

Informe Técnico N° A6598

Peligro por Flujo de Detritos en el Sector de Llochegua

Región Ayacucho, Provincia Huanta, Distrito Llochegua



POR:
SEGUNDO NÚÑEZ JUÁREZ

CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN	1
2.	CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA DE ESTUDIO	1
3.	MORFOLOGÍA Y DRENAJE FLUVIAL	2
3.1	RÍO CHUIMACOTA/TINCUYO	2
3.2	RÍO APURÍMAC	2
4.	CARACTERÍSTICAS DE LA CUENCA MEDIA Y BAJA DEL RÍO CHUIMACOTA/TINCUYO	4
5.	ASPECTOS LITOLÓGICOS	6
5.1	FORMACIÓN CABANILLAS	6
5.2	GRUPO AMBO	8
5.3	GRUPO TARMA – COPACABANA	8
5.4	FORMACIÓN LA MERCED	9
5.5	DEPÓSITOS ALUVIALES	10
5.6	DEPÓSITOS FLUVIALES	10
5.7	DEPÓSITOS PROLUVIALES	12
6.	PELIGROS GEOLÓGICOS	13
6.1	OBSERVACIONES DE CAMPO	14
6.1.1	FLUJOS DE DETRITOS (HUAYCOS)	14
6.1.2	DESLIZAMIENTOS	23
6.1.3	DERRUMBES	25
6.1.4	INUNDACIÓN DEL PUERTO LLOCHEGUA	26
7.	MEDIDAS CORRECTIVAS	28
7.1	SECTOR LLOCHEGUA	28
7.2	SECTOR BARRANCA	28
7.3	SECTOR PUERTO LLOCHEGUA	28
	CONCLUSIONES	29
	RECOMENDACIONES	30
	REFERENCIAS	31
	ANEXOS	32
	ESQUEMA DE MEDIDAS CORRECTIVAS	33
	MEDIDAS PARA DESLIZAMIENTOS, DERRUMBES Y CAÍDAS DE ROCAS ...	33
	MEDIDAS PARA ZONAS DE FLUJO DE DETRITOS Y CÁRCAVAS	43
	OTRAS MEDIDAS DE PREVENCIÓN: DESLIZAMIENTOS Y CÁRCAVAS	49
	MEDIDAS PARA EL MANEJO DE SUBCUENCAS CON LECHOS SECOS	50
	PROTECCIÓN A NIVEL DE CUENCA: DESBORDES, EROSIONES E INUNDACIONES	52
	MEDIDAS ADICIONALES CORRECTIVAS PARA FLUJOS DE DETRITOS Y DEFORESTACIÓN	54

FOTOS

- Foto 1 Poblado de Llochegua.
- Foto 2 Cauce del río Chuimacota/Tincuyo, típico valle en "V". Tomada desde el sector Chola Naciente
- Foto 3 y 4 Valle del río Chimacota/Tincuyo, se muestra el valle típico en "V".
- Foto 5 Deposito proluvial generado por el río Chuimacota/Tincuyo, erosionado por el río Apurímac.
- Foto 6 Se muestra estratos de areniscas y microconglomerados, con intercalaciones de limolitas. Sector Chola Naciente.
- Foto 7 Afloramiento de areniscas de la Formación Ambo, se muestra estratos conformados por areniscas de color gris, Sector Puente Tincuyo.
- Foto 8 Colina de formas cóncavas, de pendiente moderada. Sector de la confluencia entre los ríos Chuimacota/Tincuyo y Sabogato.
- Foto 9 Afloramiento de conglomerado masivo en la margen izquierda del río. Sector Charquihuayco.
- Foto 10 Islas frente a Llochegua.
- Foto 11 Cauce del río Chuimacota/Tincuyo.
- Foto 12 Desembocadura del río Chuimacota/Tincuyo, se muestran islas conformadas por gravas en matriz arenosa, sobre ella restos de troncos.
- Foto 13 Quebrada Charquihuayco, con material suelto en el cauce de la quebrada.
- Foto 14 Quebrada S/N, aporta material suelto al río Chuimacota/Tincuyo por la margen izquierda.
- Foto 15 Se muestra las nacientes del río Chuimacota/Tincuyo.
- Foto 16 El paso del flujo de detritos provoco erosión lateral en la ladera, generando derrumbes.
- Foto 17 Restos de troncos (A) dejados por la carga del flujo de detritos. (B) la rampa de acceso al puente destruida.
- Foto 18 Se aprecian defensas ribereñas destruidas (A). La rampa de acceso al puente por margen derecha completamente erosionada, se ha reemplazado por un puente de palos (B).
- Foto 19 Carretera afirmada Llochegua-Los Ángeles, sector de Tacora.
- Foto 20 Puente Tincuyo colapsado, se aprecian en la margen derecha las defensas ribereñas (gaviones)
- Foto 21 y 22 Se muestra las defensas ribereñas y rampa de acceso al antiguo puente Tincuyo.
- Foto 23 Puente Tincuyo, colapsó en el año 2010.
- Foto 24 Las flechas de color azul muestran el desplazamiento que ha tenido el flujo de detritos del 22 de noviembre del 2011. La de color Rojo (A) muestra el área por donde erosionó el flujo de detritos a la rampa de acceso.
- Foto 25 Esquemmatización del desplazamiento del flujo de detritos del 22 de noviembre, en el caso de no haber estado las defensas ribereñas.
- Foto 26 Gavión afectado por la erosión lateral.
- Foto 27 Área inestable por deslizamiento, se observan asentamientos del terreno, que afectado a la carretera.
- Foto 28 Flujo de detritos formado por acumulación de material proveniente del desmonete de la construcción de la carretera.
- Foto 29 Sector de Chola Naciente, se aprecia un derrumbe que ha afectado la carretera afirmada.
- Foto 30 Derrumbe del sector de Barranca, afecto carretera Llochegua-Chihullo, se muestra el área inestable. Las flechas de color rojo indican el sentido de la erosión del río, las de color azul el sentido de corriente del río.

Foto 31 Se muestra con líneas rojas, el nivel alcanzado por las aguas del río Apurímac.

FIGURAS

Figura 1 Mapa de ubicación.

Figura 2 Se muestra el tipo de drenaje del río Apurímac

Figura 3 Mapa Geológico del sector de Llochegua y alrededores.

Figura 4 Mapa de peligros geológico del sector de llochegua

Figura 5 Imagen del Google Earth, se muestra el antiguo depósito generado por el flujo de detritos, sobre este se encuentran las localidades de Llochegua y Gloria Amargura.

Figura 6 Dren en tipo espina de pescado (medida aplicada solo para deslizamiento)

Figuras 7 y 8 Medidas correctivas para flujos de detritos.

Figura 9 Vista en perfil y en planta de los procesos de forestación en cabeceras y márgenes inestables.

Figuras 10 Tipos de presas escalonadas para la protección de fondo de cárcavas y huaycos incipiente.

PELIGRO POR FLUJO DE DETRITOS EN EL SECTOR DE LLOCHEGUA

Distrito Llochegua - Provincia Huanta – Región Ayacucho

1. INTRODUCCIÓN

En noviembre 2011 y en el periodo lluvioso del 2012, se presentaron intensas lluvias que afectaron la localidad de Llochegua, provocando movimientos en masa como flujos de detritos (huaycos), derrumbes y deslizamientos; así como erosión fluvial, desbordes e inundaciones.

El Alcalde de la Municipalidad Distrital de Llochegua, mediante Oficio N°60-2012-MDLL/AL de fecha 27 de febrero, dirigida a la Presidente del Consejo Directivo del Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET), solicitó la designación de un profesional, para realización de un informe técnico de peligros de la capital distrital de Llochegua – VRAE. Atendiendo a esta solicitud, la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico de INGEMMET comisiona al Ing. Segundo Núñez Juárez a realizar dicha evaluación. Los trabajos de campo se realizaron entre el 14 al 20 de marzo del 2012, previas coordinaciones con el Asesor Dr. Hector Gaspar Alcoser. En los trabajos de campo se contó con la presencia de los Ingenieros Edgar Paquillauri, Gerente de Obras de la Municipalidad de Llochegua, y Omar Gonzales, Consultor de la municipalidad.

En este informe se emiten las conclusiones y recomendaciones pertinentes que la Municipalidad de Llochegua debe tomar en cuenta para la prevención y mitigación de los procesos geohidrológicos – geológicos ocurridos en su jurisdicción, para así evitar problemas futuros.

2. CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA

La localidad de Llochegua se ubica en el cono de deyección del río Chuimacota/Tincuyo por su margen derecha y en la margen izquierda del río Apurímac. El distrito cuenta con aproximadamente 12 131 habitantes (INEI, 2007), que se dedican principalmente a la agricultura. El área evaluada está comprendida entre las coordenadas UTM: 8620000 – 8632000 Norte y 600000 – 620000 Este, con una altitud de 1 000 m.s.n.m. (Figura 1)

En época seca (no lluviosa) se accede a Llochegua, desde Ayacucho, a través de la carretera afirmada Ayacucho – Tambo – Máchente – Rosario – Sivia – Llochegua de 220 km de longitud (nueve horas de viaje). En el periodo lluvioso, el acceso el tramo de carretera del sector Rosario – Sivia-Llochegua se presentan problemas de derrumbes en los taludes de corte, como también flujos de detritos, hace necesario tomar la ruta Ayna – San Francisco – Kimbiri – Pichari – Jatun Rumi – Quisto Central (carretera asfaltada), de 100 km de longitud. Para luego trasladarse en embarcación desde el puerto Quisto Central a Llochegua, cruzando el río Apurímac en bote, en un tramo de 300 m, llegando al puerto de Llochegua.

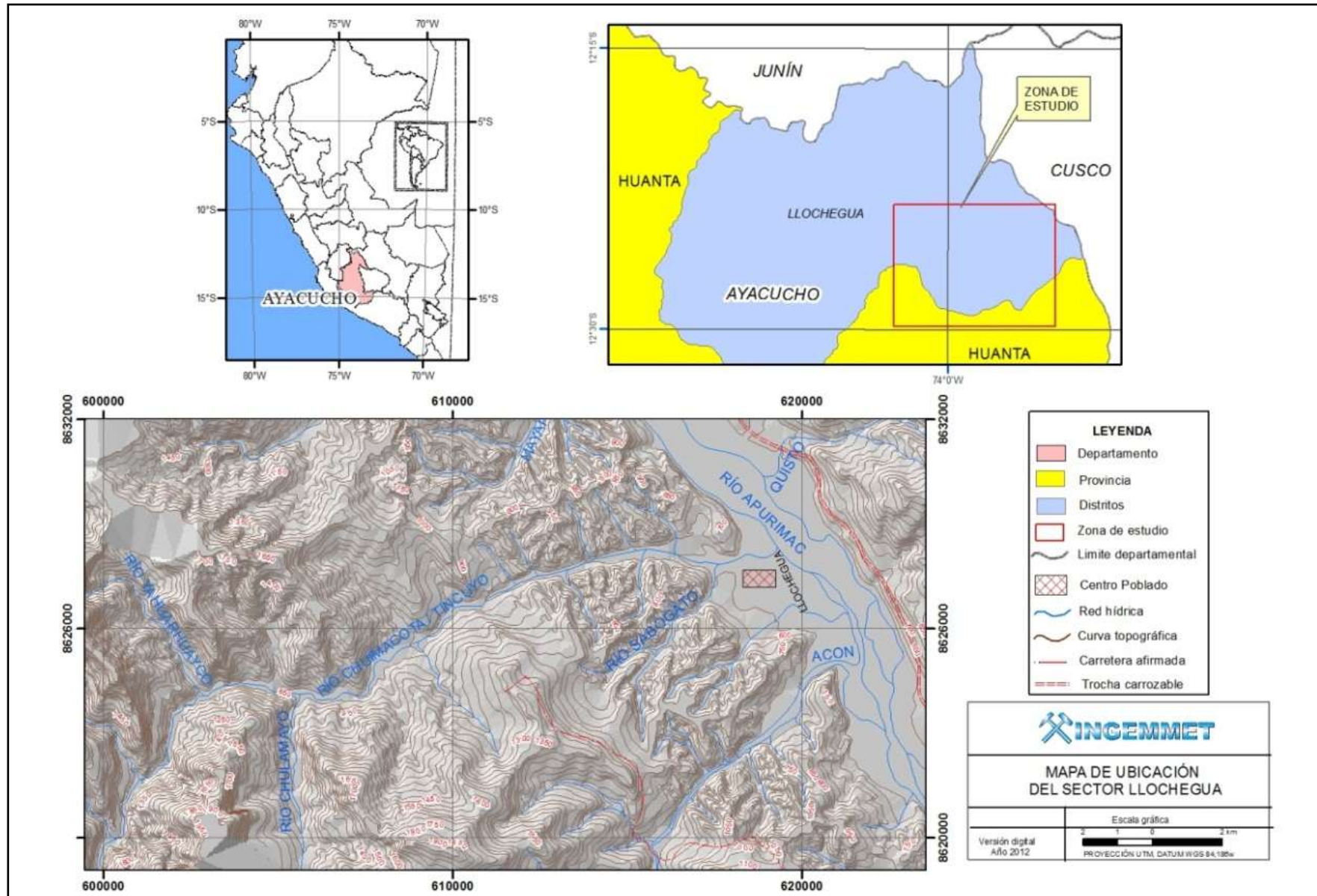


Figura 1: Mapa de ubicación.

El área de estudio cuenta con clima tropical – húmedo. En cuanto al régimen de precipitaciones, no se cuenta con una estación hidrometeorológica; pero en la estación de Pichari, la más cercana al área de trabajo (última en funcionar), se tiene registrada precipitaciones de hasta 2184,6 mm anuales (SENAMHI, 2003).

La localidad de Llochegua (Foto 1), se encuentra actualmente en proceso de expansión urbana, proceso que se realiza sin planificación, ubicándose sobre áreas vulnerables a peligros geológicos, específicamente sobre los cauces de antiguas quebradas y terrenos muy susceptibles a ser erosionados por la dinámica fluvial.



Foto 1: A) y B) Poblado de Llochegua, ubicado en el abanico aluvial – proluvial del río Chuimacota/Tincuyo, margen derecha del mismo y en la margen izquierda del río Apurímac. Foto 1B, tomado de HWRIGHT (Google Earth)

3. MORFOLOGÍA Y TIPO DE CURSO FLUVIAL

Para entender los procesos ocurridos en el área de estudio, es necesario conocer las características morfológicas, drenaje, tipo de curso y comportamiento fluvial que presentan el río Apurímac, ríos y quebradas afluentes.

