. Carecen de relleno, son sueltos sin cohesión, conforman taludes de reposo poco estables.

Vertiente coluviodeluvial (V-cd): acomodados al pie de acantilados, escarpes y laderas muy empinadas, con escasa o nula presencia de suelos y vegetación, por la acumulación de fragmentos de roca de variado tamaño (gravas a bloques), tiene un ángulo de reposo de 35° aproximadamente; por otro lado, cuando los fragmentos presentan tamaños variados, estos se disponen en un patrón selectivo, con los bloques de mayor tamaño hacia la base debido a su mayor momento y a su facilidad para rodar, y los fragmentos más pequeños se ubican hacia el ápice del depósito. Estos fragmentos, deprendidos de los escarpes se desplazan en caída libre o rodando cuesta abajo, van formando aglomeraciones de bloques sueltos que adoptan una forma semicónica, por lo cual se les denomina conos, cuando se presentan como un depósito único y talud de detritos cuando hay varios conos acomodados de forma sucesiva. Removidos también por agua de lluvia (fotografía 12). Estos depósitos se consideran inestables ya que no existe cohesión entre sus fragmentos; por ellos es fácil que un sobrepeso (caída de nuevos bloques) produzca deslizamiento de parte de los materiales. Cuando el talud o vertiente de detritos es relativamente antiguo y el clima es propicio, se puede desarrollar suelo y cobertura vegetal estabilizadora (Villota, 2005).



Fotografía 12. Vertiente coluviodeluvial en ladera del cerro Cariache Punta, margen izquierda de la quebrada Pampas

Vertiente con depósito de deslizamiento (V-dd): Corresponde a las acumulaciones de ladera originadas por procesos de movimientos en masa antiguos y recientes, que pueden ser del tipo deslizamientos, derrumbes, avalancha de rocas y/o movimientos complejos. Los paisajes originados por estos procesos gravitacionales varían desde pequeñas a grandes dimensiones, probablemente detonados por lluvias excepcionales o asociados a eventos sísmicos importantes. Generalmente su composición litológica es homogénea, con materiales inconsolidados a ligeramente consolidados, son depósitos de corto a mediano recorrido relacionados a las laderas superiores de los valles. Su morfología es usualmente convexa y con disposición semicircular a elongada en relación a la zona de arranque o despegue del movimiento en masa. Geodinámicamente se asocia a reactivaciones en los materiales depositados por los movimientos en masa antiguos, así como por nuevos aportes de material provenientes de la actividad retrogresiva de eventos activos (fotografía 13).



Fotografía 13. Depósito de deslizamiento reciente en ladera del cerro Ucupampa, margen izquierda del río Cañete.

Vertiente glaciofluvial (V-gfl): constituido por depósitos de sedimentos o clastos de origen glaciar, generalmente es similar a la sedimentación fluvial con excepción de las zonas en contacto con la masa glaciar, debido a la viscosidad del agua, entre otros. Generalmente son depósitos en zonas distales producto del transporte por las aguas del deshielo. Su distribución está restringida a altitudes superiores 4 860 m s.n.m.

La pendiente de estas acumulaciones es normalmente suave a moderada, generando superficies plano-onduladas a levemente inclinadas.

Unidad de planicie

Son superficies que no presentan un claro direccionamiento, ya sea que provienen de la denudación de antiguas llanuras agradacionales o del aplanamiento diferencial de anteriores cordilleras, determinado por una acción prolongada de los procesos denudacionales.

Planicie inundable (PL-i): son superficies bajas, con pendientes suaves adyacentes a los fondos de valles principales y el mismo curso fluvial, sujetas a inundaciones recurrentes, ya sean estacionales o excepcionales en máximas avenidas, provocando que, en los terrenos aledaños al cauce del río Cañete, al divagar a través del tiempo, se forman cauces abandonados. Morfológicamente se distinguen como terrenos planos compuesto de material no consolidado, removible.

La escala de mapeo permite diferenciar algunos sectores y en especial del valle que corresponden a la llanura de inundación, limitada por terrazas bajas del río Cañete (Fotografía 14). El ancho promedio de cauce es de 15 a 60 m.



Fotografía 14. Llanura o planicie inundables y terrazas bajas en margen izquierda del río Cañete, altura del km 128.

Unidad de terraza

Terraza aluvial (T-a): Planicies adyacentes diferenciables de la llanura de inundación principal, con altura relativamente marcada; con frecuencia, acompañan el curso del valle por varios kilómetros y se encuentran más altas que el fondo del valle. Constituido principalmente por cantos rodados, grava y arena, en capas horizontales, corresponde a una antigua planicie de inundación levantada por movimientos tectónicos o la erosión de antiguos fondos de valles. Sobre estos terrenos se desarrollan extensas zonas de cultivo y redes viales. Están sujetos normalmente a erosión fluvial en ambas márgenes del río Cañete.

Terraza baja aluvial (TB-a): Terrenos de cultivos se encuentran asentados sobre terrazas aluviales bajas (menores a 3 m de altura). En épocas de crecida excepcional el río Cañete incrementa su caudal, generando desbordes e inundaciones sobre parte de las terrazas en mención (fotografía 15).



Fotografía 15. Terraza baja en la margen izquierda del río Cañete

Cauce de río (R): Dentro de esta unidad se reúne a todos los cuerpos de agua de origen natural (ríos y lagunas) y artificial (represamientos), los cuales tienen dimensiones representables a la escala de trabajo. Como ejemplos se tiene a la laguna Huancarcocha, el río Cañete, quebrada Pampas, entre otras (fotografía 16).



Fotografía 16. Cauce del río Cañete en el sector Puente Auco

Otras geoformas

Terraza antrópica (T-at): Se indican aquellos fenómenos que modifican o alteran de forma importante el desarrollo o manifestación de algunos de los procesos naturales (movimientos de ladera, erosión, inundaciones, procesos de sedimentación asociada, etc.) (Martín-Serrano et al., 2004), así como también aquellos que modifican el paisaje de forma drástica.

Cárcava (CR): proceso intenso de erosión hídrica causado por escurrimiento superficial concentrado, capaz de remover material de suelo hasta profundidades considerables. La intensidad y la amplitud de la formación de cárcavas guardan una íntima relación con la cantidad de agua de escurrimiento y su velocidad; además están reguladas por las características de los suelos (permeabilidad, cohesión), del relieve, del clima y de la cobertura vegetal protectora. (Villota, 2005).

Este tipo de erosión ocurre cuando el escurrimiento superficial en un declive aumenta en volumen o velocidad, lo suficiente para ocasionar entalladuras profundas en laderas de los cerros Chuapicorral, Ucupampa, Cruz Punta, entre otros.

De este modo las cárcavas pueden tener dimensiones muy variadas, desde estrechas y poco profundas (menos de un metro), hasta muy amplias y de varios metros de profundidad (30 x 15 m y mayores aún).

Bad Lands (BL): Un patrón intenso de cárcavas, surcos y cárcavas de erosión en láminas, que inhabilitan un terreno para cualquier explotación agropecuaria y que le comunican al paisaje un aspecto desolador, recibe el nombre de bad lands.

El paisaje que configuran los modelados de badlands es generalmente considerado como la más genuina representación de un sistema morfológico desértico, y la erosión en cárcavas que le acompaña es una forma culminante de los procesos de erosión hídrica de los suelos (fotografías 17 y 18).



Fotografía 17. Paisaje modelado por badlands en sector San Lorenzo de Putinza. Fuente: Google Earth



Fotografía 18. Sector de Casinta, proceso de erosión de ladera.

Valle de Represamiento (VR): Relleno aluvio-lacustre originada por represamiento de un valle. Destaca el valle aguas arriba de Puente Auco posiblemente represado por un abanico proluvial antiguo de la quebrada Pampas. Recientemente el deslizamiento de Huanchica-Quircanchi represó el río Cañete por dos horas el 03 de febrero de 2024. Fotografía 19.



Fotografía 19. El deslizamiento Huanchica-Quircanchi represó por dos horas el río Cañete el 03 de febrero de 2024.

5. PELIGROS GEOLÓGICOS

Los principales peligros geológicos identificados entre el sector de Huanchica, corresponden a deslizamientos y flujos de detritos (Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas, 2007), como también se aprecian procesos de erosiones de ladera. Estos procesos son resultado del modelamiento del terreno, condicionado por afloramientos de rocas incompetentes, sedimentos poco consolidados y susceptibles a la generación de movimientos en masa (Anexo 1: Mapa 4).

5.1 Peligros geológicos por movimientos en masa

5.1.1 Deslizamiento sector Huanchirca- Quircanchi- Bellavista

Deslizamiento rotacional antiguo, reactivado, tiene forma alargada, en su cuerpo se presentan procesos de erosiones de ladera (figura 5) y presenta las siguientes dimensiones:

- Escarpe principal de forma semicircular con longitud de 1500 m, salto erosionado, no es posible obtener su dato.
- La distancia del escarpe al pie del deslizamiento tiene una longitud de 1550 m.
- Ancho promedio del cuerpo del deslizamiento 680 m.
- Hacia el lado derecho, presenta un escarpe lateral pronunciado con una longitud de 1100 m, su salto no se encuentra muy definido.

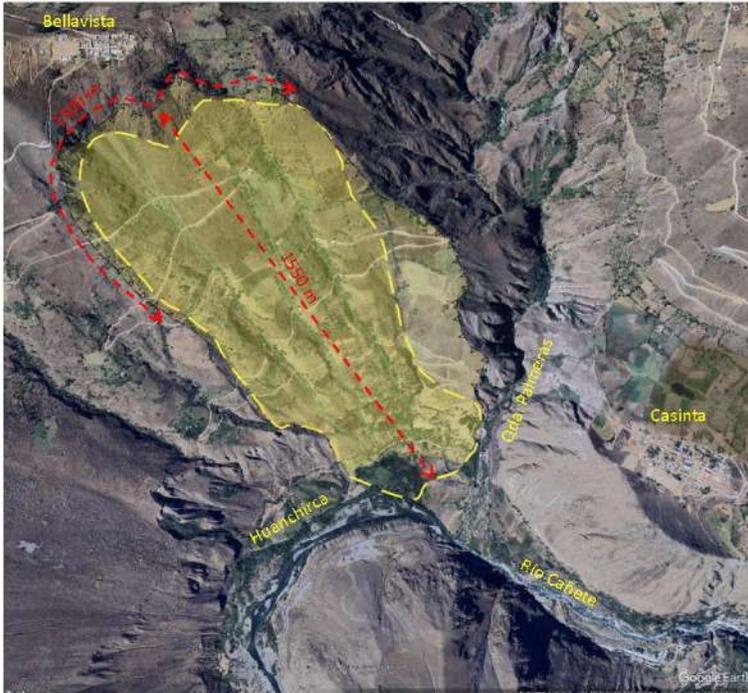


Figura 5, Se aprecia el deslizamiento antiguo (Línea amarilla) con procesos de erosiones de ladera (líneas verdes), es probable que haya represado al río Cañete.

Es muy probable que este deslizamiento, represó al río Cañete, como prueba de ello tenemos la terraza amplia que se encuentra aguas arriba, que concuerda con la parte del represamiento que se ha generado actualmente.

5.1.2 Deslizamiento del sector de Casinta

Deslizamiento antiguo rotacional, tiene forma cónica, de escarpe único, en el frente del cuerpo del deslizamiento se presentan procesos de derrumbes, deslizamientos, erosiones de ladera (figura 6), con pendiente mayor de 45°.

Este deslizamiento cuando se generó, ha tenido que represar al río Cañete, probablemente en un tramo de 1400 m.