3.1 RÍOS CHUIMACOTA/TINCUYO, SABOGATO Y AFLUENTES_

Ríos con curso tipo rectilíneo, cuyas corrientes se caracterizan por poseer sinuosidad baja (menor a 1,5) y multiplicidad 1, es decir un único canal. Por ser ríos juveniles, con perfil típico en “V” (Foto 2), generalmente son muy inestables, y tienden a evolucionar a otros tipos de río; por ello erosionan sus paredes laterales, inestabilizando sus laderas generando derrumbes o deslizamientos. Tienen caudal de alta energía y gran capacidad erosiva.



Foto 2.- Cauce del río Chuimacota/Tincuyo, típico valle en “V”. Tomada desde el sector Chola Naciente.

3.2 RÍO APURÍMAC

Los ríos de curso tipo anastomosado, está condicionados por la gradiente muy baja que presenta, originándose una serie de canales que se interconectan mostrando una alta sinuosidad; siendo estos angostos y relativamente profundos. En estos sistemas los canales son separados por planicies de inundación que consisten en islas con vegetación, muros naturales y áreas donde pueden desarrollarse depósitos de desborde. Los canales, en estos sistemas, son rellenados con arena y grava, formando depósitos lenticulares, limitados por depósitos areno – arcillosos de muro natural (Smith, S 1980).

Díez-Herrero et-al (2008), clasifica a los ríos de tipo anastomosados, por el tipo de sinuosidad, en baja y alta (según la forma de los canales); y por la multiplicidad de ellos, que puede ser sencilla a moderada.

El río Apurímac es de tipo anastomosado de múltiples canales de baja sinuosidad y de multiplicidad moderada (Figura 2)

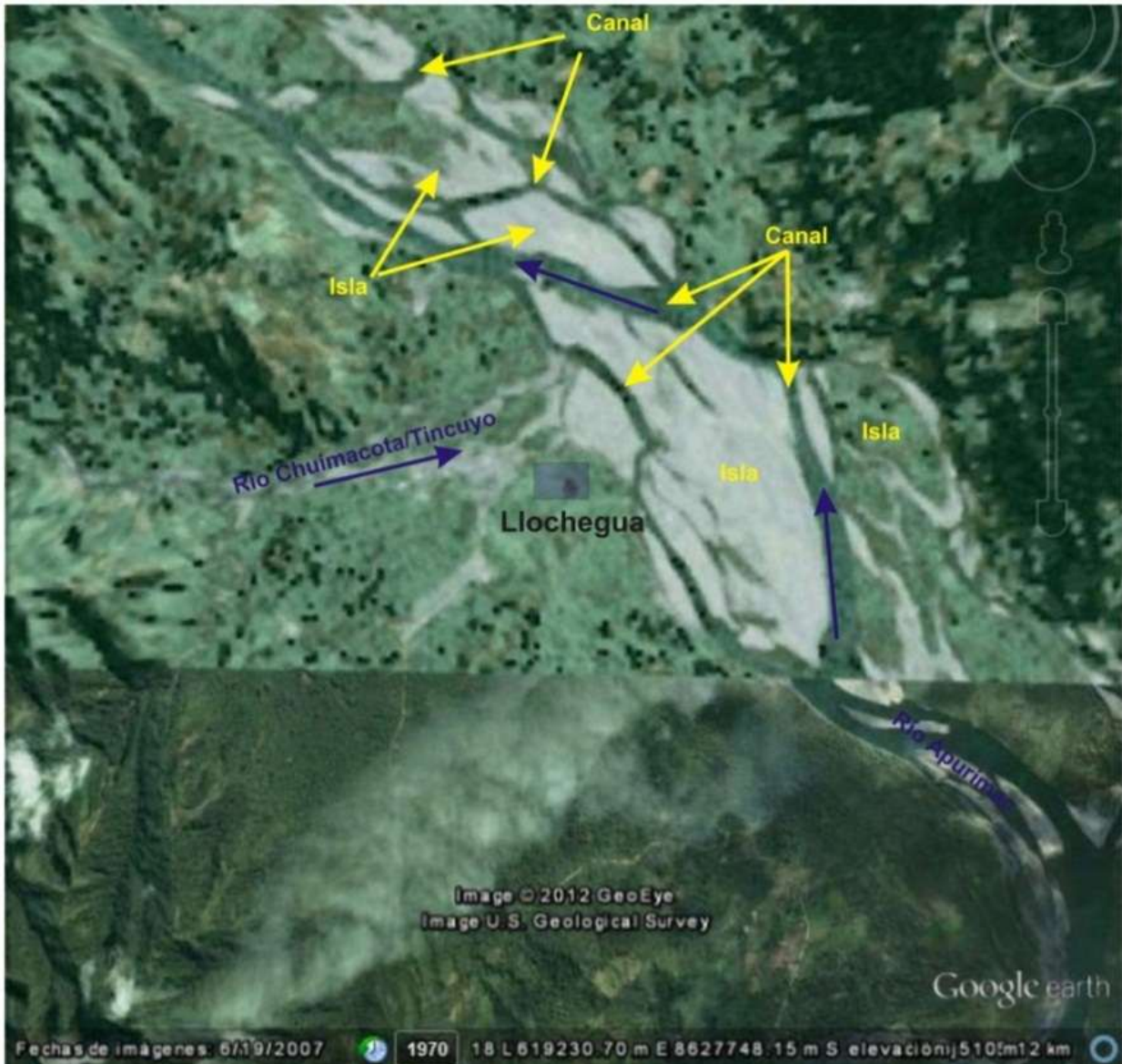


Figura 2.- Río Apurímac, mostrando canales e islas, típicas de un drenaje de tipo anastomosado

4. CARACTERÍSTICAS DE LA CUENCA MEDIA Y BAJA DEL RÍO CHUIMACOTA/TINCUYO

La cuenca media del Chuimacota/Tincuyo, presenta un valle fluvial de perfil en “V”, vertientes de laderas moderadas e intensamente deforestadas. (Fotos 3 y 4). El curso del río en este sector, cuenta con una dirección predominante de este – oeste,



Foto 3



Foto 3 y 4.- Morfología de Valle del río Chimacota/Tincuyo, se muestra el valle típico en “V”.

El río en su tramo final, transcurre cortando sobre terrazas aluvio – proluviales antiguas, formando en su desembocadura un abanico aluvial - proluvial (foto 5), que ha sido erosionado por el río Apurímac, en una longitud de 500 m (aproximadamente). La localidad de Llochegua se encuentra asentada sobre este antiguo depósito.

Después de cada período lluvioso, el cauce del río normalmente se colmata, siendo necesario que se efectúen trabajos de descolmatación anuales.

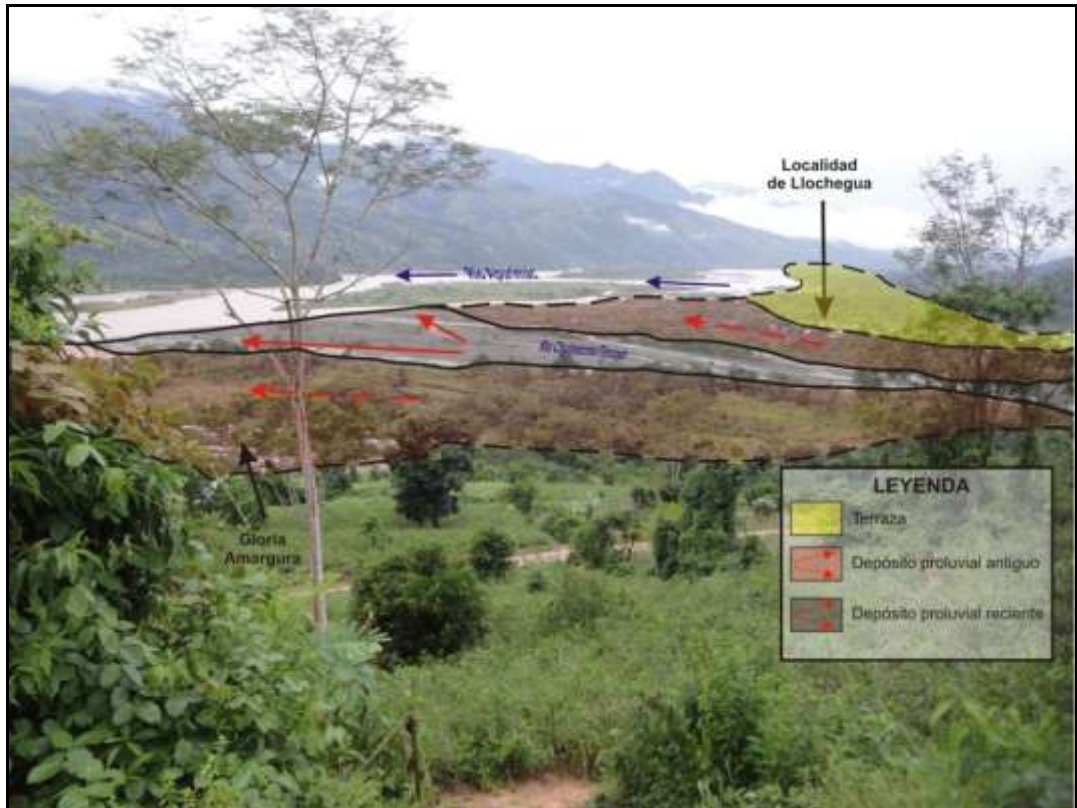


Foto 5.- Depósito proluvial (materiales de huaycos) actual generado por el río Chuimacota/Tincuyo y erosionado por el río Apurímac.

5. ASPECTOS LITOLÓGICOS

Según la Cartografía Geológica cuadrángulo de Llochegua (Monge et. al., 1998), el área de estudio presenta las siguientes unidades geológicas (Ver Figura 3).

5.1 FORMACIÓN CABANILLAS

Esta unidad aflora en las nacientes del río Chuimacota/Tincuyo, la cual se prolonga en dirección noroeste. Aflora también en la margen derecha del río Apurímac en el sector de Teresa. Monge, R. (1998).

Esta formación tiene dos miembros a) Inferior, formado por cuarcitas de color gris claro a blanquecino, en capas gruesas y medianas, tabulares. Presentan estructuras sedimentarias de estratificación sesgada. Se intercala con areniscas micáceas y capas delgadas de cuarcitas gris oscuras; y b) Superior, representada por una intercalación de areniscas y cuarcitas de grano fino que varían de gris claro a gris oscuro y blanquecinas, en capas delgadas a medianas tabulares. Limolitas con estratificación interna paralela.

En el área de estudio se identificó el miembro Superior, donde se encuentran afloramientos de areniscas, microconglomerados de color gris blanquecinos en estratos tabulares, intercalados con limolitas (Foto 6). Esta unidad, por su baja competencia y calidad, puede generar movimientos en masa como deslizamientos, derrumbes y flujos de detritos (huaycos).



Foto 6.- Se muestra estratos de areniscas y microconglomerados, con intercalaciones de limolitas. Sector Chola Naciente.

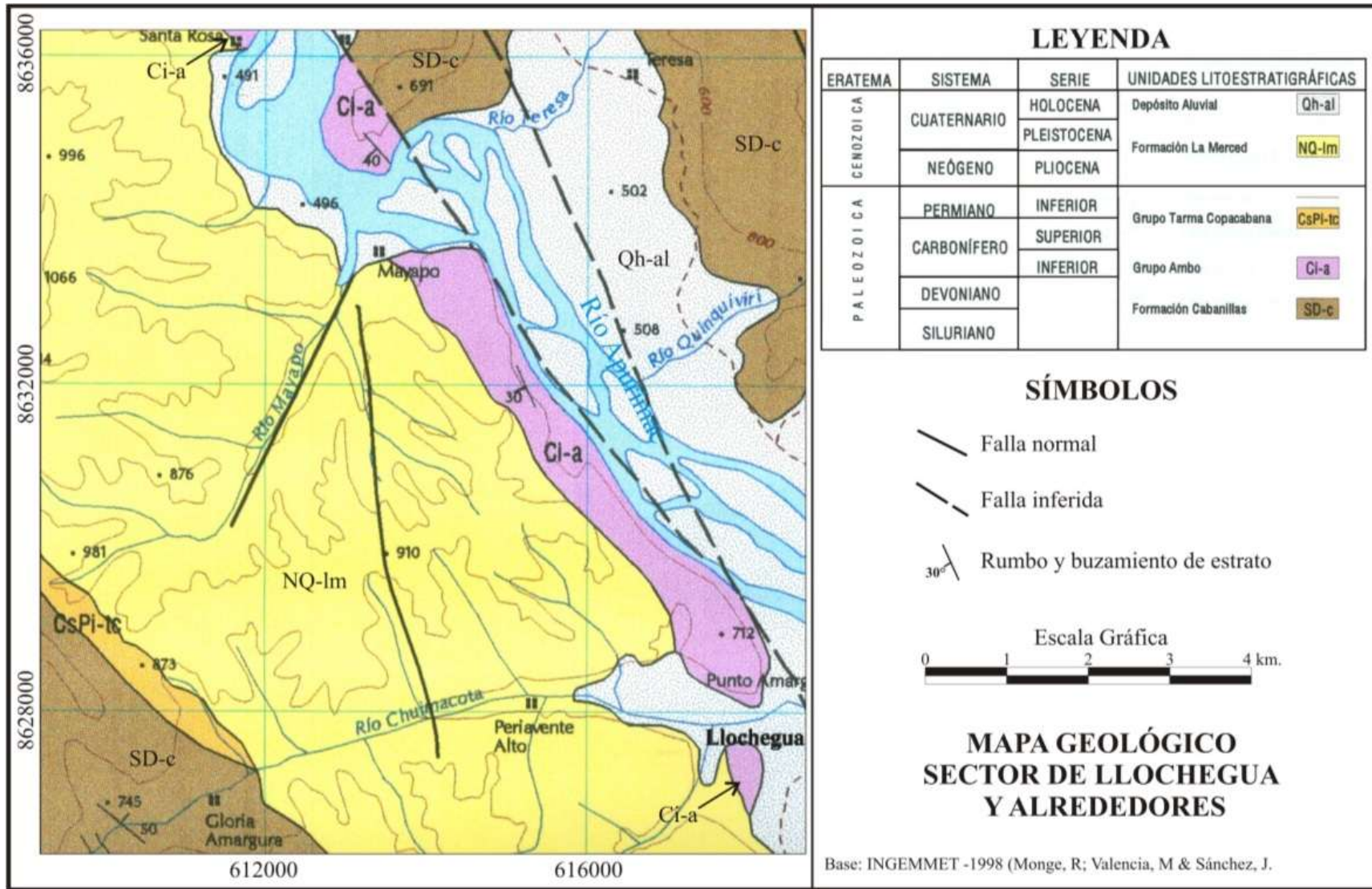


Figura 3.- Mapa Geológico del sector de Llochegua y alrededores.

5.2 GRUPO AMBO.

Esta secuencia aflora, en la desembocadura del río Chuimacota/Tincuyo prolongándose hacia el noroeste. Se muestra como una secuencia de areniscas cuarzosas de color gris oscuro (Foto 7), estratificadas en capas delgadas, intercaladas con limolitas pizarrosas micáceas en capas delgadas.



Foto 7.- Afloramiento de areniscas de la Formación Ambo, se muestra estratos conformados por areniscas de color gris, Sector Puente Tincuyo.

Morfológicamente forma montañas o colinas de formas cóncavas (foto 8). Originan suelos poco potentes. Rocas de calidad media a baja y susceptibilidad media a alta a generar movimientos en masa. En los cortes de talud para la construcción de carreteras, se pueden generar caída de rocas o derrumbes.



Foto 8.- Colina de formas cóncavas, de pendiente moderada. Sector de la confluencia entre los ríos Chuimacota/Tincuyo y Sabogato.

5.3 GRUPO TARMA COPACABANA.

La exposición en el área de estudio, es muy aislada, localizada y de poca continuidad, aflorando en las nacientes del río Chuimacota/Tincuyo, siguiendo la dirección andina. Litológicamente se componen de calizas gruesas de color gris oscuro, estratificadas en capas gruesas a medianas de forma tabular y rectangular.

5.4 FORMACIÓN LA MERCED.

En el área de estudio, se distribuye en la margen izquierda del río Apurímac, entre el sector de Llochegua y Mayapo. Siguiendo una dirección noroeste.

Está constituida por una gruesa secuencia de conglomerados polimícticos con lentes areno limo – arcillosos (Foto 9). Los clastos son de formas subredondeadas a redondeadas, con tamaños que llegan hasta de 20 cm, clastos de cuarcitas, pizarras silicificadas, calizas, areniscas y en menor proporción de intrusivos; en una matriz areno – limosa. Se presentan medianamente consolidados, formando materiales de mala calidad, muy susceptibles a la generación de fenómenos de movimiento en masa, como derrumbes y flujos de detritos.



Foto 9.- Afloramiento de conglomerado masivo en la margen izquierda del río. Sector Charquihuayco.

5.5 DEPÓSITOS ALUVIALES

Son producto de antiguos cauces de los ríos Apurímac y Chuimacota/Tincuyo acumulándose en los flancos del valle formando terrazas. Están constituidos por gravas, bloques, en matriz arenosa, poco consolidados.

Las terrazas formadas en ambas márgenes del río Apurímac indican las fluctuaciones del caudal y la migración lateral de las aguas. Generalmente son terrenos susceptibles a desborde, inundaciones y erosión fluvial. Ver Foto 10

Estos materiales se encuentran distribuidos a lo largo de los cauces de los ríos Apurímac y Chuimacota/Tincuyo.



Foto 10.- Obsérvese la terrazas aluvio – proluvial en la que esta asentada Puerto Amargura (A); así como los cultivos en las terrazas aluviales en la margen derecha del río Apurímac (B). Tomado de HWRIGHT(Google Earth)

5.6 DEPÓSITOS FLUVIALES

Se encuentran a lo largo de los cauces de los ríos Apurímac y Chuimacota/Tincuyo y corresponden a los depósitos recientes del río, se ubican en los cauces abandonados formando islas y terrazas. En este sector se presentan islas (Foto 11) que se disponen en formas paralelas a la dirección de la corriente de agua, que indican las fluctuaciones del caudal y la migración lateral de las aguas. Generas áreas susceptibles a inundaciones.

El material consiste en gravas inconsolidadas, con clastos redondeados a sub redondeados, en matriz arenosa, algunos bolones, así como material orgánico vegetal (Fotos 12 y 13). Estos provienen de las formaciones geológicas ubicadas en su cuenca que conforman colinas y lomas que quedan en las partes altas del río o de sus quebradas tributarias.

En el río Chuimacota/Tincuyo, la unidad está conformada por grava, con algunos bolones, en matriz areno – limosa. Los fragmentos de roca son de formas redondeadas a subredondeadas (Foto 12) que provienen de las, siendo la Formación La Merced la que aporta mayor material, por ser una unidad inconsolidada. En su desembocadura formas islas (foto 13).



Foto 11.- Islas temporales frente a Llochegua.



Foto 12.- Cauce del río Chuimacota/Tincuyo.



Foto 13.- Desembocadura del río Chuimacota/Tincuyo, se muestran islas conformadas por gravas en matriz arenosa, sobre ella restos de troncos.

5.7 DEPÓSITOS PROLUVIALES

Depósitos generados por los flujos de detritos (huaycos), se ubican en los conos de deyección de ríos y quebradas. Están compuestos por materiales heterogéneos como gravas, bloques en una matriz areno – arcillosa; medianamente consolidados. Se han cartografiado estos materiales en el cono de deyección del río Chuimacota/Tincuyo (ver Foto 14).

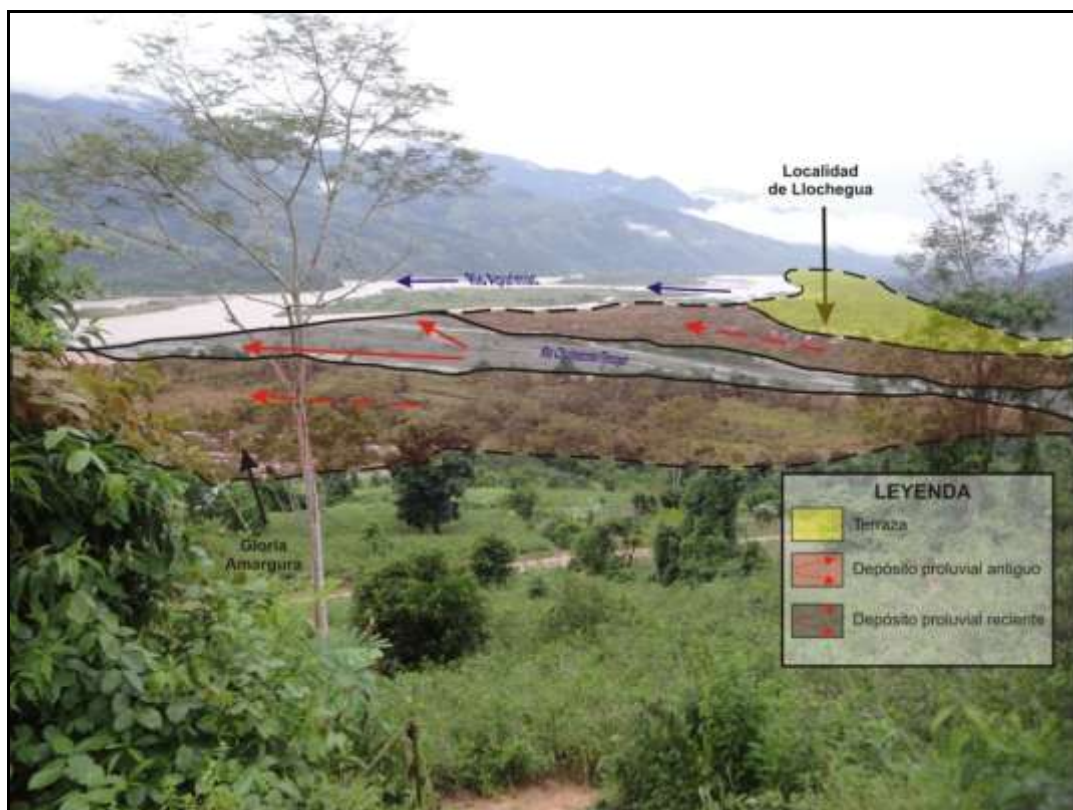


Foto 14.- Depósitos proluviales (materiales de huaycos), generados por el río Chuimacota/Tincuyo.

6. PELIGROS GEOLÓGICOS

Las crecidas de los ríos (avenidas) constituyen un proceso natural ligado a la dinámica geológica (morfología del cauce), en las cuales el río habilita un cauce amplio para almacenaje del caudal y su carga. La cuenca actúa como un sistema de proceso – respuesta autoregurable, en el cual todos los factores están interrelacionados. Cualquier modificación introducida en un punto, implicará un reajuste en su dinámica y morfología, que no se produce de forma progresiva, sino con cambios bruscos, originando en muchos casos desastres, cuando los caudales y la carga superan la capacidad de sus cauces.

Es importante mencionar que el origen más frecuente de las avenidas (que producen erosión fluvial, desbordes e inundaciones) y flujos de detritos (huaycos) son los temporales de lluvias más o menos excepcionales por su intensidad, duración y/o extensión (lluvias cortas de gran intensidad o lluvias prolongadas de baja o gran intensidad).

Las avenidas se caracterizan por su frecuencia probable de ocurrencia o período de retorno, definiendo así la avenida en mensual, anual, decenal, centenaria, milenaria, etc., a cada una de las cuales corresponderán mayores valores de caudal y nivel de aguas a alcanzar, erosionando e inundando superficies crecientes en las márgenes.

Pese a los desbordes e inundaciones periódicas o excepcionales y sus desastrosas consecuencias, las áreas que corresponden a la llanura de inundación o terrazas bajas del valle, son frecuentemente utilizadas para la agricultura, comunicaciones y asentamientos poblacionales, o para la explotación de caudales del propio río.

En consecuencia, las crecidas o avenidas excepcionales, es decir con caudales superiores a los normales, en mayor o menor grado, vienen asociadas normalmente con ingentes daños a bienes y personas, como el caso de los ríos Apurímac y Chuimacota/Tincuyo.

Los huaycos o flujos de detritos, son eventos muy rápidos a extremadamente rápidos de detritos saturados, no plásticos (Índice de plasticidad menos al 5%), que transcurren principalmente confinados a lo largo de un cauce de fuertes pendientes. Se inicia con intensas precipitaciones pluviales, que detonan uno o varios deslizamientos de detritos en lo alto de las cabeceras y al descender por los cuases incorporan gran cantidad de material saturado y lo depositan en forma de abanicos de detritos. Sus depósitos tienen rasgos característicos, como la presencia de albardones o diques longitudinales. Los flujos de detritos se desarrollan por pulsos, principalmente por la cantidad de material acumulado en lo alto del cauce (PMA:GCA, 2007).

En el área de estudio, poblaciones y terrenos de cultivo ocupan áreas que pueden ser afectadas por peligros geológicos, como son antiguos cauces de quebradas, llanura de inundación o terrazas bajas del valle, etc.

El área de Llochegua se encuentra asentada sobre una antigua terraza formada por el río Chuimacota/Tincuyo, que está amenazada por flujos de detritos, como también a inundaciones y erosiones fluviales.

En la cuenca media del río Chuimacota/Tincuyo, se han identificados flujos de detritos (en sus quebradas tributarias), derrumbes y deslizamientos que aportan material suelto al cauce del río.

Según Guzmán, A. et al, 2006, el sector de Llochegua, está considerado como un área de alta susceptibilidad a los movimientos en masa.

6.1 OBSERVACIONES DE CAMPO

Durante los trabajos de campo realizados en el sector de Llochegua, se identificaron los siguientes peligros geológicos: flujos de detritos (huaycos), derrumbes, deslizamientos, e inundación fluvial, que a continuación se detallan (Ver Figura 4).

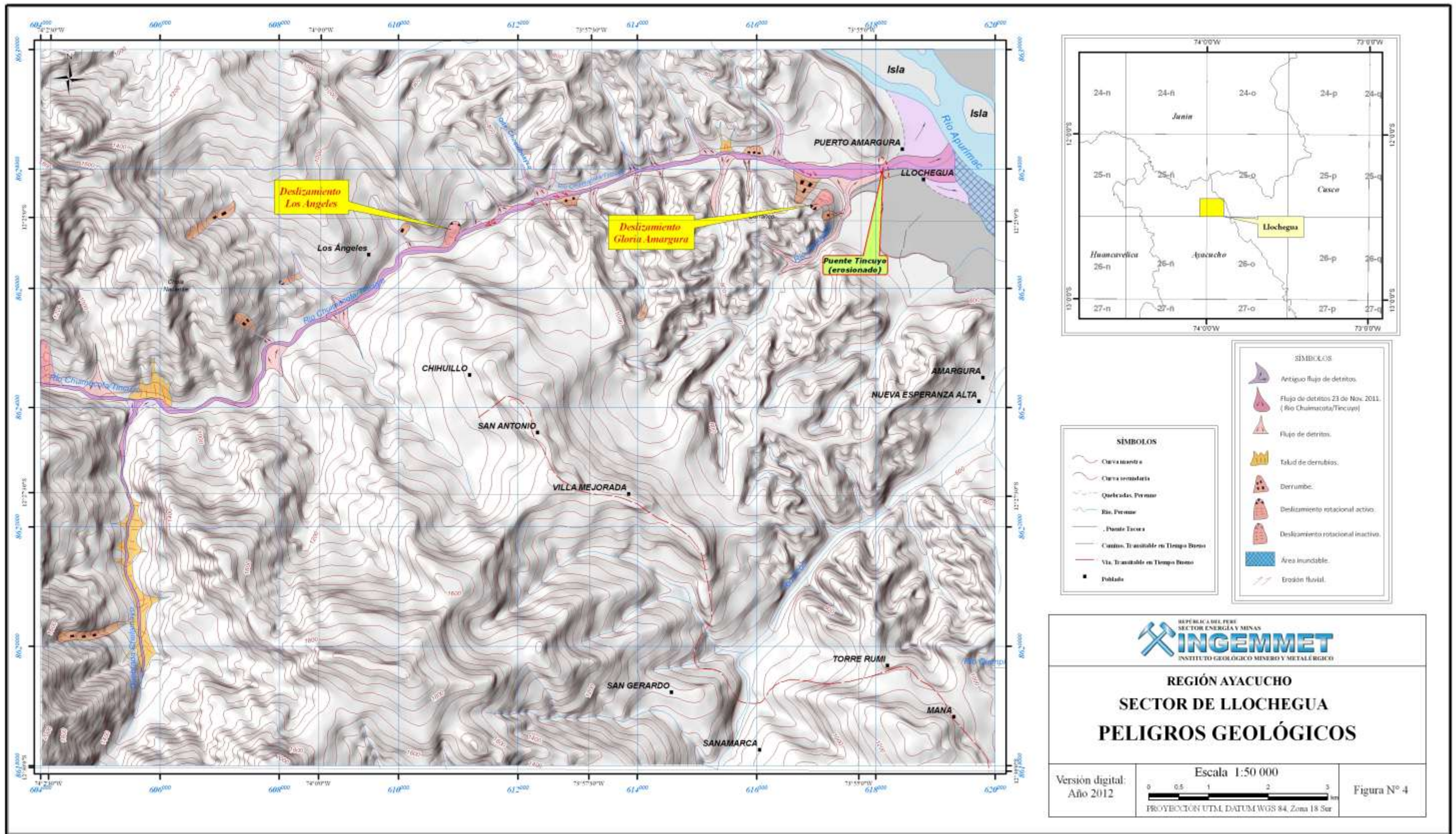
6.1.1 FLUJOS DE DETRITOS

El río Chuimacota/Tincuyo, en tiempos prehistóricos, generó flujos de gran magnitud cuyos materiales “empujaron” e hicieron migrar el río Apurímac hacia su margen derecha, tal como muestran las imágenes satelitales (Figura 5). Posteriormente esta terraza fue erosionada, en su parte central, por el río Apurímac. Estos flujos formaron un extenso cono de deyección con una longitud de 600 m. En la actualidad, sobre el cono deyección, se encuentran ubicadas las localidades de Llochegua, Gloria Amargura y Puerto Amargura.