El deslizamiento presenta las siguientes dimensiones:

- Escarpe único con longitud de 1500 m.
- Altura del escarpe principal 400 m, sobre ello se cicatrices de deslizamientos antiguos y procesos de erosiones de ladera.
- En la pared del escarpe del deslizamiento, se tienen reactivaciones en forma de deslizamientos, no es posible determinar hasta donde se prolongaron (pie del deslizamiento) por estar la zona antropizado (presencia de terrenos de cultivos).
- Se aprecian procesos de erosiones de ladera en el escarpe principal.
- El frente del cuerpo del deslizamiento, en lado izquierdo, presenta dos procesos de reactivaciones como deslizamientos con escarpes de longitudes entre 200 y 500 m.
- En el frente del cuerpo del deslizamiento, es de forma ovalada presenta una longitud de hasta 400 m, con pendiente promedio de 45°, se presentan procesos de derrumbes (figura 6). En forma

- general la superficie del cuerpo del deslizamiento se encuentra basculado por efecto del movimiento del evento. En sectores presenta procesos de erosiones ladera
- En la superficie del cuerpo del deslizamiento se tienen bloques esparcidos con dimensiones de hasta 1 m, el frente deslizamiento se encuentra erosionado (fotografía 20).

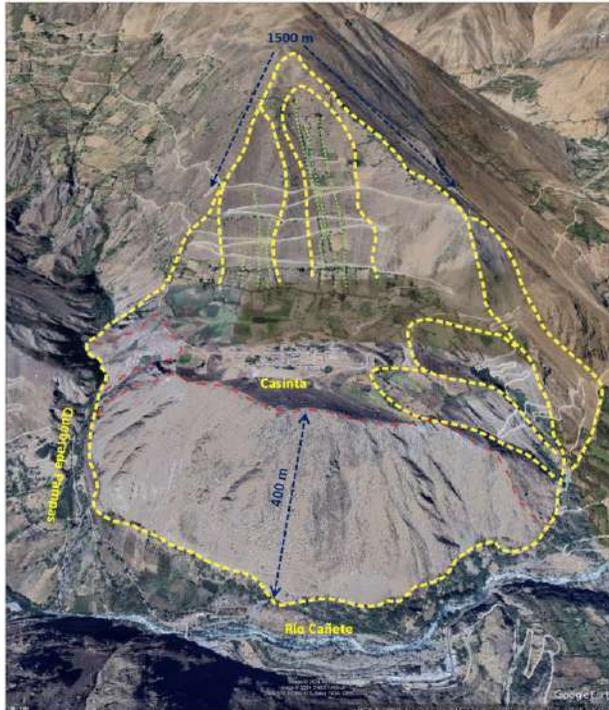
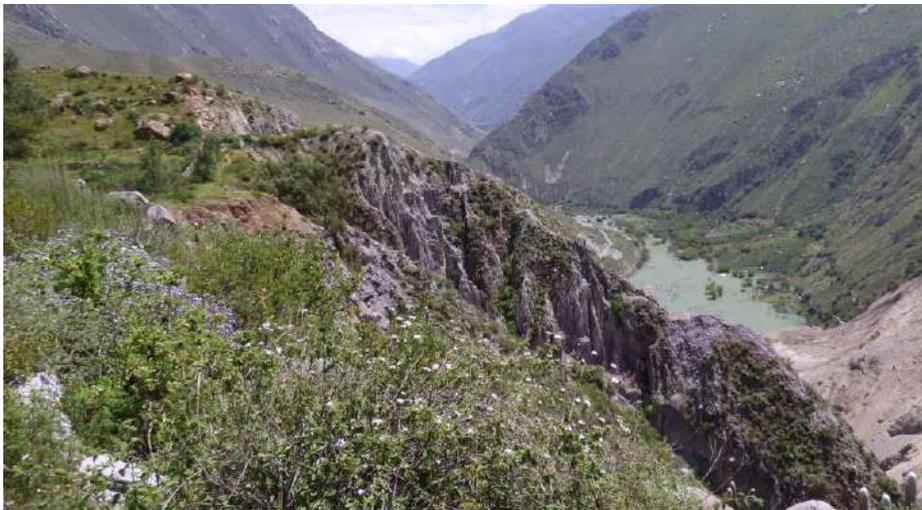


Figura 6. Se aprecia el deslizamiento antiguo (línea amarilla), sobre el cual asentado el poblado de Casinta. Se aprecian otras reactivaciones en la escarpa y cuerpo del deslizamiento (líneas amarillas). Además, al pie del deslizamiento se parecía derrumbes (líneas rojas).



Fotografía 20. Frente del deslizamiento de Casinta, se muestra la ladera erosionada, en la superficie del terreno se aprecian bloques esporádicos de formas subangulosas (tamaños hasta de 1 m).

5.1.2 Flujo de detritos quebrada Pampas

Sobre la quebrada Pampas, se tienen procesos de flujos de detritos antiguos y recientes, que se han dado en el tiempo. Los más antiguos han llegado a represar al río Cañete, prueba de ello es la migración del río hacia la margen derecha, donde hay un estrechamiento del cauce.

El depósito antiguo proveniente del flujo de detritos generó, en la desembocadura de la quebrada generó un abanico con longitud de 1150 m, la distancia del ápice de la desembocadura al río Cañete es 430 m (figura 7).

Actualmente el abanico generado por los depósitos provenientes de los flujos de detritos de la quebrada Pampas está ocupado por terrenos de cultivo, como también se aprecian algunas viviendas que se encuentran en la margen derecha.

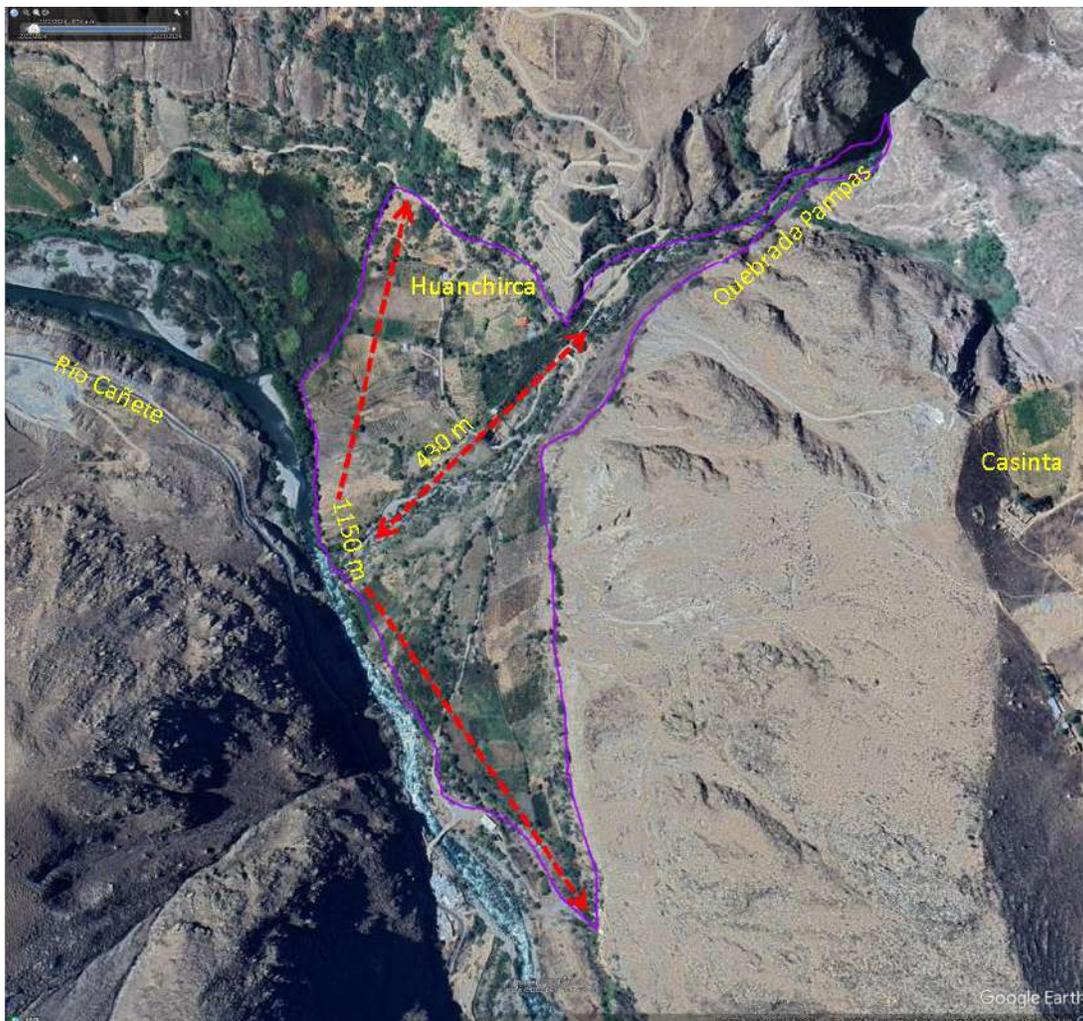


Figura 7. Se aprecia flujos de detritos y sus dimensiones de su cuerpo.

5.1.3 Reactivación del deslizamiento Huanchirca-Quiricanchi-Miraflores

La reactivación del deslizamiento es de tipo rotacional, fue el 03 de febrero del 2024, después de intensas lluvias que se produjeron días anteriores.

Características del movimiento reciente

Según comentan los lugareños del sector, los movimientos del deslizamiento se originaron en dos fases principales.

- Derrumbe, con una línea de arranque con longitud de 300 m, el evento llegó a represar en río Cañete (figura 8). Este proceso se dio en la tarde del día 03 de febrero.
 - Deslizamiento en sí, tiene un escarpe con longitud de 480 m. y un salto que comprende entre 15 a 20 m., tiene una inclinación de 50° , este se originó en la noche del 03 de febrero.
- Los movimientos tienen dirección Norte.

Estos eventos llegaron a represar al río Cañete (figura 8).



Figura 8. Se muestra el escarpe principal del deslizamiento (1) y la zona de arranque del derrumbe (2).

Descripción del cuerpo del deslizamiento reciente

Para una mejor descripción del cuerpo del deslizamiento se realizará una para la parte superior y otra para el frente donde se generó el primero movimiento (derrumbe)

A) Parte llana:

El terreno tiene pendiente menor de 5° , se encuentra basculado (figura 9), por el movimiento del deslizamiento, se muestra muy disturbado con agrietamientos que muestran saltos hasta de 1 m (figura 10), con aperturas hasta de 80 cm, con profundidades visibles hasta de 1.5 m y longitudes comprendidas entre 5 m hasta de 50 m. En la superficie del terreno se observó bloques de hasta 2 m de diámetro (figura 10).



Figura 9. Se muestra el basculamiento del terreno y los agrietamientos del terreno.



Fotografía 10. Se observa el terreno con pendiente baja, disturbado, con agrietamientos.



Figura 11. Muestra un bloque suelto, removido por el actual deslizamiento, se encuentra al filo del talud del derrumbe puede ceder en cualquier momento ante un lluvia o movimiento sísmico.

La superficie presenta una longitud máxima de 350 m, ancho máximo de 130 m, con una altura de 60 m. En la superficie del cuerpo del deslizamiento, cercano al escarpe se tienen un empozamiento de agua (Figura 12), producto del discurrir de una quebrada insipiente, que vierte el agua hacia la zona basculada.



Figura 12. Se aprecia el empozamiento de agua, por el lado derecho del cuerpo del deslizamiento y cercano al escarpe.

B) Parte escarpada:

En la parte del frente se apreció, movimientos en masa de menores dimensiones, como deslizamientos-flujos, erosiones de ladera y derrumbes (figura 13). Lo cual muestra la inestabilidad del frente del cuerpo del deslizamiento. En el momento de la inspección, el frente del escarpe dejado por el derrumbe, se observó filtraciones de agua (figura 14), lo cual muestra que el cuerpo del deslizamiento antiguo estaba saturado. Lo cual incrementó la inestabilidad del terreno.