QUEBRADAS QUE DISECTAN (CORTAN) LA FORMACIÓN LA MERCED:

Cortando la Formación La Merced, discurren el río Sabogato y siete quebradas, todas ellas generadoras de huaycos (flujos de detritos hiperconcentrados). Los huaycos acumulan depósitos proluviales formados por gravas, bloques, englobados en una matriz areno – limosa.

Estos flujos de detritos afectan tramos de la carretera Llochegua – Los Ángeles – Chola Naciente (Fotos 15 y 16).




 REPÚBLICA DEL PERÚ
 SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
 INSTITUTO GEOLÓGICO MINERO Y METALÚRGICO

REGIÓN AYACUCHO
SECTOR DE LLOHEGUA
PELIGROS GEOLÓGICOS

Versión digital: Año 2012

Escala 1:50 000

 PROYECCIÓN UTM, DATUM WGS 84, Zona 18 Sur

Figura N° 4



Figura 5.- Imagen del Google Earth, se muestra el antiguo depósito generado por flujos de detritos (huaycos), sobre estos se ubican las localidades de Llochegua y Gloria Amargura.



Foto 15.- Quebrada CharquiHuayco, con material suelto en el cauce de la quebrada.



Foto 16.- Quebrada S/N, aporta material suelto al río Chuimacota/Tincuyo por la margen izquierda.

FLUJO DE DETRITOS DEL 23 DE NOVIEMBRE DEL 2011: Luego de intensas precipitaciones en la cuenca alta del río Chuimacota/Tincuyo, principalmente los días 22 y 23 de noviembre del 2011; se “detonaron” numerosos huaycos.

Las causas de los flujos de detritos (huaycos) que se generaron en la cuenca del río Chuimacota/Tincuyo y afectaron Llochegua fueron: a) abundante material suelto en el cauce y laderas del río, b) presencia de quebradas afluentes que generan flujos de detritos y aportan material suelto al cauce principal; c) presencia de deslizamientos y derrumbes que aportan constantemente materiales al cauce; d) presencia de materiales inconsolidados (conglomerados) correspondientes a la Formación La Merced en la cuenca media y baja del río. Este, por su fácil erosión, aporta material suelto al cauce del río; e) pendiente moderada de las laderas; y f) intensa deforestación que acelera la generación de movimientos en masa (flujos de detritos, derrumbes y deslizamientos).

Por versiones de los lugareños, este flujo de detritos se inició en la quebrada Chulamayo, afluente de la margen derecha al río Chuimacota/Tincuyo (Foto 17).

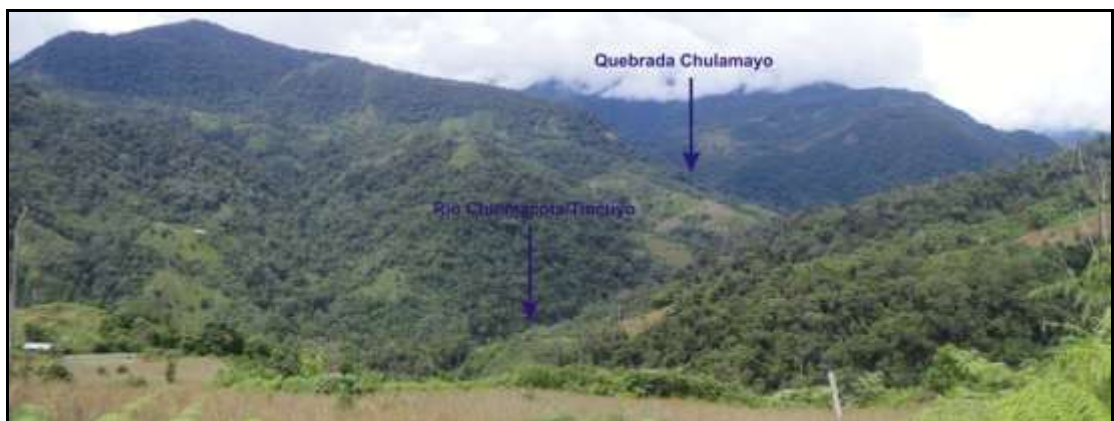


Foto 17.- Se muestra las nacientes del río Chuimacota/Tincuyo.

El material proveniente de la quebrada Chulamayo, descendió bruscamente y se canalizó por el cauce del río Chuimacota/Tincuyo, originando erosión lateral, arrasando con la vegetación (Foto 18) e incorporando nuevos bloques de roca durante su recorrido.



Foto 18.- El paso del flujo de detritos provoco erosión lateral en la ladera, generando derrumbes.

En la cuenca media del río, el flujo de detritos afectó: 1) en la margen derecha, erosionó la rampa de acceso al puente Tacora, destruyó defensas ribereñas, gaviones. Ver Fotos 19 y 20; 2) erosión y derrumbes en la carretera Llochegua – Los Ángeles, sector de Tacora. Tramo que discurre por la margen izquierda del río, siendo afectado en 30 m. En este sector se están generando derrumbes con alturas de hasta de 12 m, de seguir la erosión es muy probable que la carretera sea destruida (Foto 21).



Foto 19.- Restos de troncos (A) dejados por la carga del flujo de detritos. (B) la rampa de acceso al puente destruida.



Foto 20.- Se aprecian defensas ribereñas destruidas (A). La rampa de acceso al puente por margen derecha completamente erosionada, se ha reemplazado por un puente de palos (B).



Foto 21.- Carretera afirmada Llochegua – Los Ángeles, sector de Tacora.

Para seguridad del puente Tincuyo (2010), ubicado en la cuenca baja del río Chuimacota/Tincuyo, en su construcción se colocaron defensas ribereñas, gaviones (Foto 22) y un muro de acceso al puente de forma piramidal (Foto 23), que tiene una base mayor de 8 m. y menor de 5m.

Es importante recalcar que este puente colapsó, poco después de su construcción (2010), por problemas constructivos (Fotos 22 y 25).



Foto 22.- Puentes Tincuyo colapsado, se aprecian en la margen derecha las defensas ribereñas (gaviones).

Al canalizarse el flujo de detritos por el puente Tincuyo, se empezó a represar, el material empezó a elevarse, erosionando parte de la rampa de acceso al puente, por donde se canalizo una porción del flujo (Foto 24) que se desplazó por terrenos de cultivo, no llegando a afectar a la población.

La mayor parte de la masa del flujo, se concentro en el cauce, ocasionando la destrucción total de la estructura del puente. El desplazamiento del flujo en este sector tiene la forma de un cuello de botella (Fotos 24 y 26).

El muro de acceso al puente, y las defensa ribereñas (gaviones), cumplieron la función de atenuar la fuerza del flujo y desviarlo hacia la margen izquierda del río.



Foto 23.-



Foto 23 y 24.- Se muestra las defensas ribereñas y rampa de acceso al antiguo puente Tincuyo.



Foto 25.-. Puente Tincuyo, colapsó en el año 2010.



Foto 26.- Las flechas de color azul muestran el desplazamiento que ha tenido el flujo de detritos del 22 de noviembre del 2011. La de color Rojo (A) muestra el área por donde erosionó el flujo de detritos a la rampa de acceso.

De no haberse construido las defensas ribereñas y la rampa de acceso al puente Tincuyo, el flujo de detritos se hubiera canalizado hacia parte de la localidad de Llochegua. En la esquematización (foto 27), se muestra el posible desplazamiento del flujo, donde hubiera llegado hasta la zona urbana de Llochegua.



Foto 27.- Esquematización del desplazamiento del flujo de detritos del 22 de noviembre, en el caso de no haber estado las defensas ribereñas.

Las defensas ribereñas del puente, gaviones, también fueron afectados, (ver foto 28), siendo necesario que un rediseño de las mismas.



Foto 28.- Gavión afectado por la erosión lateral.

6.1.2 DESLIZAMIENTOS

En el área de estudio se han cartografiado (Figura 4), los deslizamientos en el sector Los Ángeles y en el sector Gloria Amargura, que detallan a continuación:

DESLIZAMIENTO LOS ÁNGELES: Se localiza entre las coordenadas 610790 E y 8626890 N, en el talud superior de la carretera Llochegua – Chola Naciente e involucra rocas sedimentarias de tipo areniscas y limolitas.

El deslizamiento es de tipo rotacional – retrogresivo, se generó en febrero del 2012, detonado por intensas precipitaciones pluviales; su activación formó un escarpe de 50 m.

Las causas de este deslizamiento son: a) Roca de mala calidad muy meteorizada; b) Pendiente del terreno entre 20°-25°; c) filtraciones de agua, presencia de puquiales; d) intensa deforestación, que desprotege la ladera del cerro; e) corte de talud para construcción de carretera.

En el cuerpo del deslizamiento se observan arboles inclinados, como también asentamientos en la carretera afirmada (Foto 29); lo que indica el fuerte movimiento de la masa del terreno.

El deslizamiento afecta terrenos de cultivo y la carretera afirmada Llochegua – Los Ángeles. La masa del cuerpo del deslizamiento, al desplazarse cuesta abajo, hizo desplazar ligeramente la dirección del cauce del río Chuimacota/Tincuyo, hacia la margen derecha.

Es necesario drenar el cuerpo del deslizamiento, forestar la zona y banquetear el cuerpo del deslizamiento.



Foto 29.- Área inestable por deslizamiento, se observan asentamientos del terreno, que afectado a la carretera.

DESLIZAMIENTO GLORIA AMARGURA:

Este deslizamiento de tipo rotacional y retrogresivo afecta conglomerados con matriz areno limosa, inconsolidados, formando un escarpe de 50 m y presentando en su cabecera, escarpas sucesivas con saltos menores a 0,50 m.

Las causas de este deslizamiento son: a) rocas de mala calidad y materiales inconsolidados; b) pendiente del terreno oscila entre 25°-30°; c) intensa deforestación; d) corte de talud para carretera; e) cuerpo del deslizamiento saturado de agua. Siendo el factor “detonante”, las intensas precipitaciones pluviales que se presentaron en el periodo lluvioso de enero – marzo de 2011.

El deslizamiento afecta la carretera Llochegua – Los Ángeles, en el sector de Gloria Amargura, así como también a terrenos de cultivo.

Como medidas correctivas se debe banquetear, drenar y forestar el cuerpo del deslizamiento y alrededores. Al momento de banquetear el terreno, el material que se extrae no debe ser vertido en las laderas, ya que por la acumulación de material suelto puede generar flujos de detritos (Foto 30).



Foto 30.- flujo de detritos formado por acumulación de material proveniente del desmonete de la construcción de la carretera.

6.1.3 DERRUMBES

En el área de estudio se han cartografiado dos importantes derrumbes, uno en el sector de Chola Naciente y el otro en Barranca.

SECTOR DE CHOLA NACIENTE: Este derrumbe se ubica en las siguientes coordenadas: 607471 Este y 8625360 Norte y se produjo en noviembre del 2011. Foto 31

El derrumbe, presenta un escarpe de 180 m de longitud, con una altura de 70 m, siendo el factor desencadenante las intensas precipitaciones pluviales.

Las causas son: a) pendiente del terreno; b) fuerte fracturamiento de las rocas con direcciones de caída (buzamiento) a favor de la pendiente de la ladera; c) roca con presencia de limolitas que al saturarse de agua pierden estabilidad; d) corte de talud para carretera.

La masa inestable descendió cuesta abajo, afectando terrenos de cultivo y afectando la carretera afirmada Llochegua – Chola Naciente en un tramo de 200 m.



Foto 31.- Sector de Chola Naciente, se aprecia un derrumbe que afectó carretera afirmada Llochegua-Chola Naciente.

SECTOR DE BARRANCA

Este derrumbe se encuentra en las coordenadas: 616880 E y 8627698 N. ocurrió el 03 de marzo del 2011, siendo el factor detonante la intensa precipitación.

El derrumbe presenta un escarpe de 200 m y una altura de 250 m, afectó carretera Llochegua-Chihuillo, en un tramo de 500 (Foto 32).



Foto 32.- Derrumbe del sector de Barranca, afectó carretera Llochegua-Chihuillo, se muestra el área inestable. Las flechas de color rojo indican el sentido de la erosión del río, las de color azul el sentido de corriente del río.

Las causas del evento fueron: a) erosión fluvial por parte del río Tincuyo, margen derecha; b) roca de mala calidad: conglomerados en matriz arenolimosa, inconsolidados de fácil remoción; c) fuerte pendiente de las laderas; d) Intensa deforestación; y e) corte de talud para carretera.

Al incrementar la carga el río Chuimacota/Tincuyo, el cauce del río migró hacia el talud de la margen derecha erosionándola en su pie, originando el derrumbe.

6.1.4 INUNDACIÓN DEL PUERTO LLOCHEGUA

Las últimas crecidas del río Apurímac, afectaron el puerto de Llochegua y 30 ha de terrenos eriazos, con alturas de hasta 1,5 m (Foto 33). Es importante mencionar que el puerto de Llochegua, se comunica con el sector Quisto Central (Distrito Pichari – Cuzco).

No es recomendable la construcción de viviendas en este sector, se puede usar como área de terrenos de cultivo de tipo estacional.



Foto 33. Se muestra con líneas rojas, el nivel alcanzado por las aguas del río Apurímac.

7. MEDIDAS CORRECTIVAS

7.1 SECTOR LLOCHEGUA

Los ríos Chiumacota/Tincuyo y Sabogato, son ríos de régimen estacional, donde es posible el acarreo de material detrítico generado por movimientos masa en ambas márgenes.