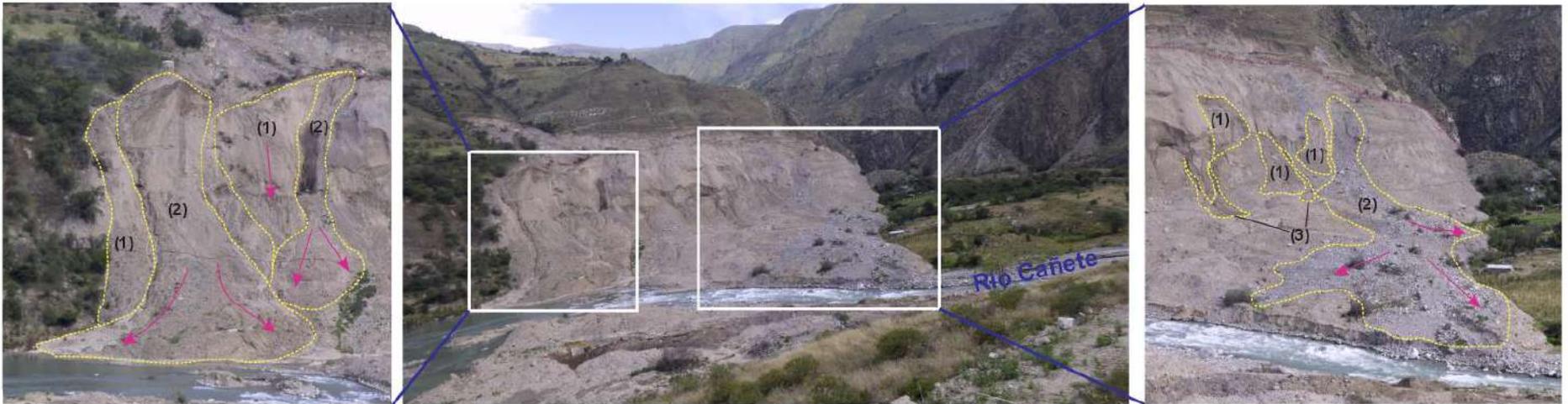


Figura 13. Muestra los diferentes eventos por movimiento en masa que se encuentran en el frente del cuerpo del deslizamiento:

- (1) Derrumbe-flujo
- (2) Derrumbe
- (3) Flujos de detritos insipientes



Figura 14. Muestra las filtraciones de agua que ha tenido el terreno en el momento de la inspección

C) Parte del represamiento

El represamiento en el río Cañete, que originó el evento del 03 de febrero del 2024, duró aproximadamente 2 horas. El desembalse fue en forma natural.

Antes de generarse el represamiento, el cauce del río Cañete se encontraba apegado hacia la margen derecha. Después del desembalse, el río cruza su parte media (figura 15). Esto se ha formado porque en la margen izquierda se encontraba un cauce antiguo del río Cañete, es decir el río retoma un antiguo cauce.

El represamiento en febrero, tuvo un área de 5.7 ha. La superficie del terreno es suave con pendiente general menor a 5°, con ciertas ondulaciones las cuales no llegan tener más de 2 m. Se apreció también acumulaciones de agua, producto de filtraciones que provienen del río Cañete, como también se parecían entrapamientos de agua de río, producto del mismo movimiento del terreno (fotografías 21 y 22).

El material que lo conforma predominantemente es grava, bloques con tamaños comprendidos principalmente entre 15 a 20 cm, como también se observó hasta de 50 cm. son de formas angulosas a subangulosas, envueltos en una matriz limo-arenosa.

El run up, en la margen derecha llegó hasta una altura de 5 m. el espesor del represamiento es variable desde 3 m a 10 m. El espesor del depósito que llegó a represar al río, varía entre 5 a 10 m. La laguna del represamiento llegó a tener un área de 5.7 ha, con una longitud máxima de 690 m y un ancho máximo de 135 m.



Figura 15. Muestra las variaciones que ha tenido el cauce del río a raíz del embalse. Imagen derecha: Extraída del Google Earth (diciembre 2023). Imagen Izquierda: Obtenida con levantamiento fotogramétrico en abril 2024.



Fotografía 21. Vista del sector del represamiento del río Cañete, al frente se aprecia el sector deslizado.



Fotografía 22. Muestra los entrampamientos de agua que se generaron durante el represamiento (febrero 2024),

Causas del deslizamiento

- Deslizamiento antiguo, conformado por bloques, gravas en matriz limo arenosa (figura 16), que es de fácil remoción
- El material que no conforma el cuerpo del deslizamiento, permite la acumulación y retención del agua en el cuerpo del deslizamiento (Figura 16) en el momento de la evaluación, 23 febrero 2024, se apreció en la cara del escarpe secundario filtraciones de agua (figura 14).
- La pendiente del terreno, que permite que el material inestable de la ladera se desplace cuesta abajo fácilmente (figura 17).
- Construcción de la vía Huanchica-Miraflores, se tienen corte de talud que desestabilizaron el cuerpo del deslizamiento antiguo. La vía no cuenta con cunetas de drenaje.

La conjunción de estos elementos más las precipitaciones pluviales que se originaron a fines de enero y la primera semana de febrero.



Figura 16. Muestra el material removido del deslizamiento antiguo de fácil reomoción. Se apercian, bloques de formas subredondeadas y subangulosas (Marcados con líneas naranjas)



Figura 17. Muestra la pendiente que tiene el deslizamiento. Además, se observa material suelto.

5.1.4 Deslizamiento de la margen derecha en la quebrada Pampas

Este evento se produjo el 03 de febrero del 2024, después de intensas lluvias que se produjeron días anteriores que se originaron en el sector.

El sector, sobre la línea de donde se iniciaban los derrumbes y flujos de detritos (figura 18), en la parte posterior de línea mencionada se presentaban agrietamientos en la parte posterior.



Figura 18. Se muestra los agrietamientos del terreno (imagen del Google Earth agosto 2023). Línea amarilla los agrietamientos del terreno. Línea roja, línea de la zona inestable (antes de febrero 2024), muestra donde se inician derrumbes y flujos.

Se hace una comparación de las imágenes del agosto 2023 y las tomadas con dron en abril 2024, se aprecia un cambio notorio en la ladera, margen derecha de la quebrada Pampas, donde el deslizamiento que se ha generado ha cubierto y modificado la ladera (figura 19), donde parte del material llegó hasta el cauce de la quebrada mencionada.



Figura 19. Comparación de la imagen del Google Earth (agosto 2023) e imagen con dron (abril 2024). Se muestran los eventos de cada tiempo.

Características del movimiento reciente

Según comentan los lugareños del sector, este deslizamiento se dio el 03 de febrero en horas de tarde, se originó conjuntamente con el derrumbe que ocasionó el represamiento del río Cañete.

Se tiene lo siguiente:

- Deslizamiento de tipo rotacional (figura 20).
- Avance retrogresivo, porque se tiene agrietamientos en la parte posterior del escarpe principal.
- Longitud del escarpe principal: 226 m.
- Altura del escarpe: 10 a 20 m.
- Cuerpo del deslizamiento está conformado por gravas, bloques menores a 20 cm en promedio y erráticamente se tienen mayores a 80 cm, son de formas subangulosas a subredondeado (fotografía 23). Se encuentra completamente disturbado, es decir con múltiples agrietamientos y aperturas, con longitudes variables entre 20 a 50 m, con aperturas entre 10 a 30 cm.



Figura 20. Se aprecia el escarpe de la reactivación del deslizamiento.



Fotografía 23. Se aprecia terreno agrietado, completamente disturbado (parte superior del deslizamiento)

El deslizamiento llegó a migrar ligeramente al cauce de la quebrada Pampas hacia la margen izquierda, por lo cual su poder erosivo aumentó aguas abajo lo que ocasionó una erosión de la vía hacia Bellavista en un tramo de 5 m. (fotografía 24).



Fotografía 24. Muestra el tramo erosionado por la quebrada Pampas.

Causas:

- Roca volcánica-sedimentaria mediamente a altamente meteorizada y moderadamente fracturada.
- Fracturamiento abierto de la roca que permite la infiltración de agua por las fracturas
- Construcción de la vía Huanchica-Miraflores, se tienen corte de talud que desestabilizaron el cuerpo del deslizamiento antiguo. Vía sin cunetas de drenaje, lo cual permite la infiltración del agua hacia el cuerpo del deslizamiento.

El factor detonante fueron las precipitaciones pluviales que se dieron a fines de enero y los primeros días de febrero del 2024.

5.1.5 Flujo de detritos del sector Huayo

El sector de Huayo se encuentra ubicado en la margen izquierda del río Cañete, y en la margen derecha de la quebrada Huayo, en su desembocadura (figura 21, fotografía 25)

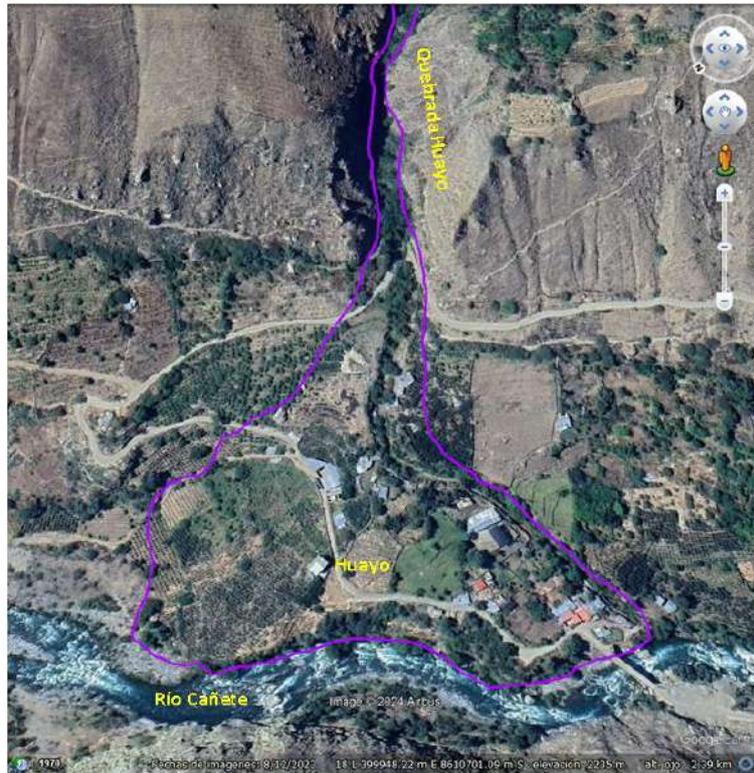


Figura 21. Muestra el sector Huayo, se encuentra en la desembocadura de la quebrada del mismo nombre.



Figura 22. Muestra las viviendas del sector de Huayo, ubicada en la margen derecha y desembocadura de la Quebrada del mismo nombre.



Fotografía 25. Se aprecian la desembocadura de la quebrada Huayo hacia el río Cañete.

a) Descripción de los eventos antiguos en la quebrada Huayo

Esta quebrada es dinámica, se tiene evidencia de varios eventos que han ocurrido en el pasado. Uno de los cuales formo un abanico en la desembocadura de la quebrada (figura 23).

La distancia del ápice al límite con el río Cañete es 325 m. y el ancho máximo del cono de 315 m. (figura 23). El ancho del cauce de la quebrada comprende en 5 a 8 m.



Figura 23. Dimensiones que tiene el abanico de la quebrada Huayo.

Esta quebrada se activó en febrero del 2024, después del represamiento que se originó en el sector de Huanchica. Según manifiestan los lugareños, esta quebrada se activado después de 20 años.

La quebrada, es cerrada, en la parte baja a media de su subcuenca, el cauce tiene alturas entre 3 a 10 m, y ancho que varía entre 5 a 10 m. Las márgenes del cauce de la quebrada contienen materiales de depósitos antiguos, conformados por bloques con tamaños de diámetros hasta de 2 m (fotografía 26), de formas subredondeadas a subangulosos, en la parte inferior de la quebrada, los bloques entre 15 a 20 cm, con grava en una matriz limo-arcillosa (fotografías 27 y 28).

En la parte media de la quebrada, en su cauce se apreció bloques con tamaños hasta de 2 m, predominado los de 30 a 50cm, son de formas subredondeados a subangulosas, contiene también gravas, la matriz no se aprecia por estar lavado por el fluido que pasa por la quebrada (fotografía 29). Para que tengan los materiales las formas mencionadas, quiere decir que estos elementos han un cierto recorrido, porque ha labrado sus aristas.

En evento que ocurrió en febrero del 2024, se evidencio que el flujo llego a tener una altura hasta de 2.20 m lo cual esta evidenciado por las marcas de lodo que ha dejado por el evento sobre las paredes de las viviendas que se ubican al borde del cauce actual de la quebrada (fotografía 30).



Fotografía 26. Margen derecha de la quebrada Huayo, se aprecia un bloque de 2 m de diámetro, proveniente de un antiguo flujo de detritos.



Fotografía 27. Se aprecia los bloques, gravas en matriz limo-arenosa.



Fotografía 28. Margen izquierda de la quebrada, se aprecia bloques y gravas en matriz limo-arenosa, provenientes de antiguos flujos de detritos.



Fotografía 29. Parte media de la quebrada, se aprecia el material transportado por el flujo de detritos de febrero 2014, actualmente su matriz fue lavada por el flujo de agua que discurre por la quebrada.



Fotografía 30. Se aprecia la altura que lleno el flujo de detritos de febrero 2024.

Causas del flujo de detritos

- Material suelto en el cauce de la quebrada, que es fácil erosión
- Pendiente del cauce de la quebrada, en la parte media-alta llega a mayor de 10° , lo que permite que el flujo tenga mayor velocidad de desplazamiento y por ende un mayor poder erosivo-destructivo.
- Movimientos en masa en la parte media y superior, que alimentan con material suelto al cauce de la quebrada.

Factores detonantes

- Lluvias intensas o extraordinarias, que permiten la saturación de las laderas y el transporte de material suelto hacia el cauce de la quebrada. Con ello se genera el flujo de detritos.

5.1.6 Erosión de laderas sector Cuchipampa

El sector de Cuchipampa, tramo de carretera, que es afectado por procesos de erosiones de ladera, se aprecia cárcavas que tiene un ancho de hasta 10 m y profundidad hasta de 10 m (fotografía 31).

Este evento es recurrente, se aprecia la vía antigua que fue destruida (fotografía 30), por lo cual se realizó el nuevo trazo. En febrero 2024, en el momento de la inspección, la vía se encontraba interrumpida (fotografías 32 y 33).

El material que conforma el depósito proveniente del flujo de detritos, proveniente de erosión de laderas, está conformado por bloques menores a 50 cm, son de formas angulosas a muy angulosas, con escasa grava y matriz. Son de fácil remoción (fotografía 34).

Alrededor del área, se apreció varios procesos de erosión de ladera, que están afectando a la vía (fotografía 35).

Causas:

- Depósitos coluvio-deluviales, provenientes de antiguos movimientos en masa, constituidos por gravas con algunos bloques en matriz limo arcillosa que es de fácil erosión. Se encuentran moderadamente densos.
- Pendiente del terreno, mayor de 15°.

El factor desencadenante fueron las precipitaciones pluviales que se presentaron en el mes de enero y febrero.



Fotografía 31. Se aprecia el ancho y profundidad del proceso de erosión de ladera.



Fotografía 32. Vía antigua destruida por los procesos de erosión de ladera.



Fotografía 33. Vía afectada por un flujo de detritos, proveniente de procesos de erosiones de ladera.



Fotografía 34. Se aprecia los bloques transportados por el flujo de detritos, constituidos por bloques angulosos a muy angulosos y escasas grava.



Fotografía 35. Se aprecia la vía antigua afectada por procesos de erosiones de ladera.

6. CONCLUSIONES

En base al trabajo de campo y la evaluación de los peligros geológicos que afectan los sectores Huanchirca-Quircanchi, Huayo y Cuchipampa, se emiten las siguientes conclusiones:

- a) Las unidades geológicas que afloran en la zona de estudio son de origen volcánico-sedimentario de la Formación Tantarà, conformado por tobas expuestas en las partes altas de ambos márgenes del río Cañete, entre los Huanchica, Quircanchi y en los alrededores de los centros poblados de Bellavista, Casinta, entre otros, medianamente a muy fracturadas y altamente meteorizadas, de características geomecánicas de regular a mala calidad. En el sector Oyunco-Colonia (Pampas) camino a la laguna Huancarcocha, se registran facies volcánico-sedimentarias conformadas de arenisca y limolitas, donde se genera erosión de laderas. Se presenta también en la zona cuerpos intrusivos del Batolitos de la Costa en el sector Huayo. En su gran mayoría estos afloramientos se encuentran con una cobertura superficial cuaternaria conformada por depósitos coluviales, proluviales, deluviales, coluvio-deluvial aluvial y fluvial.
- b) Geomorfológicamente, las viviendas de Huanchica y Huayo se encuentran sobre piedemontes proluviodeluvial o aluviotorrenciales, terraza aluvial formados por las quebradas Pampas y Huañique, con pendientes que varían entre 0°-15°. En laderas con relieve de montaña en roca volcánico-sedimentaria e intrusiva de muy fuerte (25° a 45°) y muy escarpada (>45°), se generan intensa erosión en cárcavas que en época de lluvias intensas generan huaicos que discurren a través de ella afectando la carretera Pampas-Laguna Huancarcocha.
- c) El sector Huayo se encuentra afectado por peligros geológicos de tipo flujo de detritos, detonados por lluvias intensas y/o excepcionales en la parte alta de la quebrada. La ocupación urbana no planificada contribuye a la exposición de la población ante estos peligros. El sector Huanchica-Quircanchi, se encuentra afectado por deslizamiento rotacional, derrumbes y erosión en cárcava. En este último se genera flujos de detritos que afecta la carretera Pampas-Laguna Huancarcocha, sector Cuchipampa.
- d) Los factores que favorecen la inestabilidad de la ladera son: El material inconsolidado adosado en las laderas de montañas (depósito coluviodeluvial, con depósito de deslizamiento), la pendiente mayor a 45°, presencia de manantiales y rocas fracturadas y meteorizadas. También la actividad antrópica como el riego que incrementa las posibilidades de que se produzcan inestabilidades de las laderas del cerro Ucupampa.
- e) El deslizamiento Huanchica-Quircanchi, se activó el 03 febrero 2024 y represó el río Cañete. Este represamiento duró solamente dos horas. En el momento de la inspección se apreció que aún sigue parte de la laguna.
- f) Por las condiciones geológicas-geodinámicas, el sector Huanchica-Quircanchi es considerado de **alto peligro** por deslizamiento rotacional ante lluvias intensas o sismo. El sector Huayo es considerado de **alto peligro** por flujo de detritos ante presencia de lluvias intensas y/o excepcionales. Y el sector Cuchipampa es considerado de **medio peligro** por erosión en cárcavas ante presencia de lluvias intensas.

7. RECOMENDACIONES

Las recomendaciones que a continuación se brindan tienen por finalidad mitigar el impacto de los peligros geológicos en las zonas evaluadas. Así mismo, la implementación de dichas recomendaciones permitirá darle mayor seguridad a la población e infraestructura y medios de vida expuesta a los peligros geológicos previamente identificados:

7.1. Transversales a autoridades y población

- a) Incluir los peligros geológicos identificados por el Ingemmet en los planes específicos de la gestión del riesgo de desastres de la Municipalidad distrital de Colonia.
- b) Identificar rutas de evacuación y zonas seguras ante los peligros geológicos identificados. Luego de ello, implementar simulacros de evacuación y simulaciones, con la finalidad de contar con una respuesta adecuada en momentos de emergencia.
- c) Evitar las prácticas que puedan incrementar el peligro de un lugar, como la excavación de laderas, deforestación, riego inadecuado, entre otras.
- d) Delimitar las fajas marginales en las quebradas Huañique y Pampas; y prohibir la construcción de viviendas y canales en áreas de antiguos cauces de estas quebradas.
- e) Elaborar evaluaciones de riesgo (EVAR) a detalle con el fin de determinar las medidas de control de riesgo definitivas frente a los peligros. Es necesario esta medida en sectores o poblados donde estos peligros son recurrentes y se tienen daños a infraestructura como vías, viviendas, colegios, terrenos de cultivos, entre otros.
- f) Implementar Sistemas de Alerta Temprana-SAT en coordinación con el INDECI, que permita la inmediata comunicación de situaciones de peligro a la población de Huayo.

7.2. En el sector Huanchica-Quircanchi-represamiento

Ante deslizamientos

- a) Implementar un sistema de drenaje a fin de disminuir la saturación del terreno en el cuerpo del movimiento en masa y alrededores.
- b) Construir canales de drenaje/coronación con una sección de concreto armado u otro material impermeable (como geomembranas o arcillas), a fin de evitar filtraciones, además de continuos trabajos de mantenimiento de estos.
- c) Sellar y nivelar los escarpes y agrietamientos a fin de evitar la infiltración del agua durante lluvias intensas.
- d) Reforestar las laderas con especies nativas y de raíces densas a fin de dar una mayor resistencia y cohesión a los suelos superficiales.
- e) Sustituir el sistema de riego por gravedad a otro tecnificado (goteo, aspersión).

- f) Desaguar la totalidad del agua de la laguna formada por el represamiento, puede ser mediante un canal.

Ante derrumbes

- a) Realizar la estabilización de taludes mediante la construcción de muros de contención, y mallas flexibles, barreras dinámicas, reforestación y la gestión de la escorrentía superficial.
- b) Desquinchar los bloques sueltos con medidas de control adecuadas.
- c) Implementar el sostenimiento con pernos de anclaje.
- d) Realizar el perfilado o banquetado de taludes en zonas donde se produjeron derrumbes y caídas.

Ante erosión e inundación fluvial

- a) Limpiar el cauce de la quebrada Pampas y el río Cañete en zonas de inundación fluvial, además de constante mantenimiento y reforzamiento de defensas ribereñas como medidas a corto plazo. A largo plazo, construir diques, muros de encausamiento, etc. Esto principalmente en zonas de llanura y terrazas inundables del río Cañete.
- b) Prohibir la habilitación urbana en fajas marginales de ríos y quebradas.

7.2 En el sector Huayo

Ante flujos de detritos

- a) Construir y reforzar infraestructura vial como puentes, badenes en tramos afectados por flujos como la trocha carrozable de Puente Auco-Pampas, Huayo-Cusi, principalmente en las quebradas Huañique y Pampas; estas obras deben realizarse con diseños que tengan en cuenta las máxima crecidas registradas, para que permitan el libre paso del huaico, evitándose obstrucciones y represamientos, con posteriores desembalses más violentos.
- b) Construir defensas ribereñas en el sector Huayo, y aguas abajo del río Cañete donde se comprometa la seguridad física de viviendas y carretera Lunahuaná-Huancayo.
- c) Colocar diques disipadores de energía y barras flexibles.
- d) Reforestar las laderas con especies nativas y de raíces densas a fin de dar una mayor resistencia y cohesión a los suelos superficiales.
- e) Implementar el reasentamiento de viviendas expuestas que se encuentren muy cerca del cauce de la quebrada Huañique, en zonas de riesgo no mitigable ante flujos de detritos en el sector Huayo de acuerdo a los resultados de un EVAR.

7.3. En el sector Cuchipampa y Bellavista-Quilcanchi.

Ante erosión de laderas

- a) Reforestar las laderas con especies nativas y de gran densidad de raíces.
- b) Prohibir la habilitación urbana de las proximidades.
- c) Implementar una buena gestión de aguas residuales.
- d) Construir sistemas de drenaje impermeabilizados (canales de desvío).
- e) Utilizar geosintéticos con bioingeniería de suelos y rápida de amortiguamiento con disipadores de energía, encargada de coleccionar las aguas pluviales y conducir las a través de las banquetas disipando la energía y las altas velocidades de flujo hasta el pie del talud.
- f) Construcción de diques o trinchos transversales.