Se debe propiciar: la fijación de los sedimentos en tránsito y minimizar el transporte fluvial. Para ello es preciso aplicar, en los casos que sean posibles, las medidas que se proponen a continuación:

- Encauzamiento del canal principal, con remoción selectiva de los materiales gruesos, que serán utilizados en los enrocados y/o espigones para controlar las corrientes.
- Permitir el crecimiento de la cobertura vegetal nativa a lo largo de su cauce y en las zonas circundantes a ella, asegurando su estabilización, así como la disipación de la energía de las corrientes.
- La vegetación natural (pastos, malezas, arbustos, arboles) que se desarrollan en estas áreas, están contribuyendo a atenuar el proceso de generación de flujos. Por estas razones, es recomendable regenerar y no destruir la cobertura vegetal natural. En lo posible reforestar las laderas de la quebrada.
- Es necesario descolmatar los cauces de las quebradas afluentes, y del río Sabogato, para aliviar la carga sólida del río Chiumacota/Tincuyo en tiempos de crecida. Con esto se lograría atenuar que el río genere flujos de detritos, colmate su cauce y erosione sus márgenes.

La zona afectada por inundación fluvial en margen izquierda del río Apurímac, no debe ser ocupada por viviendas.

7.2 SECTOR BARRANCA

Este sector requiere:

- Cambiar el trazo de carretera, el área se encuentra muy inestable.
- Reforestar el área con árboles nativos y evitar la deforestación. La forestación debe incluir las laderas superiores e inferiores.

7.3 SECTOR PUERTO LLOCHEGUA

En este sector se deben tomar las siguientes medidas:

- Descolmatar el cauce del río Apurímac, especialmente la margen derecha, donde ha habido acumulación de material por las últimas avenidas. Para que el río tienda a migrar hacia la margen derecha.

CONCLUSIONES

1. La Formación La Merced, por estar conformada por conglomerados no litificados (inconsolidados), se comporta como una roca de mala calidad; es por ello, que en esta unidad se desarrollan la mayor cantidad de movimientos en masa cartografiados: derrumbes, deslizamientos y flujos de detritos.
2. Las intensas precipitaciones pluviales fueron el “detonante” del flujo de detritos ocurrido el 22 de noviembre del 2011. Estas se presentaron en la cuenca alta y media de la cuenca del río Chuimacota/Tincuyo.
3. Otro factor importante para la generación de los flujos de detritos es la intensa deforestación que presenta el área.
4. El derrumbe en el sector de Barranca, fue provocado por la erosión fluvial del pie del talud, por parte del río Chuimacota/Tincuyo.
5. En el momento de desplazarse el flujo de detritos, erosionó ambos márgenes del río ocasionando derrumbes y deslizamientos, incrementando de esta manera su carga sólida y caudal. Afectando la margen derecha del puente Tacora y arrasando la estructura del puente Tincuyo.
6. Las defensas ribereñas del puente Tincuyo, se comportaron como defensas para el poblado de Llochegua.
7. El factor detonante para los peligros geológicos mencionados, está relacionada a las intensas precipitaciones pluviales estacionales que ocurren entre los meses de diciembre a abril.
8. El área de estudio del sector Llochegua, por su morfología, ubicación, alta susceptibilidad a los movimientos en masa como flujos de detritos, deslizamientos y derrumbes (río Chuimacota/Tincuyo); así como la alta susceptibilidad a las inundaciones (margen izquierda del río Apurímac), se considerada como **PELIGRO INMINENTE.**

RECOMENDACIONES

1. Después de cada periodo lluvioso, se debe descolmatar y encausar los ríos Chuimacota/Tincuyo, Sabogato y sus quebradas afluentes, a fin de aliviar la carga de sedimentos.
2. Se debe colocar defensas ribereñas (gaviones, enrocados) en la margen derecha del río Chuimacota/Tincuyo y en ambas márgenes del río Sabogato, a fin de proteger a la población de Llochegua.
3. El muro o rampa de acceso al antiguo puente Tincuyo, no debe ser destruida, porque esta se comporta como defensa ribereña, frente a la erosión del río Chuimacota/Tincuyo. Esta debe ser reforzada y protegida.
4. Se deber rediseñar y reponer las defensas ribereñas para el puente Tacora, así como también ampliar la longitud del mismo.
5. Para las zonas del deslizamientos se deberá realizar:
 - Canales de coronación, encima de la corona principal, para evitar la infiltración de aguas provenientes de las lluvias.
 - Sellar las grietas, de preferencia con material arcilloso, para evitar la infiltración de agua proveniente de las lluvias hacia el terreno.
 - Captar los puquiales y canalizarlos hacia la quebrada, con la finalidad de evitar la infiltración del agua hacia la masa del deslizamiento.
 - Banquetear el talud de la masa deslizada, medida que debe ser dirigida por un especialista.
 - Reforestar la zona, con plantas nativas.
6. Reforestar las laderas, a fin de evitar la formación de nuevos movimientos en masa (flujos de detritos, deslizamientos derrumbes) o aceleración de ellos.
7. En los anexos se muestran algunos gráficos de medidas correctivas adicionales que se pueden tomar frente a deslizamientos y flujos de detritos.

REFERENCIAS

Guzmán, A.; Fidel, L; Zavala, B; Valenzuela, G.; Núñez, S.; Rivera, M.; Vilchez, M.; Villacorta, S.; y Pari, W. (2003) **Estudio de Riesgos Geológicos del Perú – Franja N° 3**. INGEMMET, Serie C: Geología e Ingeniería Geológica, Boletín N° 28, 373 pág.

Díez –Herrero A., Laín-Huerta, L. & Llorente-Isidro, M. (2008) **Mapas de peligrosidad por avenidas e inundaciones. Guía metodológica para su elaboración**. Instituto Geológico y Minero de España.190. Pág.

IGME – Instituto Geológico y Minero de España (1985), Geología y Prevención de daños por inundaciones. ISBN 84-7474-324-9. 421 p

PMA: GCA – PROYECTO MULTINACIONAL ANDINO: GEOCIENCIAS PARA LAS COMUNIDADES ANDINAS (2007) Movimientos en masa en la región andina: Una guía para la evaluación de amenazas. Servicio Nacional de Geología y Minería, Santiago, Chile.

Monge R.; Valencia, M. y Sánchez, J. (1998). **Geología de los Cuadrángulos de Llochegua, Río Picha y San Francisco**. INGEMMET, Serie A: Carta Geológica, Boletín N°120, 253 pág.

Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI) (2003), **Mapa de Precipitación Anual-Periodo Normal (Septiembre-Mayo)**. En: Atlas de Peligros Naturales (INDECI). Lima. Págs. 310-311.

Smith, S (1980). **Sistemas de río Anastomosados** en línea (Consulta: Marzo 2012). <http://www.geologia.uson.mx/academicos/grijalva/ambientesfluviales/sistemaderiosanastomosados.htm>

ANEXOS

ESQUEMAS DE MEDIDAS CORRECTIVAS

En esta sección se dan algunas propuestas generales de solución para la región, con la finalidad de minimizar las ocurrencias de deslizamientos, derrumbes, caídas de rocas, flujos, procesos de erosiones de laderas, entre otros; así como también para evitar la generación de nuevas ocurrencias.

MEDIDAS PARA DESLIZAMIENTOS, DERRUMBES Y CAÍDAS DE ROCAS

Las medidas correctivas se pueden realizar en: 1) taludes en construcción, 2) laderas que tienen pendientes fuertes y es necesaria su estabilización, 3) para estabilizar fenómenos de rotura, sobretodo aquellos que pueden trabajarse a nivel de construcción. Para definir la solución ideal es necesario valorar diferentes parámetros, sean de tipo constructivo o económico.

A) Corrección por modificación de la geometría del talud

Cuando un talud es inestable o su estabilidad es precaria se puede modificar su geometría con la finalidad de obtener una nueva disposición que resulte estable. Esta modificación busca lograr al menos uno de los dos efectos siguientes:

- Disminuir las fuerzas que tienden al movimiento de la masa.
- Aumentar la resistencia al corte del terreno mediante el incremento de las tensiones normales en zonas convenientes de la superficie de rotura.

Lo primero se consigue reduciendo el volumen de la parte superior del deslizamiento y lo segundo incrementando el volumen en el pie del mismo.

Las acciones que pueden realizarse sobre la geometría de un talud para mejorar su estabilidad son las siguientes:

Eliminar la masa inestable o potencialmente inestable. Esta es una solución drástica que se aplica en casos extremos, comprobando que la nueva configuración no es inestable.

Eliminar el material de la parte superior (descabezamiento) de la masa potencialmente deslizante. En esta área el peso del material contribuye más al deslizamiento y presenta una menor resistencia, dado que la parte superior de la superficie de deslizamiento presenta una máxima inclinación. Por ello la eliminación de escasas cantidades de material produce aumentos importantes del factor de seguridad.

Construcción de escolleras en el pie del talud. Puede efectuarse en combinación con el descabezamiento del talud o como medida independiente (Figuras 1 y 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 cómo un elemento resistente propiamente dicho.

Algo que debe tomarse en cuenta constantemente es que la base del relleno debe ser siempre drenante pues en caso contrario su efecto estabilizador puede verse disminuido, especialmente si el relleno se apoya sobre material arcilloso. Puede ser necesario colocar un material con funciones de filtro entre el relleno drenante y el material del talud, para ello puede recurrirse al empleo de membranas geotextiles.

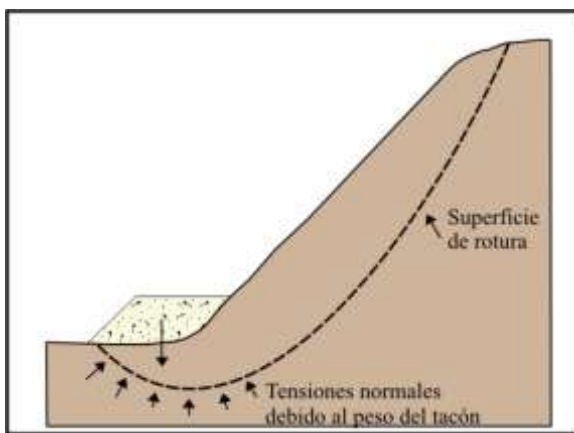


Figura 1: Efecto de una escollera sobre la resistencia del terreno.

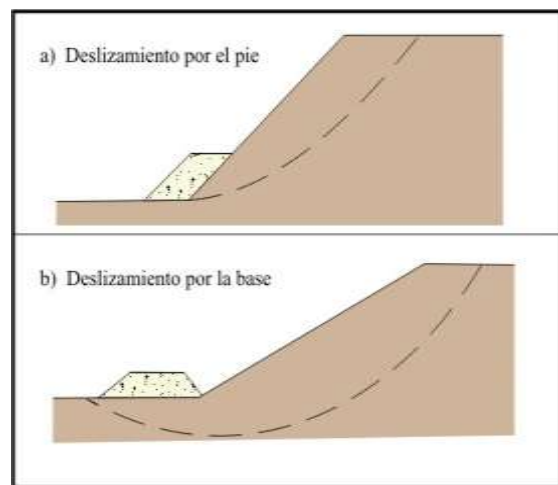


Figura 2: Colocación de escolleras.

Tratamiento de taludes con escalonamiento: Es una medida que puede emplearse tanto cuando un talud está comprometido por un deslizamiento o antes de que este se produzca. Su uso es aconsejable porque facilita el proceso constructivo y las operaciones del talud, retiene las caídas de fragmentos de roca —indeseables en todos los casos— y si se coloca en ellos zanjas de drenaje entonces se evacuará las aguas de escorrentía, disminuyendo su efecto erosivo y el aumento de las presiones intersticiales. Figura 3

Este escalonamiento se suele disponer en taludes en roca, sobretodo cuando es fácilmente meteorizable y cuando es importante evitar las caídas de fragmentos de roca, como es el caso de los taludes ubicados junto a vías de transporte.



Figura 3: Esquema de un talud con bermas intermedias.

B) Corrección por drenaje

Este tipo de corrección se efectúa con el objeto de reducir las presiones intersticiales que actúan sobre la superficie de deslizamiento (sea potencial o existente), lo que aumenta su resistencia y disminuye el peso total, y por tanto las fuerzas desestabilizadoras.

Las medidas de drenaje son de dos tipos:

Drenaje superficial. Su fin es recoger las aguas superficiales o aquellas recogidas por los drenajes profundos y evacuarlas lejos del talud, evitándose su infiltración (Figura 4).

Las aguas de escorrentía se evacuan por medio de zanjas de drenaje, impermeabilizadas o no y aproximadamente paralelas al talud. Estas deben situarse a poca distancia de la cresta del talud y detrás de la misma, de manera que eviten la llegada del agua a las grietas de tensión que podrían existir o no. El cálculo de la sección debe hacerse con los métodos hidrológicos.

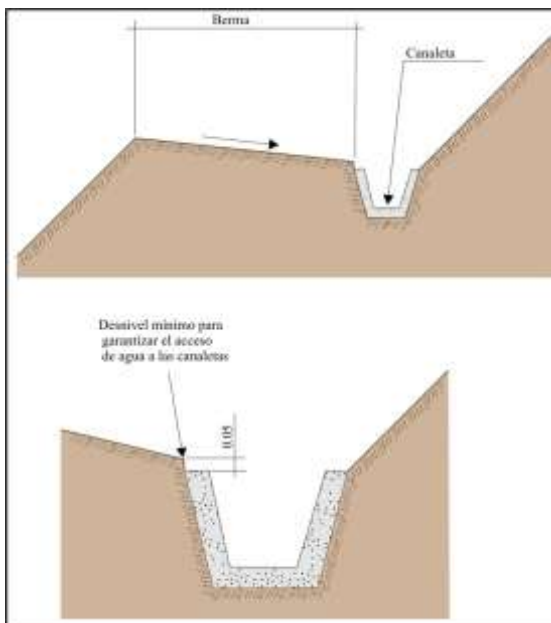


Figura 4: Detalle de una canaleta de drenaje superficial

Drenaje profundo. La finalidad es deprimir el nivel freático con las consiguientes disminuciones de las presiones intersticiales. Para su uso es necesario conocer previamente las características hidrogeológicas del terreno (Figura 5).

Se clasifican en los siguientes grupos:

b.1) Drenes horizontales. Perforados desde la superficie del talud, llamados también drenes californianos. Consisten en taladros de pequeño diámetro, aproximadamente horizontales, entre 5° y 10°, que parten de la superficie del talud y que están generalmente contenidos en una sección transversal del mismo (Figuras 5 y 6).

Sus ventajas son:

- Su instalación es rápida y sencilla.
- El drenaje se realiza por gravedad.
- Requieren poco mantenimiento.
- Es un sistema flexible que puede readaptarse a la geología del área.

Sus desventajas son:

- Su área de influencia es limitada y menor que en el caso de otros métodos de drenaje profundo.
- La seguridad del talud hasta su instalación puede ser precaria.