Ing. GRISELDA OFELIA LUJQUE POMA
Especialista en Peligros
Geológicos
INGEMMET



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

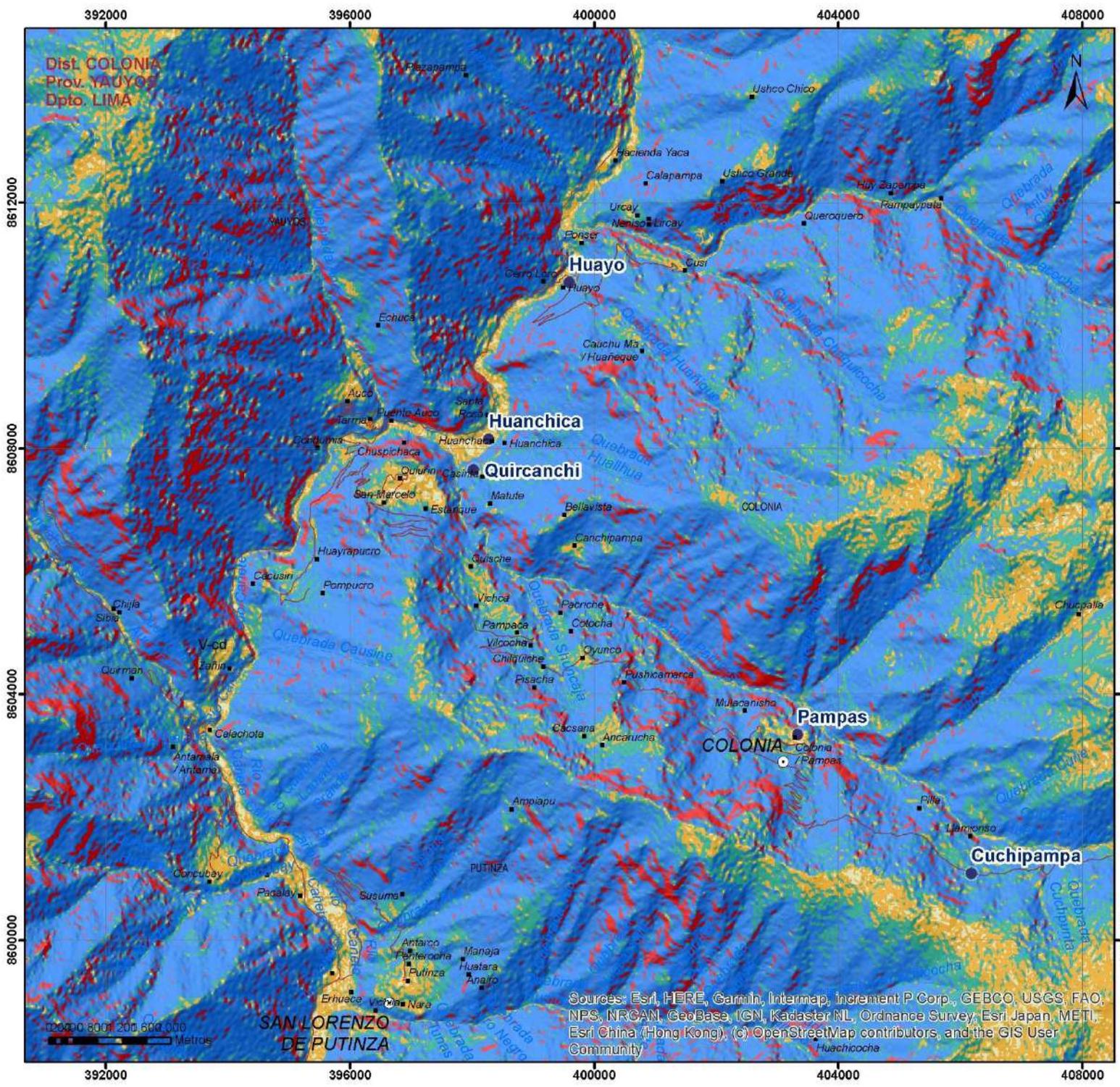


ING. JERSY MARIÑO SALAZAR
Director (e)
Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico
INGEMMET

8. BIBLIOGRAFÍA

- Guzmán, A.; Fídel, L.; Aniya, R. & Zavala, B. (1998). Estudio geotécnico de futuras áreas de expansión urbana entre Lima y Cañete. INGEMMET, Boletín Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, 20, 243 p.
- Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2017). Peligros geológicos y geohidrogeológicos detonados por el evento del Niño Costero 2017 en la región Lima y parte de Ica. INGEMMET. Boletín Serie A N°67589, 169 p.
- Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2023). Evaluación de zonas críticas por peligros geológicos ante Fenómeno El Niño 2023-2024 en el departamento de Lima. Tomo II: Lima Provincias. Lima: Ingemmet, Informe Técnico A7463, 240 p.
- Nole, M. & Otero, J. (2021) - Geología de los cuadrángulos de Tupe (26I2, 26I3, 26I4) y Conayca (26m2, 26m3). INGEMMET, Boletín, Serie L: Actualización Carta Geológica Nacional (Escala 1:50 000), 28, 78 p, 5 mapas.
- Ochoa, M.; Moreno, J.; Medina, L.; Rodríguez, R.; Fabián, C. (2017) - Peligros geológicos y geohidrogeológicos detonados por el evento del Niño Costero 2017 en la región Lima y parte de Ica. Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico – INGEMMET. Informe Técnico N°A6789, 169 páginas, 4 mapas. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/1024>
- Ochoa, M.; Núñez, S.; Moreno, J.; Gomez, H.; Medina, L.; Vilchez, M.; Rodríguez, R.; Lara, J.; Fabián, C.; Sosa, N. (2017) - Evaluación geológica de las zonas afectadas por El Niño Costero 2017 en las regiones Lima – Ica. Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico – INGEMMET. Informe Técnico N°A6768, 121 p., 4 mapas
- Salazar H.; Landa, C. (1983) – Geología de los cuadrángulos de Mala, Lunahuaná, Tupe, Conayca, Chincha, Tantarà y Castrovirreyna. Boletín, Serie A: Carta Geológica Nacional, n° 44, 96 p.
- Senamhi. (2020). Climas del Perú - Mapa de Clasificación Climática Nacional. <https://www.senamhi.gob.pe/?p=mapa-climatico-del-peru>
- Suárez Díaz, J. (1998). Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales (Ltda, Ed.; 1a ed.). Publicaciones UIS.
- Suárez Díaz, J. (2007). Deslizamientos - Técnicas de Remediación (1a ed.). Erosion.com.
- Villacorta, S.; Núñez, S.; Tatard, L.; Pari, W. & Fídel, L. (2015). Peligros geológicos en el área de Lima Metropolitana y la región Callao, INGEMMET. Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, 59, 156 p., 07mapas
- Villota, H. (2005). Geomorfología Aplicada a Levantamientos Edafológicos y Zonificación Física de Tierras (2a ed.). Instituto Geográfico Agustín Codazzi.

ANEXO 1
MAPAS



Simbología

- Capital regional
- Capital provincial
- Capital distrital
- Área en consulta
- Vía Nacional MTC
- Vía Departamental MTC
- Vía Vecinal MTC
- Río principal
- Quebrada
- ▭ Limite regional
- ▭ Océano, lagos, lagunas
- ▭ Países limítrofes
- ▭ Provincias
- ▭ Distritos

RANGO DE PENDIENTE DEL TERRENO

- 0-1° Pendiente muy baja
- 1°-5° Pendiente baja
- 5°-15° Pendiente media
- 15°-25° Pendiente fuerte
- 25°-45° Pendiente muy fuerte
- >45° Pendiente abrupta

SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
 INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

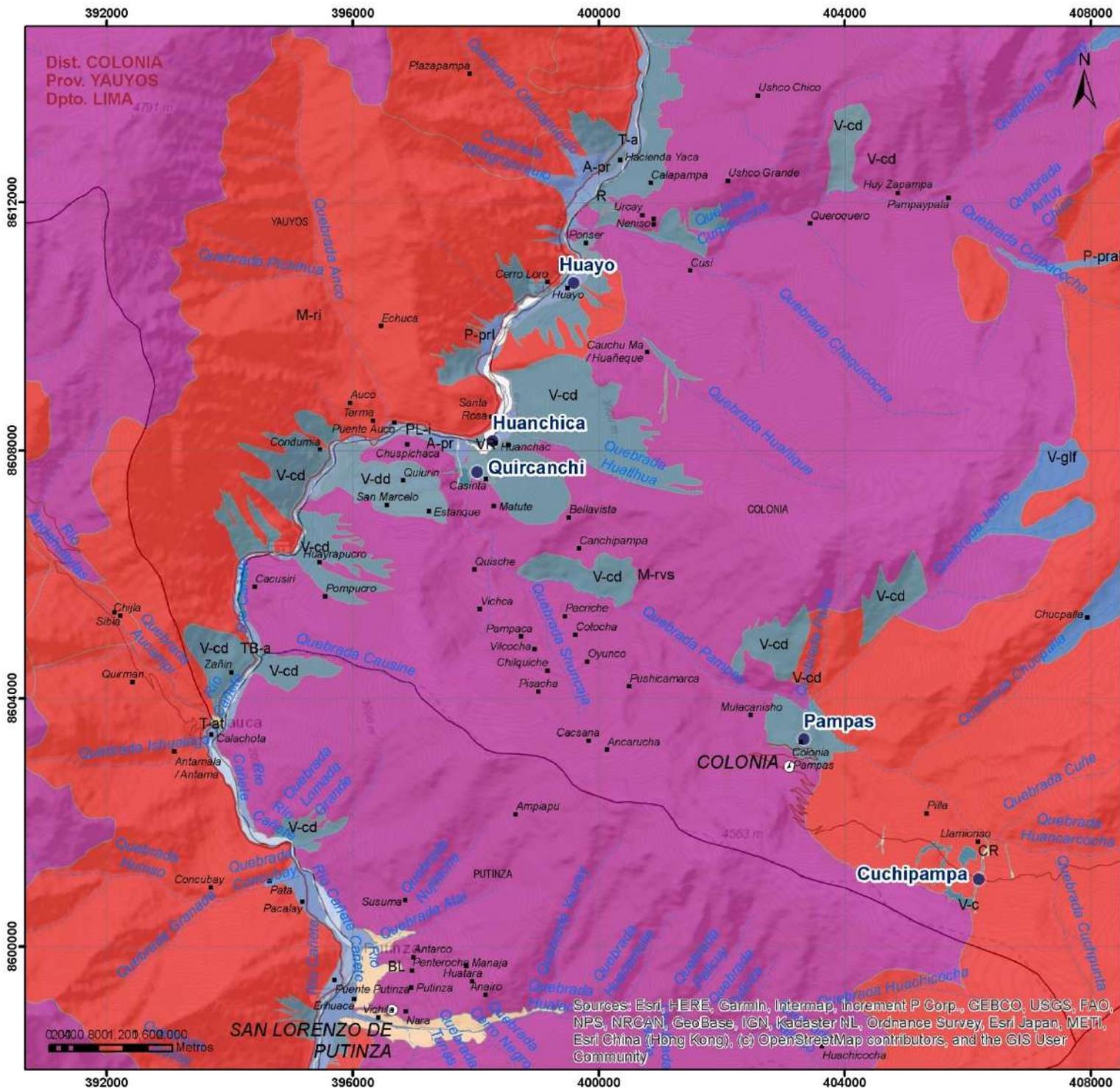
DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO
 DEPARTAMENTO LIMA / PROVINCIA YAUYOS / DISTRITO COLONIA

ACT-11: SERVICIO DE ASISTENCIA TÉCNICA EN LA EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL

PENDIENTE DEL TERRENO DE LAS ZONAS EVALUADAS

Escala: 1:85,000	Elaborado por: Griselis Luque	MAPA 2
Proyección: UTM Zona 18 Sur	Datum: WGS 84	
Versión digital 2024	Impreso: Mayo de 2024	

Sources: Esri, HERE, Garmin, Intermap, increment P Corp., GEBCO, USGS, FAO, NPS, NRCAN, GeoBasis, IGN, Kadaster NL, Ordnance Survey, Esri Japan, METI, Esri China (Hong Kong), (c) OpenStreetMap contributors, and the GIS User Community



Simbología

⊙	Capital regional	—	Río principal
⊠	Capital provincial	—	Quebrada
⊙	Capital distrital	▭	Limite regional
●	Área en consulta	▭	Oceano, lagos, lagunas
—	Vía Nacional MTC	▭	Países limítrofes
—	Vía Departamental MTC	▭	Provincias
—	Vía Vecinal MTC	▭	Distritos

GEOMORFOLOGÍA

A-pr	Abanico proluvial
BL	Bad Lands
CR	Cárcava
M-ri	Montaña en roca intrusiva
M-rvs	Montaña en roca volcanosedimentaria
P-pral	Piedemonte proluvial o aluviotorrencial
PL-I	Planicie inundable
R	Cauce de río o quebrada
T-a	Terraza aluvial
T-at	Terraza antrópica
TB-a	Terraza baja aluvial
V-c	Vertiente coluvial
V-cd	Vertiente coluvideluvial
V-dd	Vertiente con depósito de deslizamiento
V-glf	Vertiente glaciofluvial
VR	Valle de represamiento

SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
 INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO
 DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO
 DEPARTAMENTO LIMA/ PROVINCIA YAUYOS/ DISTRITO COLONIA
 ACT-II: SERVICIO DE ASISTENCIA TÉCNICA EN LA EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL

GEOMORFOLOGÍA DE LAS ZONAS EVALUADAS

Escala: 1:85,000	Elaborado por: Griselda Luque	MAPA 3
Proyección: UTM Zona 18 Sur	Datam: WGS 84	
Versión digital 2024	Impreso: Mayo de 2024	

Sources: Esri, HERE, Garmin, Intermap, increment P Corp., GEBCO, USGS, FAO, NPS, NRCAN, GeoBase, IGN, Kadaster NL, Ordnance Survey, Esri Japan, METI, Esri China (Hong Kong), (c) OpenStreetMap contributors, and the GIS User Community

ANEXO 2

MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y/O MITIGACIÓN EN LA ZONA EVALUADA

A partir de las condiciones geomorfológicas, geológicas y estudiados en el campo, que caracterizan la susceptibilidad de los peligros geológicos identificados en el distrito de Colonia, se requieren de medidas estructurales para poder mitigar y prevenir futuros desastres.

Con ello, se pueden resumir y describir algunas medidas que pueden considerarse para reducir la vulnerabilidad y por tanto el riesgo a estos procesos naturales. En esta sección se dan algunas propuestas de intervención de forma general para la zona evaluada con la finalidad de minimizar las ocurrencias de los procesos identificados; así como también, evitar la generación de nuevas ocurrencias o eventos futuros que causen daños.

1.1. MITIGACIÓN DE PELIGROS POR DESLIZAMIENTO

En el caso de los deslizamientos, no muy rápidos y poco profundos, son recomendables las obras de drenaje superficial sobre la masa deslizada que debe realizarse una vez que estas se han estabilizado (zanjas de sistema de drenaje perimetrales, en espina de pez) y la modificación de la geometría al actuar sobre dos de los factores principales que condicionan las inestabilidades. Otras medidas como la instalación de anclajes y bulones son recomendables en caso de inestabilidades en macizos rocosos para evitar los deslizamientos y desprendimientos de bloques, no siendo efectivas en deslizamientos en suelos (a no ser que se instalen sobre muros o vigas que reparan las fuerzas de forma uniforme); en este último caso, son más efectivos los elementos resistentes como pilotes, muros o pantallas.

En la figura 1 se presenta un esquema de la estabilización de un extenso deslizamiento superficial en suelos residuales limo-arcillosos. Las medidas de corrección o estabilización de laderas están encaminadas a prevenir los procesos y mitigar los daños. Cabe mencionar que los deslizamientos o flujos de dimensiones importantes, incluso con velocidades muy bajas, son muy difíciles o imposibles de detener.

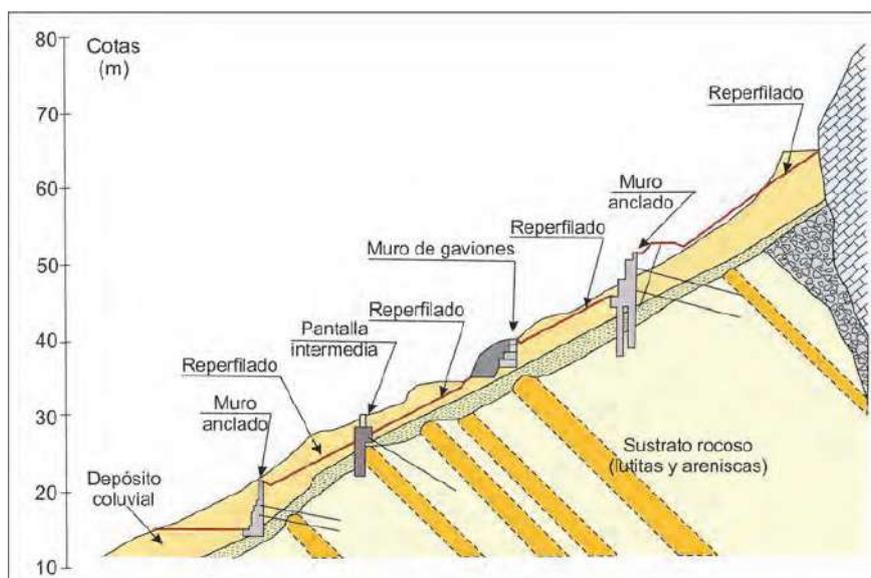


Figura 1. Esquema de las medidas de contención de un deslizamiento en suelo coluvial arcillo-limoso con sustrato formado por lutitas y areniscas.

Otra medida es la construcción de escolleras en el pie del talud. Puede efectuarse en combinación con el descabezamiento del talud o como medida independiente (figura 2). El peso de la escollera en el pie del talud se traduce en un aumento de las tensiones normales en la parte baja de la superficie del deslizamiento, lo que aumenta su resistencia. Este aumento depende del ángulo de rozamiento interno en la parte inferior de la superficie del deslizamiento. Si es elevado, el deslizamiento puede producirse por el pie y es más ventajoso construir la escollera encima del pie del talud, pudiéndose estabilizar grandes masas deslizantes mediante pesos relativamente pequeños de escollera. Si el ángulo de rozamiento interno es bajo, el deslizamiento suele ocurrir por la base y es también posible colocar el relleno frente al pie del talud. En cualquier caso, el peso propio de la escollera supone un aumento del momento estabilizador frente a la rotura. Por último, cuando la línea de rotura se ve forzada a atravesar la propia escollera, esta se comporta además como un elemento resistente propiamente dicho. Algo que debe tomarse en cuenta constantemente es que la base del relleno debe ser siempre drenante.

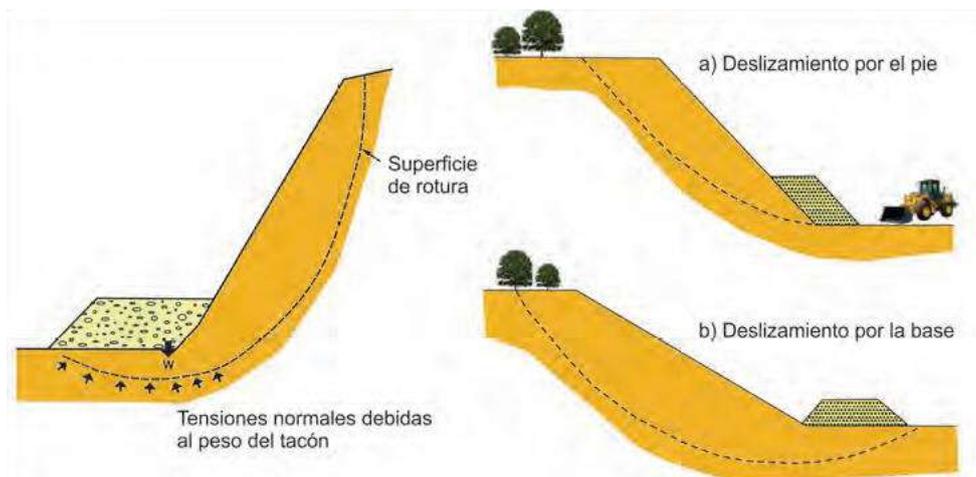


Figura 2. Efecto de una escollera sobre la resistencia del terreno, en el pie de un talud (izquierda), colocación de escollera según el ángulo de rozamiento interno del terreno (derecha). **Fuente:** Ayala & Olcina, 2002.

En ocasiones se emplean muros (figura 3) para estabilizar deslizamientos existentes o potenciales al introducir un elemento de contención en el pie, como se muestra en la figura 8.15; sin embargo, esta medida puede tener varios inconvenientes a la hora de la construcción, ya que al excavar en el pie del talud puede favorecer la inestabilidad hasta que el muro esté completamente instalado. Además, el muro puede no ser capaz de evitar posibles deslizamientos, por encima o por debajo del mismo como se aprecia en la figura.

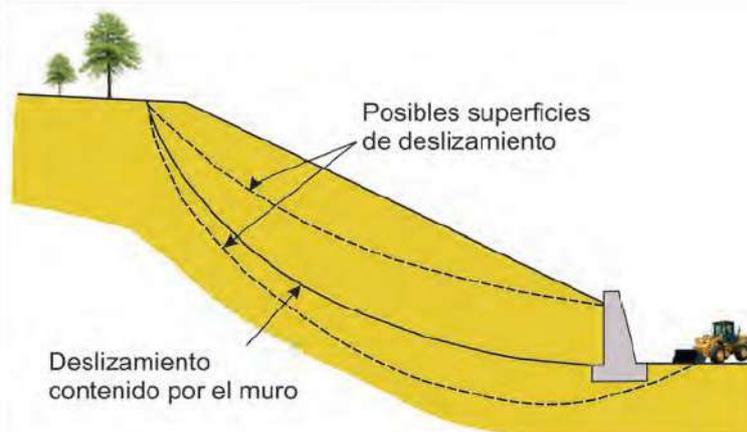


Figura 3 Control de un deslizamiento mediante un muro. **Fuente:** Ayala & Olcina, 2002.

1.2. MITIGACIÓN DE PELIGROS POR FLUJOS

Con la finalidad de prevenir y/o atenuar los daños producidos por los flujos de detritos (huaicos) en el distrito de Colonia, se presentan algunas medidas que pueden considerarse para reducir los efectos que pudieran ocasionar el evento. Las medidas que se proponen son las siguientes:

- Construir presas transversales de sedimentación escalonada para controlar las fuerzas de arrastre de las corrientes de cursos de quebradas que acarrean grandes cantidades de sedimentos durante periodos de lluvia excepcional, cuya finalidad es reducir el transporte de sedimentos gruesos, tales como presas tipo SABO, aplicadas en Japón (este término se usa para describir un grupo de diferentes estructuras que utilizan para controlar un huaico); ya sea presas de control, de rendijas, con pantalla de infiltración de fondo, tipo rejillas y las barras flexibles que, debido a la permeabilidad de la red, los flujos se drenan como resultado de la retención del material sólido, fosas de decantación, etc. (figura 4).
- Permitir el crecimiento de la cobertura vegetal nativa a lo largo del cauce de la quebrada y en las zonas circundantes a ella, asegurando su estabilización, así como la disipación de la energía de las corrientes.
- Es necesario descolmatar los cauces de las quebradas Huañique y Pampas, para aliviar la carga sólida de las quebradas en tiempos de lluvias excepcionales y crecida. Con esto se lograría atenuar los flujos de detritos que se generen y colmate su cauce.
- Construir muros de contención o laterales en ambas márgenes de la quebrada Huañique, para evitar la erosión del terreno en zonas donde se podría afectar las viviendas asentadas cerca al cauce de la quebrada (Figura 5).
- Monitoreo de huaicos con fines de alerta temprana, consisten en la instalación de diversos sistemas o instrumentos, en superficie o en profundidad, con la finalidad de detectar movimiento o medir determinados parámetros relacionados con los movimientos (figuras 6 y 7).