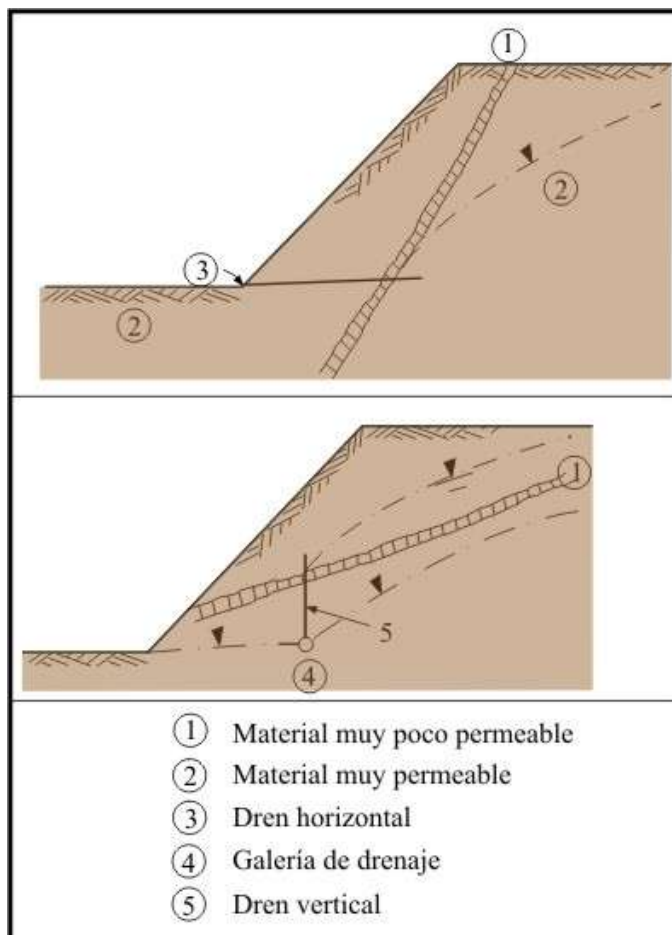


Figura 5: Disposición de sistema de drenaje en taludes no homogéneos.

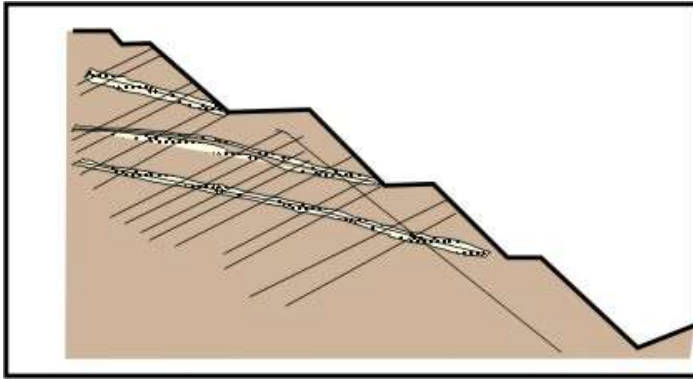


Figura 6. Esquema de drenaje de un talud por medio de drenes californianos

C) Corrección por elementos resistentes

C.1) Muros. Los muros se emplean frecuentemente como elementos resistentes en taludes (Figura 7).

En ocasiones se emplean para estabilizar deslizamientos existentes o potenciales al introducir un elemento de contención al pie (Figura 8). Esta forma de actuar puede tener varios inconvenientes. En primer lugar, la construcción del muro exige cierta excavación en el pie del talud, lo cual favorece la inestabilidad hasta que el muro esté completamente instalado. Por otra parte, el muro no puede ser capaz de evitar posibles deslizamientos por encima o por debajo del mismo.

Una contención solo puede sostener una longitud determinada de deslizamiento ya que en caso contrario el deslizamiento sobrepasa al muro. Cuando quieran sujetarse deslizamientos más largos, debe recurrirse a un sistema de muros o a otros de los procedimientos expuestos.

Por todo ello, en taludes con signos evidentes de inestabilidad puede ser más apropiado realizar el muro con objeto de retener un relleno estabilizador.

En desmontes y terraplenes en los que la falta de espacio impone taludes casi verticales, el empleo de muros resulta casi obligado. Este es un caso frecuente en la construcción de vías de transporte. En ocasiones, como en el caso de un desmonte en una ladera, puede resultar más económica la construcción de un muro, frente al coste de sobre excavación requerido si aquel no se realiza. La construcción de un muro es generalmente una operación cara. A pesar de ello, los muros se emplean con frecuencia pues en muchos casos son la única solución viable.

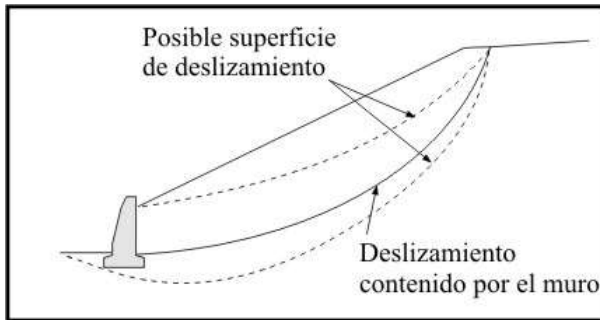


Figura 7: Contención de un deslizamiento mediante un muro.

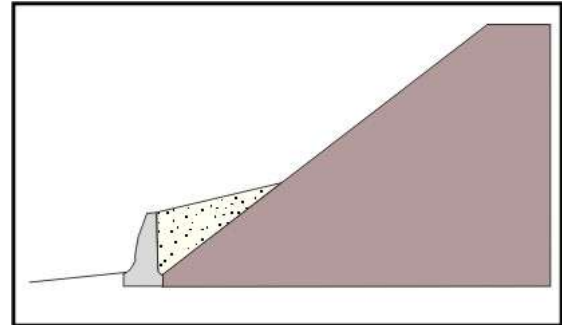


Figura 8: Relleno estabilizador sostenido por el muro.

Los muros se pueden clasificar en tres grupos (Figura 9):

- Muros de sostenimiento: Se construyen separados del terreno natural y se rellenan posteriormente.
- Muros de contención: Generalmente van excavados y se construyen para contener un terreno que sería probablemente inestable sin la acción del muro.
- Muros de revestimiento: Su misión consiste esencialmente en proteger el terreno de la erosión y meteorización además de proporcionar un peso estabilizador.

Cuando se proyecta un muro deberán determinarse las cargas a las que va a estar sometido y su distribución, lo que permitirá planificar una estructura capaz de resistirlas.

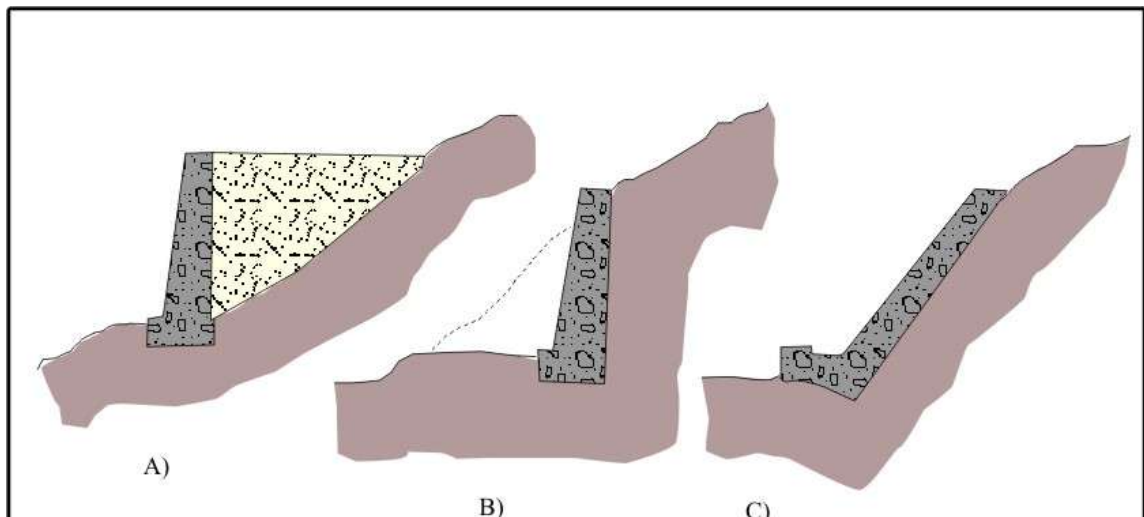


Figura 9: a) Muro de sostenimiento b) Muro de contención c) Muro de revestimiento.

Las comprobaciones que deben efectuarse en un caso típico son las siguientes:

- Estabilidad general del sistema muro-terreno al deslizamiento; la estabilidad general del muro incluye la estabilidad al vuelco y al deslizamiento.
- Resistencia del terreno del cimiento.
- Ausencia de tracciones en la base del muro.
- Resistencia estructural: Se ha de comprobar que las tensiones máximas en el muro no sobrepasen los valores admisibles.

Tipos de muros

Muros de gravedad: Son los muros más antiguos, son elementos pasivos en los que el peso propio es la acción estabilizadora fundamental (Figuras 10, 11 y 12).

Se construyen de hormigón en masa, pero también existen de ladrillo o mampostería y se emplean para prevenir o detener deslizamientos de pequeño tamaño. Sus grandes ventajas son su facilidad constructiva y el bajo costo.

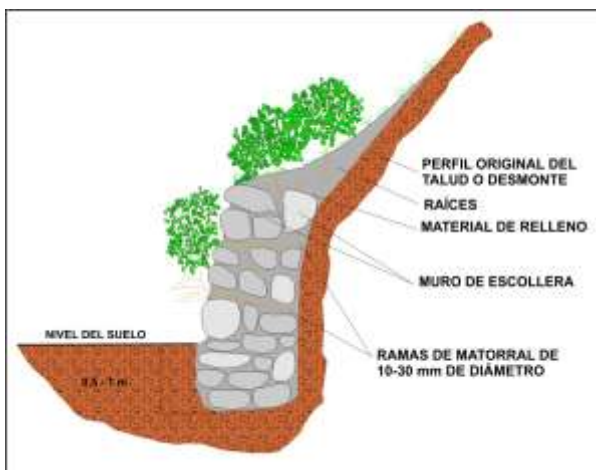


Figura 10 A). Muros de gravedad de piedra seca.

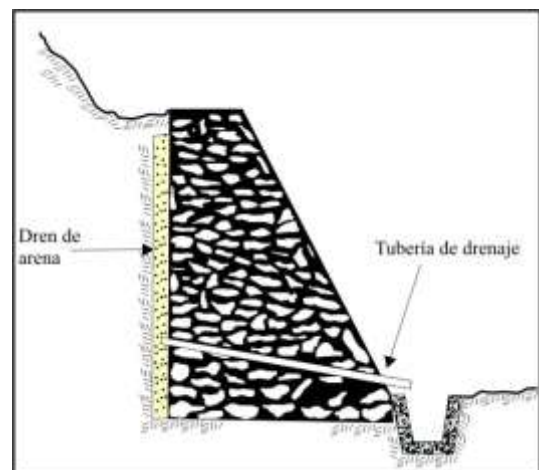


Figura 10 B) Muros de gravedad de piedra argamasada.

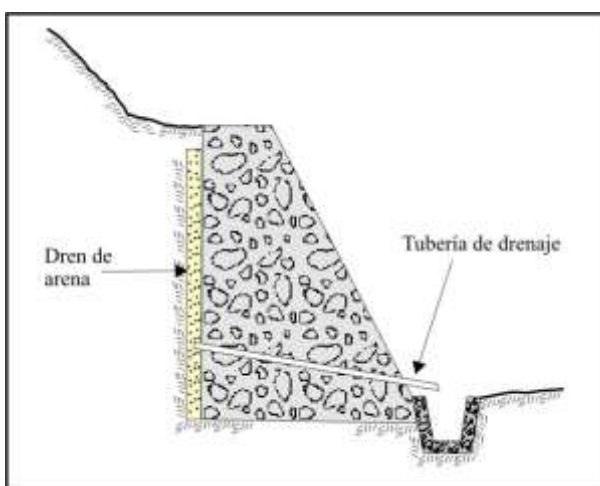


Figura 11: Muros de gravedad de concreto ciclópeo

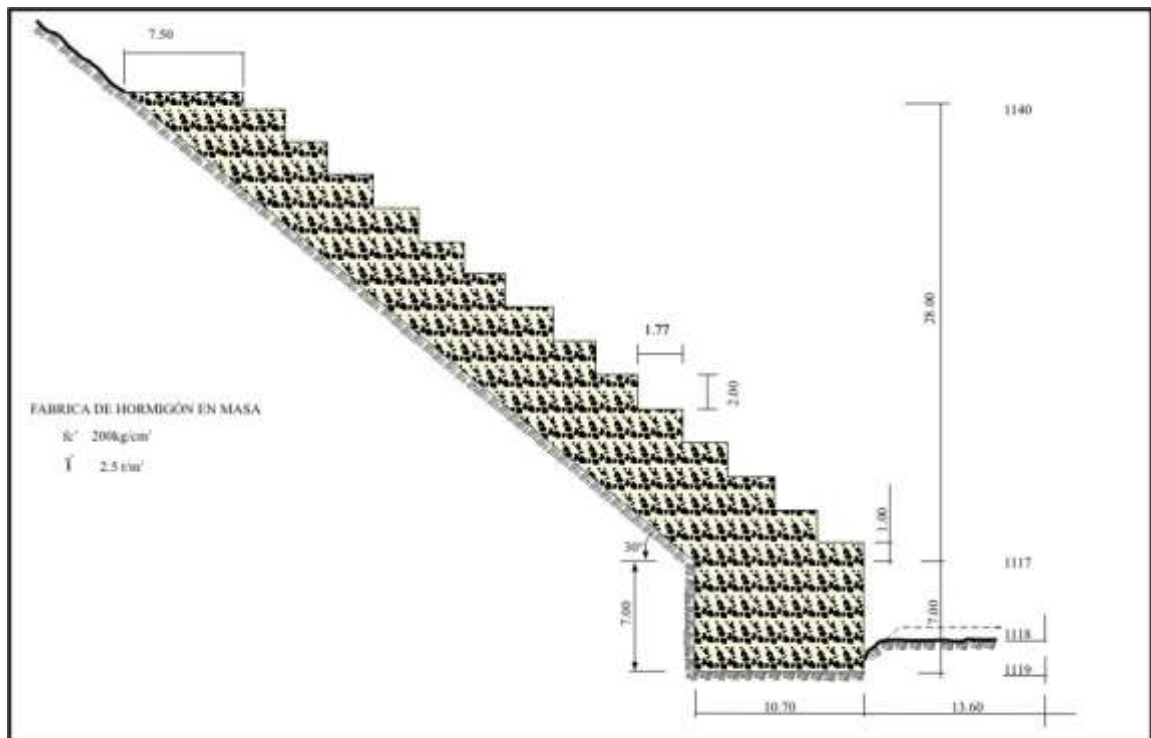


Figura 12: Muros de espesor máximo

Muros de gaviones. Los gaviones son elementos con forma de prisma rectangular que consisten en un relleno granular constituido por fragmentos de roca no degradable (caliza, andesita, granitos, etc.), retenido por una malla de alambre metálico galvanizado (Figura 13).