Figura 4. Presas tipo SABO de sedimentación escalonada para controlar la fuerza destructiva de los huaicos: A) de control; B) tipo rejilla; C) barras flexibles.



Figura 5. Construcción de disipadores de energía de las corrientes concentradas en el cauce de la quebrada, mediante diques transversales (enrocado y armazón de troncos) y canalización del cauce con muros laterales escalonados utilizando bloques de rocas para mitigar los efectos



Figura 6. Sensores utilizados para el monitoreo de flujos de detritos (fotografía tomada en el Soil and Water Conservation

Bureau SWCB-Taiwan; Vilchez, 2010).



Figura 7. Estación de monitoreo de flujo de detritos (fotografía tomada de Soil and Water Conservation Bureau SWCB-Taiwan. por Vilchez, 2010).

1.3. MITIGACIÓN DE CAÍDA DE ROCAS Y DERRUMBE

La caída de rocas y derrumbes son comunes en esta región, con pendientes escarpadas de rocas y acantilados. Estos peligros son la causa de cuantiosas pérdidas humanas y económicas; estas últimas principalmente porque obstaculizan el transporte y el comercio debido al bloqueo de las carreteras. A veces se desvían los caminos y carreteras alrededor de las zonas de caída de rocas, pero esto no siempre resulta práctico. Muchas comunidades colocan avisos de peligro alrededor de zonas donde hay un elevado peligro de caída de rocas. La aplicación de medidas correctivas en zonas con caídas se puede realizar sobre taludes que tienen pendientes fuertes y es necesaria su estabilización. Para tener un factor de seguridad predeterminado y estabilizar fenómenos de rotura, los métodos más frecuentes se muestran en la figura 8.

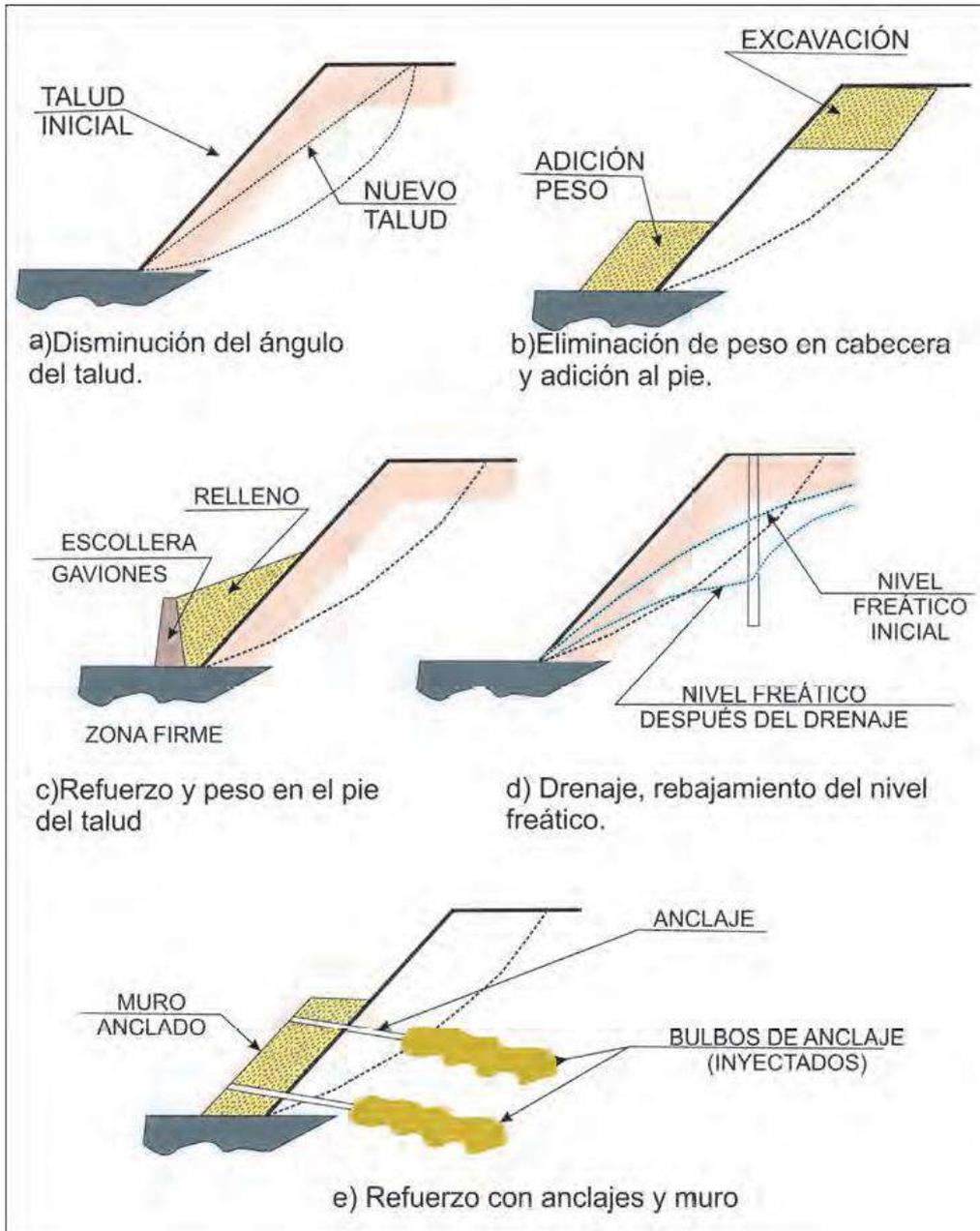


Figura 8. Métodos más frecuentes para aumentar el coeficiente de seguridad en taludes de suelos. **Fuente:** Gonzáles, 2002.

1.4. MITIGACIÓN DE EROSIÓN EN CÁRCAVA

En zonas donde la erosión de laderas es aguda con presencia de cárcavas de gran amplitud, se generan abundantes materiales sueltos que son llevados a los cauces de las quebradas. En época de lluvias intensas, muchos de estos cauces con suficiente material pueden generar flujos. Para el control físico del avance de cárcavas se propone un conjunto de medidas, principalmente de orden artesanal, entre las que cabe destacar:

- Construcción de diques o trinchos transversales constituidos con materiales propios de la región como: troncos, ramas, etc. (figuras 9, 10 y 11).
- Empleo de zanjas de infiltración articuladas (canales de desvío) de acuerdo con las condiciones climáticas de la región (figura 12).

- Evitar el sobrepastoreo, ya que deteriora y destruye la cobertura vegetal; finalmente, evitar la quema de pajonales.
- Realizar prácticas de conservación y regeneración de la cobertura vegetal conformada por pastos, malezas y arbustos con fines de estabilizar el terreno y controlar la erosión. En la selección de árboles a utilizarse debe contemplarse las características de las raíces, las exigencias en tipo de suelos y portes que alcanzaran versus la pendiente y profundidad de los suelos. Se recomienda además que las plantaciones forestales se ubiquen al lado superior de las zanjas de infiltración construidas paralelas a las curvas de nivel, a lo largo de la cárcava y en las zonas circundantes a ellas, para asegurar su estabilidad.
- Geosintéticos con bioingeniería de suelos, mediante una rápida de amortiguamiento con disipadores de energía encargada de coleccionar las aguas pluviales y conducir las a través de las banquetas disipando la energía y las altas velocidades de flujo hasta el pie del talud (figura 13).

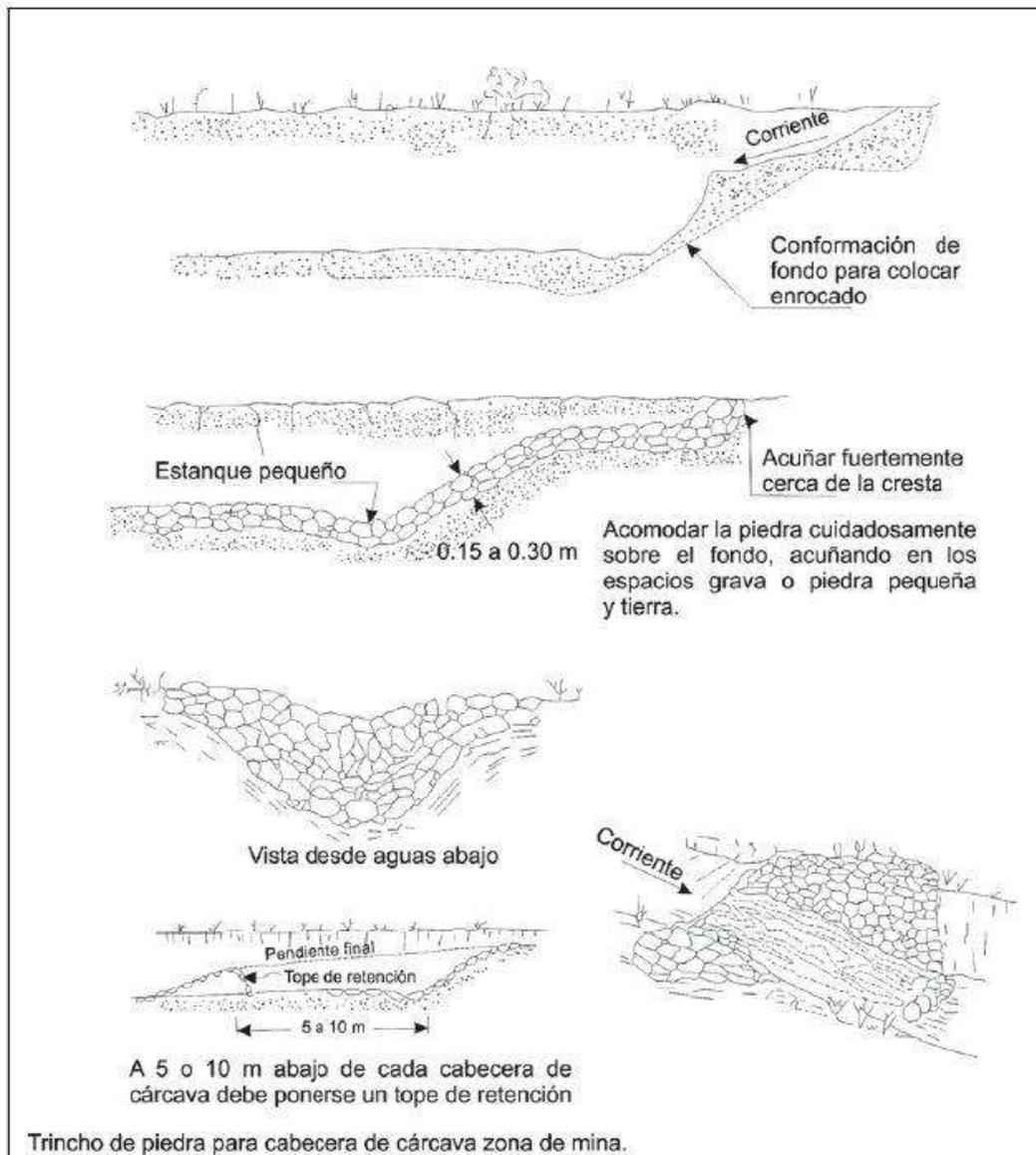


Figura 9. Trincho de piedra para cabecera de cárcava (adaptado de Valderrama *et al.*, 1964).

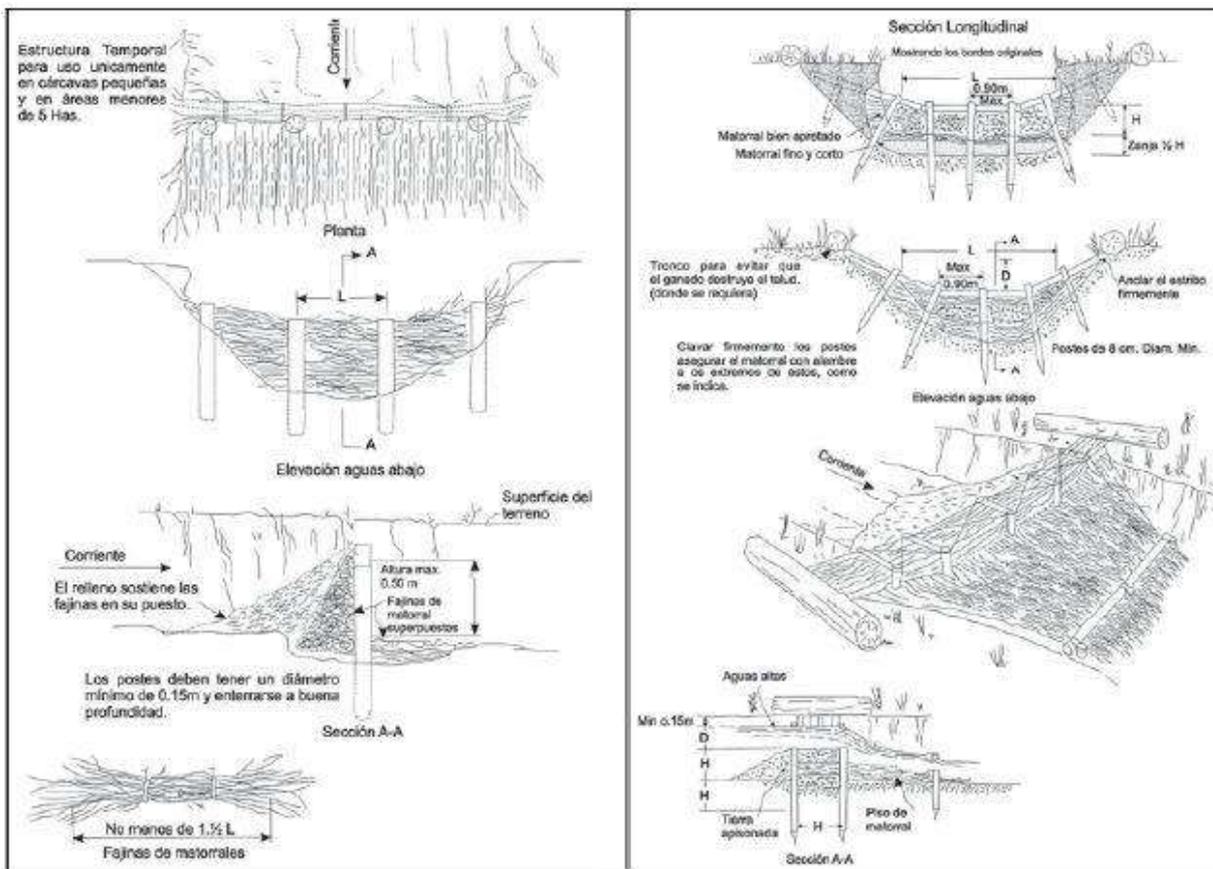


Figura 10. Trincho de matorral tipo una hilera de postes y trincho de matorral tipo doble hilera de postes (adaptado de Valderrama *et al.*, 1964)

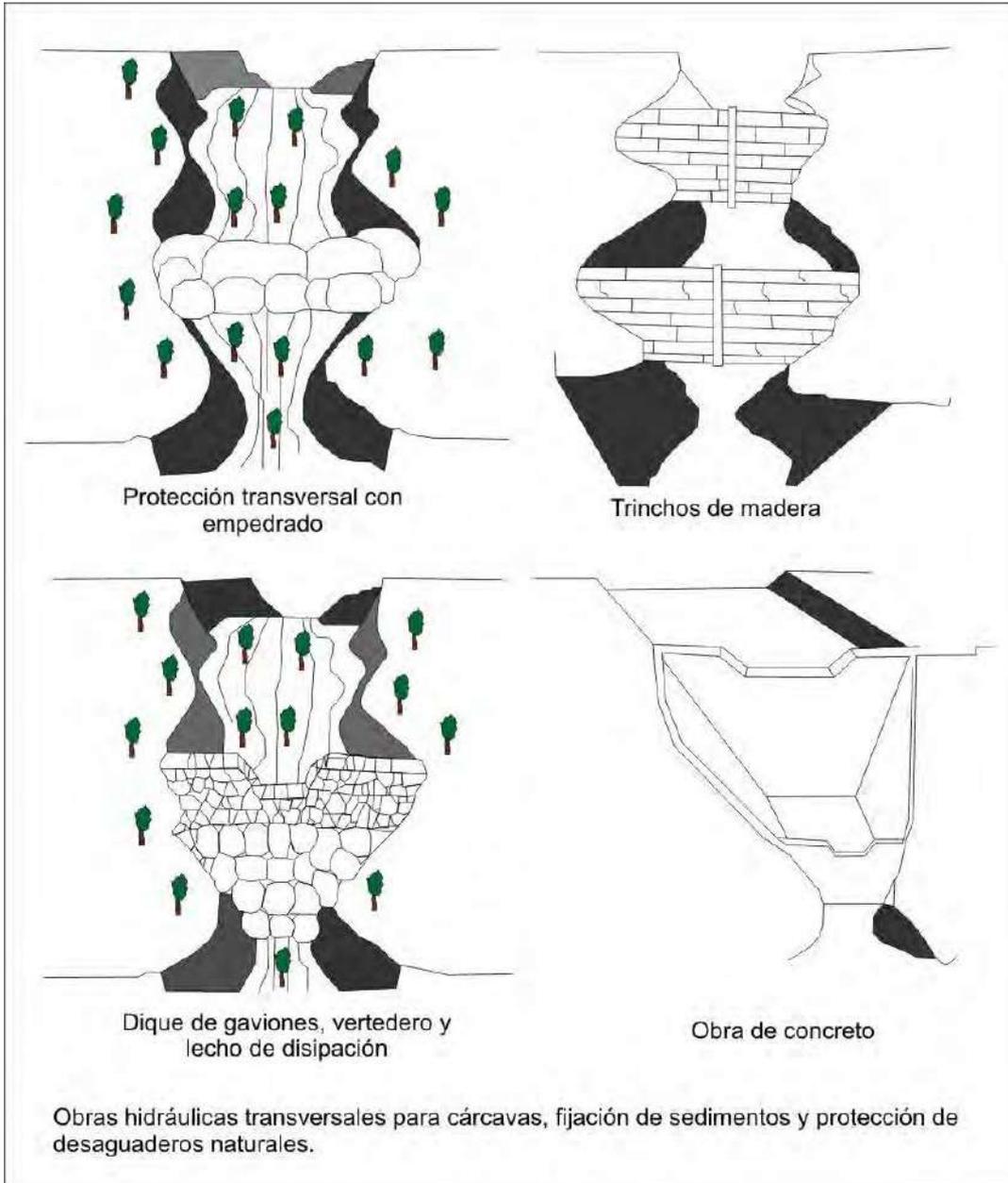


Figura 11. Obras hidráulicas transversales para el control de la erosión en cárcavas, fijación de sedimentos y protección de desagüeros naturales (tomado de Instituto Nacional de Vías, 1998)

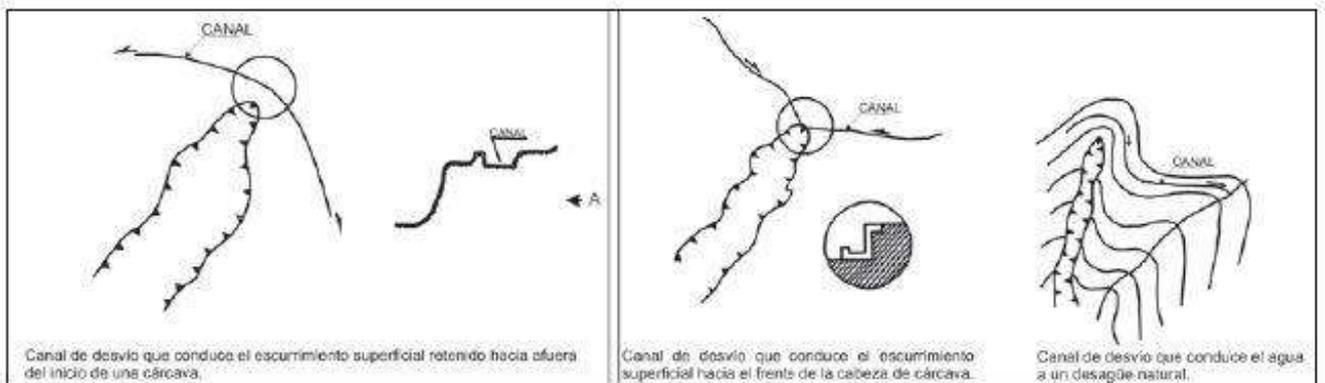


Figura 12. Canales de desvío. Fuente: Hylsky, 1970.



Figura 13. Revegetación de taludes y manejo de aguas mediante el uso de geosintéticos y la bioingeniería de suelos en el Km 22+800 al 23+900 de la Carretera Tingo María-Pucallpa - Sector Las Vegas, Huánuco

1.5. MITIGACIÓN DE EROSIÓN FLUVIAL E INUNDACIÓN

Para disminuir los daños por inundaciones en la región, se hace necesario aplicar las siguientes medidas:

- Encauzamiento del lecho principal, ríos y quebradas afluentes, en zonas donde se produzcan socavamientos laterales de las terrazas aledañas. Para ello se debe construir espigones laterales, enrocado o gaviones para aumentar la capacidad de tránsito en el cauce de la carga sólida y líquida durante las crecidas y limpiar el cauce (figura 14).
- Protección de las terrazas fluviales de los procesos de erosión fluvial por medio diques de defensa o espigones que ayudan a disminuir el proceso de arranque y desestabilización (figura 15).
- Realizar trabajos que propicien el crecimiento de bosques ribereños con especies nativas (molle, sauce, carrizos, caña brava); pero evitar la implantación de cultivos en el lecho fluvial para que no interrumpa el libre discurrir de los flujos hídricos.



Figura 14. Muro de gaviones para protección de carretera.

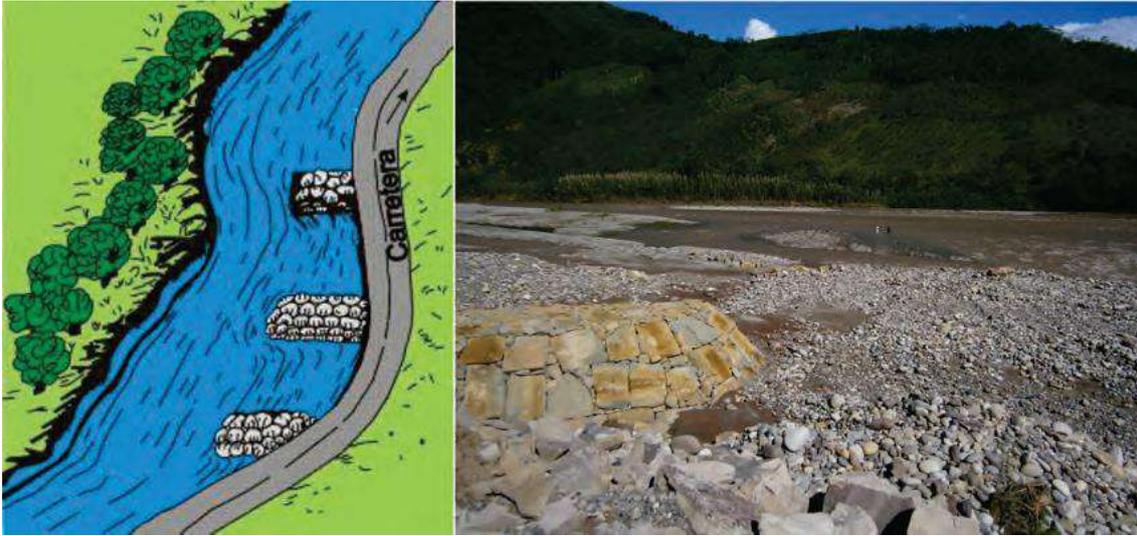


Figura 15. Espigones para proteger las terrazas fluviales