Los muros de gaviones trabajan fundamentalmente por gravedad. Generalmente se colocan en alturas bajas, aunque algunas veces se colocan en alturas medianas (hasta 25 m de alto y 10 m de ancho) y funcionan satisfactoriamente. La relación entre la altura del muro y el ancho de la base del mismo es muy variable, y suele estar comprendida entre 1,7 a 2,4.

Las ventajas que presenta son:

- Instalación rápida y sencilla.
- Son estructuras flexibles que admiten asentamientos diferenciales del terreno.
- No tienen problemas de drenaje ya que son muy permeables.
- Los empujes sobre el muro y su estabilidad al vuelco y deslizamiento se calculan de igual forma que en el caso de un muro de gravedad.

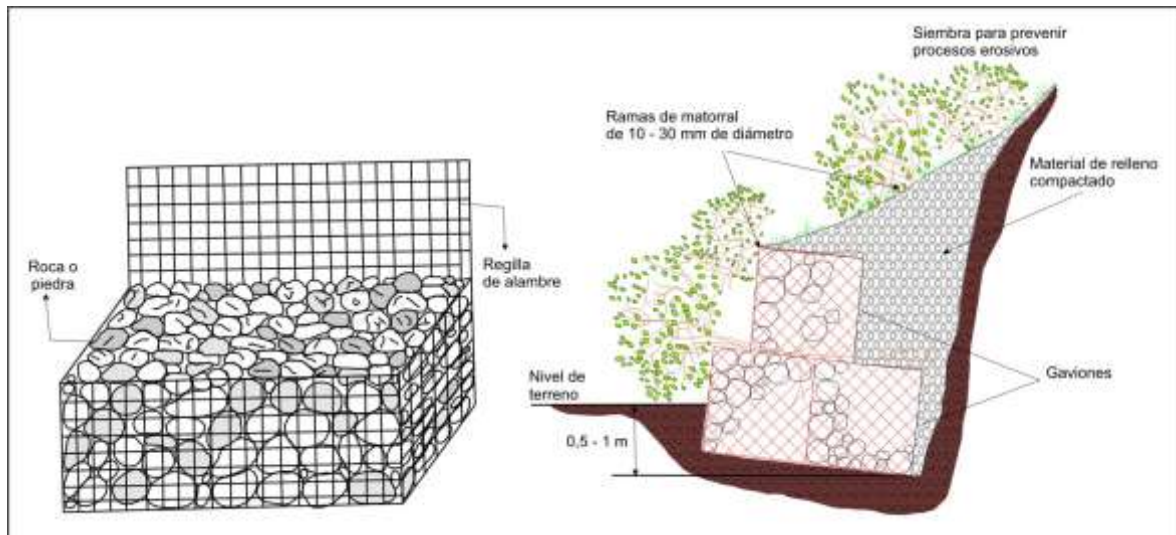


Figura 13: Muro de gavión.

D) Correcciones superficiales

Las medidas de corrección superficiales se aplican en la superficie de un talud de manera que afectan solo a las capas más superficiales del terreno y tienen fundamentalmente los siguientes fines:

- Evitar o reducir la erosión y meteorización de la superficie del talud.
- Eliminar los problemas derivados de los desprendimientos de rocas en los taludes donde estos predominan.
- Aumentar la seguridad del talud frente a pequeñas roturas superficiales.

Los principales métodos empleados son:

d.1) Mallas de alambre metálico

Se cubre con ellas la superficie del talud con la finalidad de evitar la caída de fragmentos de roca, lo cual es siempre peligroso, especialmente en vías de transporte o cuando hay personal trabajando en el pie del talud.

Las mallas de hierro galvanizado retienen los fragmentos sueltos de rocas y conducen los trozos desprendidos hacia una zanja en el pie del talud. Son apropiados cuando el tamaño de roca a caer se encuentra entre 0,60 y 1,00 m.

La malla se puede fijar al talud de varias maneras: siempre en la parte superior del talud o en bermas intermedias. Como sistemas de fijación pueden emplearse bulones, postes introducidos en bloques de hormigón que pueden a su vez ir anclados o simplemente un peso muerto en la parte superior del talud. Durante la instalación se prepara una longitud de malla suficiente para cubrir el talud, con una longitud adicional que es necesaria para la fijación de la malla.

La malla se transporta en rollos hasta el talud, se fija en su parte superior y se desenrolla dejándola caer simplemente, fijándola en la superficie del talud; en la parte final de la malla se suele dejar un metro por encima de la zanja de acumulación de piedras.

d.2) Sembrado de taludes

Mantener una cobertura vegetal en un talud produce indudables efectos beneficiosos, entre los cuales destacan los siguientes:

- Las plantaciones evitan la erosión superficial tanto hídrica como eólica, que puede ocasionar la ruina del talud en el largo plazo.
- La absorción de agua por las raíces de las plantas produce un drenaje de las capas superficiales del terreno.
- Las raíces de las plantas aumentan la resistencia al esfuerzo cortante en la zona del suelo que ocupan.

Para sembrar en taludes se emplean hierbas, arbustos y árboles, privilegiando especies capaces de adaptarse a las condiciones a las que van a estar sometidos (climas, tipo de suelo, presencia de agua, etc.); suelen convenir especies de raíces profundas y de alto grado de transpiración, lo que indica un mayor consumo de agua. Generalmente la colonización vegetal de un talud se hace por etapas, comenzando por la hierba y terminando por los árboles.

Es conveniente no dejar un talud muy plano, sino con salientes que sirvan de soporte, así cuando más tendido sea un talud resultará más fácil que retenga la humedad. Para mantener una cubierta vegetal es más favorable un terraplén que un desmonte.

Los suelos arenosos y areno-arcillosos son ventajosos para un rápido crecimiento de la hierba. Las arcillas duras son inadecuadas a menos que se añadan aditivos o se are el terreno. Cuando la proporción de limo más arcilla es superior al 20% se puede esperar un crecimiento satisfactorio, pero si es inferior al 5% el establecimiento y mantenimiento de la hierba resultarán difíciles.

MEDIDAS PARA ZONAS DE FLUJOS DE DETRITOS Y CÁRCAVAS

Las erosiones en cárcavas generan abundantes materiales sueltos que son llevados a los cauces de las quebradas. Muchos de estos cauces tienen suficiente material como para la generación de flujos.

Las zonas donde existen cárcavas de gran longitud y presenten un desarrollo irreversible, donde no se pueden corregir con labores de cultivo, se debe prohibir terminantemente cualquier actividad agrícola. El control físico de zonas con procesos de carcavamiento debe de ir integrado a prácticas de conservación y manejo agrícola de las laderas adyacentes por medio de:

- Regeneración de la cobertura vegetal.
- Empleo de zanjas de infiltración y desviación entre las principales.

Para el control físico del avance de cárcavas se propone un conjunto de medidas, principalmente de orden artesanal, entre las que destacan:

- El desarrollo de programas de control y manejo de cárcavas sobre la base de diques o trinchos transversales construidos con materiales propios de la región como troncos, ramas, etc. (Figuras 14, 15, 16 y 17).
- Zanjas de infiltración articuladas de acuerdo a las condiciones climáticas de la región.
- Permitir el crecimiento de la cobertura vegetal nativa a lo largo de la cárcava y en las zonas circundantes a ella (Figuras 18 y 19), y de esta manera asegurar su estabilidad, así como la disipación de la energía de las corrientes concentradas en los lechos de las cárcavas.
- Realizar trabajos de reforestación de laderas con fines de estabilización. En la selección de árboles debe contemplarse las características de las raíces, las exigencias en tipo de suelos y portes que alcanzarán versus la pendiente y profundidad de los suelos. También se recomienda que las plantaciones se ubiquen al lado superior de las zanjas de infiltración, con el objetivo de captar el agua y controlar la erosión.
- Evitar el sobrepastoreo, ya que deteriora y destruye la cobertura vegetal. Se debe realizar un manejo de las zonas de pastos mediante el repoblamiento de pastos nativos, empleando sistemas de pastoreo rotativo y sostenible, y finalmente evitar la quema de pajonales.
- Zanjas de infiltración articuladas de acuerdo a las condiciones climáticas de las cuencas.

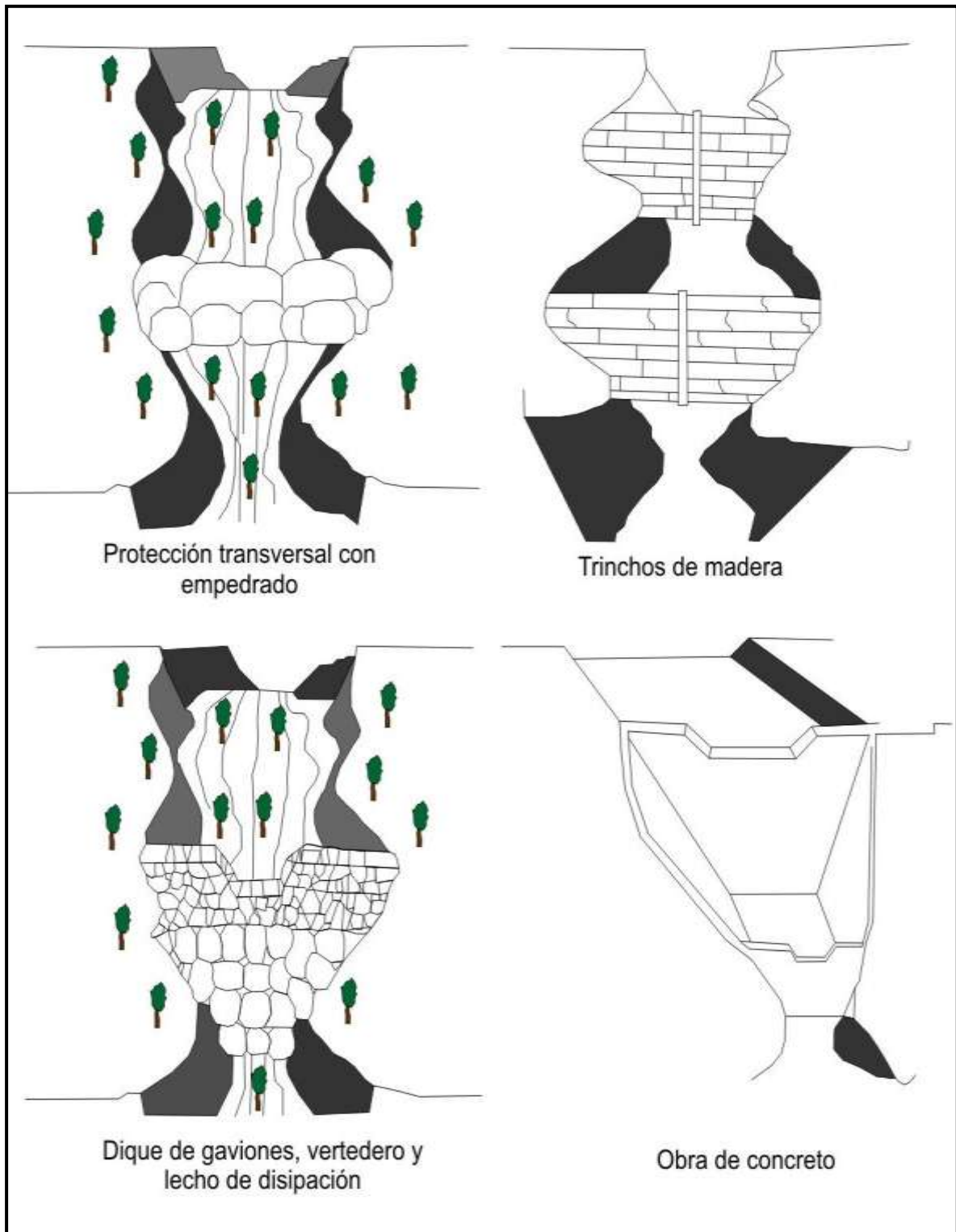


Figura 14: Obras hidráulicas transversales para el control de la erosión en cárcavas.

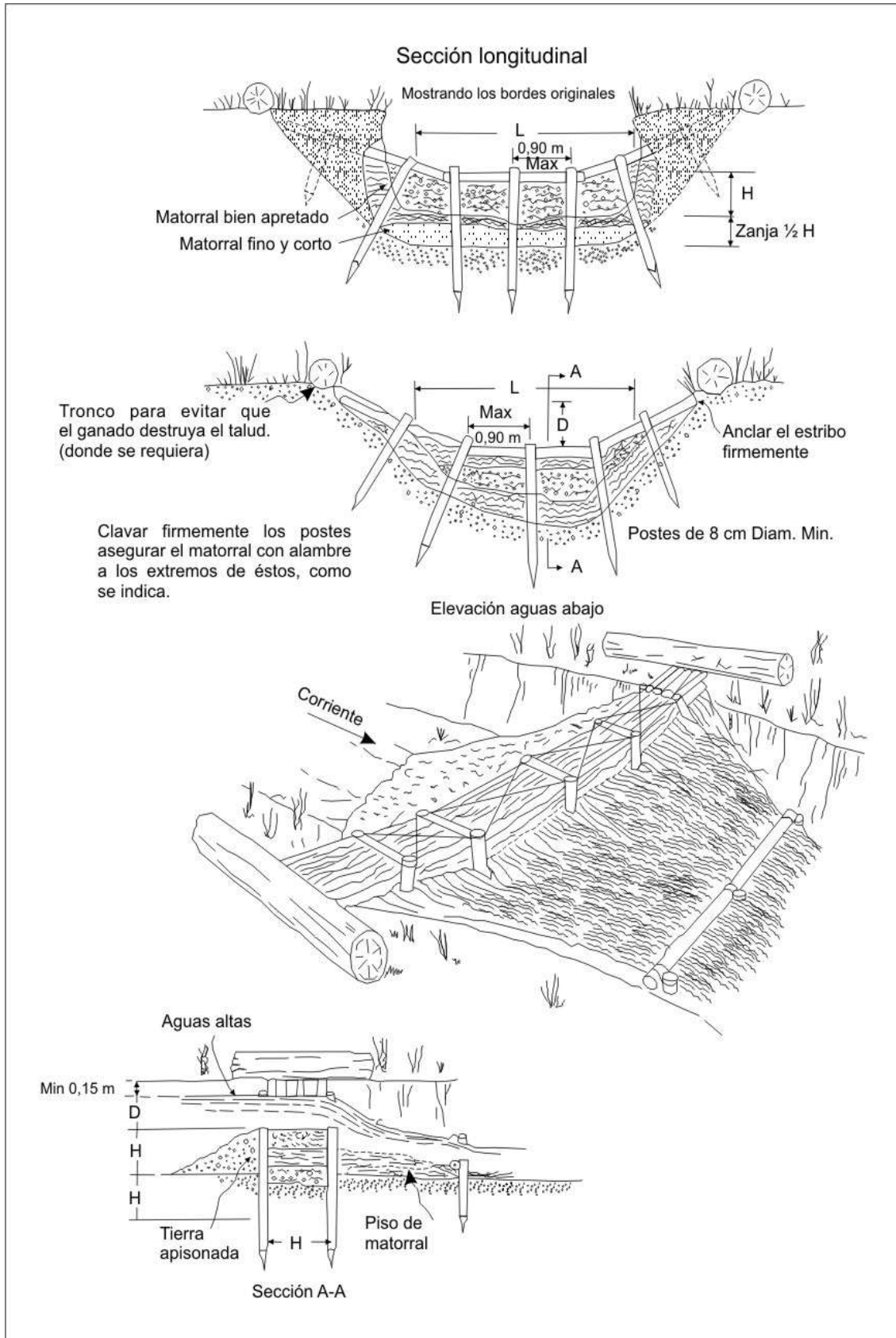


Figura 15: Trincho o presa de matorral tipo doble hilera de postes

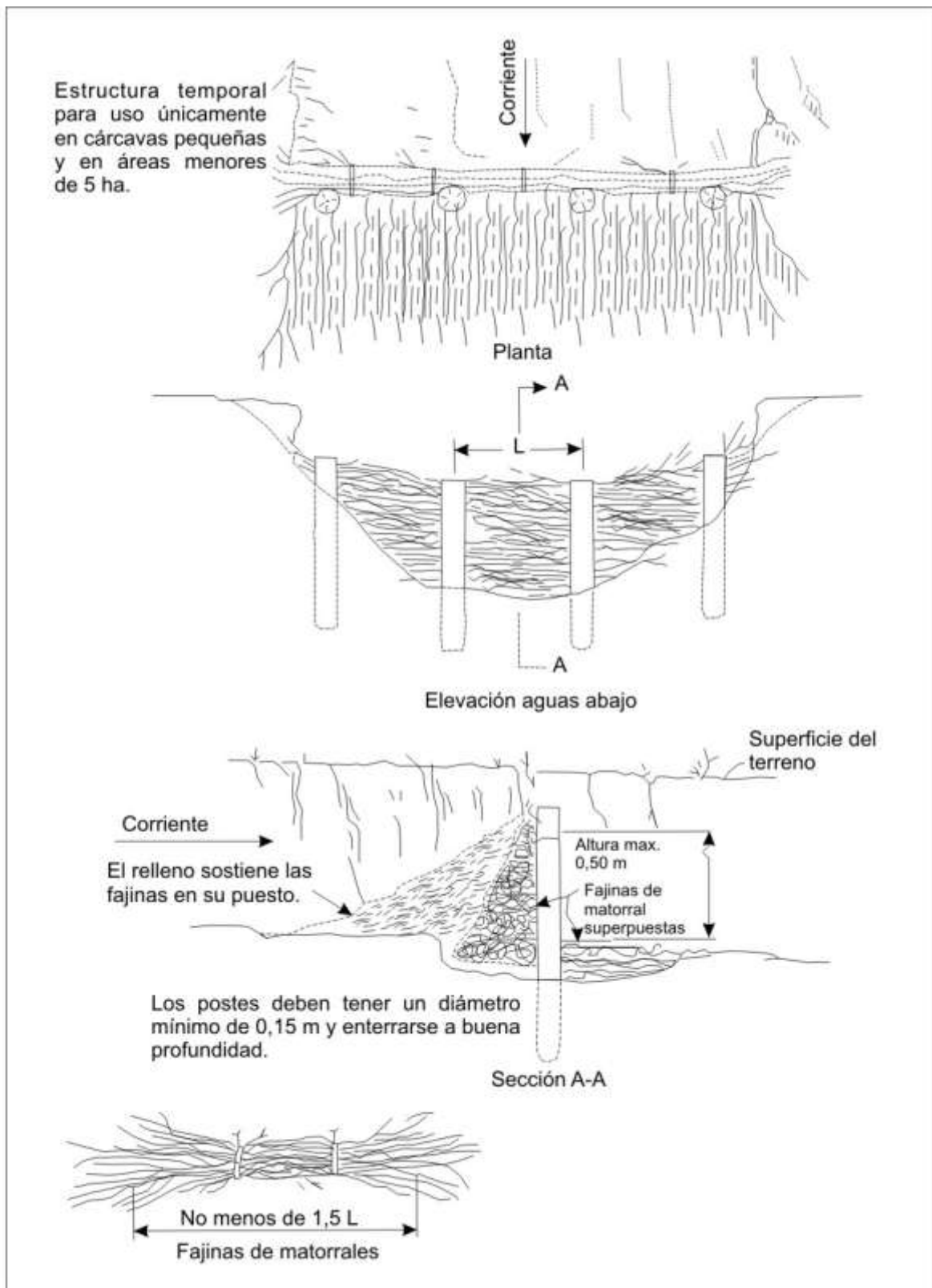


Figura 16: Trincho o presas de matorral tipo una hilera de postes (adaptado de Valderrama et al., 1964).

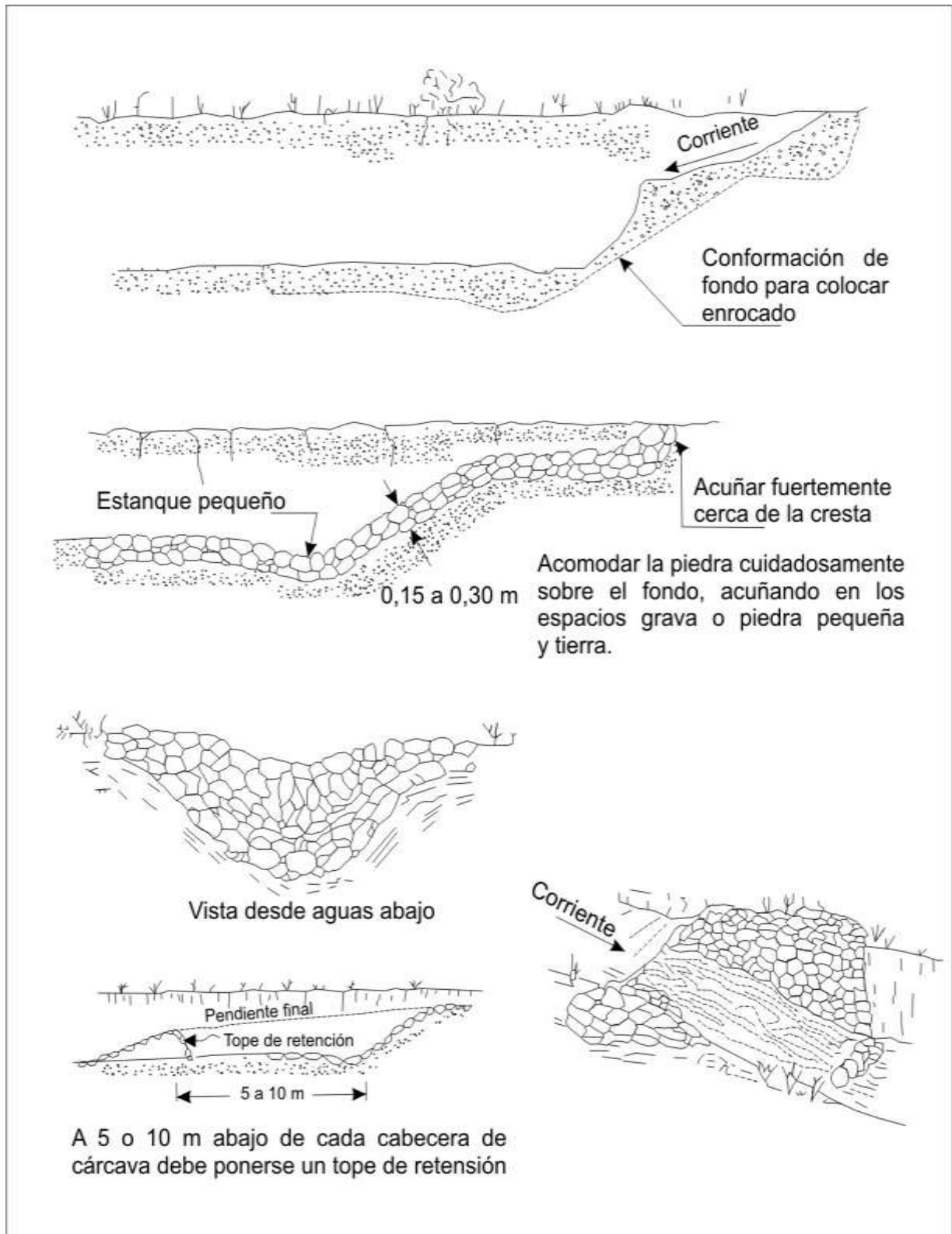


Figura 17: Trincho de piedra para cabecera de cárcava en zona de mina (adaptado de Valderrama et al., 1964).

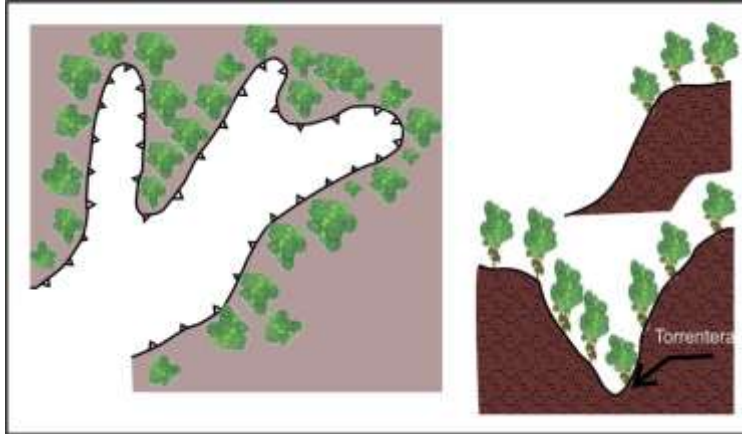


Figura 18: Vista en planta y en perfil de los procesos de forestación en cabeceras y márgenes de las áreas inestables.

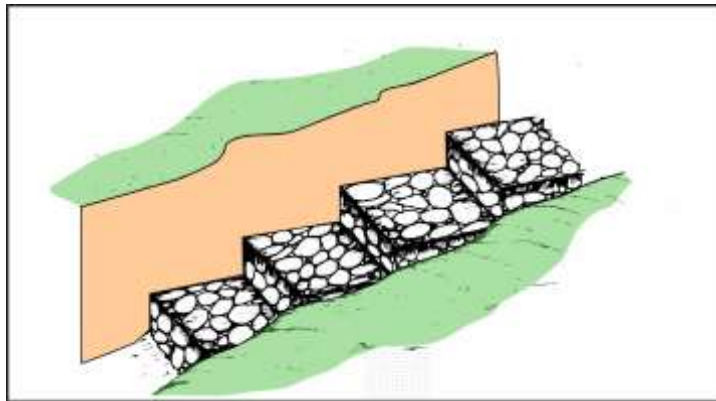


Figura 19: Protección del lecho de la quebrada con muros escalonados (andenes), utilizando bloques de roca o concreto

OTRAS MEDIDAS DE PREVENCIÓN: DESLIZAMIENTOS Y CÁRCAVAS

El proceso de deslizamientos y cárcavas ocurre esencialmente de forma natural pero también por la actividad antrópica (agrícola, deforestación) mal desarrollada que acelera el proceso; asimismo por el socavamiento del río al pie de deslizamientos, la utilización de canales sin revestir, etc. Algunas, medidas que se proponen para el manejo de estas zonas son:

- Manejo agrícola: evitar riegos en exceso, estos deben ser cortos y frecuentes, de modo que limiten la infiltración y la retención en la capa superficial del suelo en contacto con los cultivos.
- Los canales deben ser revestidos para minimizar la infiltración y saturación de los terrenos.
- El sistema de cultivo debe ser por surcos en contorno y conectados al sistema de drenaje, para una evacuación rápida del agua.
- No debe construirse reservorios de agua sin revestimiento, ya que esto favorece a la infiltración y saturación del terreno.
- La remoción de la tierra para realizar el cultivo debe ser superficial pues una remoción más profunda realizada con maquinaria puede favorecer la infiltración y saturación del terreno.
- En las cuencas altas se debe favorecer el cultivo de plantas que requieran poca agua y proporcionen una buena cobertura del terreno para evitar el impacto directo de la lluvia sobre el terreno.
- El desarrollo de vegetación natural (pastos, malezas, arbustos, árboles) contribuye a atenuar el proceso de incisión rápida de las masas deslizantes; no obstante este seguirá produciéndose en forma lenta hasta alcanzar el equilibrio natural entre el suelo y la vegetación nativa.
- Los tramos de carretera que cruzan cauces de quebradas, en donde se producen flujos, deben de ser protegidos por medio de gaviones para evitar los efectos de los huaycos y el socavamiento producido por avenidas en las quebradas. Los gaviones deben ser construidos teniendo en cuenta los caudales máximos de las quebradas y deben ser cimentados a una profundidad de 1 m como mínimo.
- Realizar prácticas de conservación y regeneración de la cobertura vegetal natural conformada por pastos, malezas y arbustos.
- Realizar trabajos de reforestación de laderas con fines de estabilización, 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 que las plantaciones forestales se ubiquen al lado de las zanjas de infiltración a curvas de nivel con el objeto de captar el agua y controlar la erosión.

- Evitar el sobre pastoreo que produzca deterioro y destrucción de la cobertura vegetal, se debe realizar un manejo de las zonas de pasturas mediante el repoblamiento de pasturas nativas, empleando sistemas de pastoreo rotativo, evitar la quema de pajonales.

MEDIDAS PARA EL MANEJO DE SUB CUENCAS CON LECHOS FLUVIALES SECOS

En la región, existen lechos fluviales y quebradas secas, que corresponden a quebradas de régimen temporal, sub cuencas con presencia de huaycos periódicos a excepcionales, con pendientes medias a fuertes; los cuales pueden transportar volúmenes importantes de sedimentos gruesos y finos. Con el propósito de propiciar la fijación de los sedimentos en tránsito y de minimizar el transporte fluvial, es preciso aplicar en los casos que sea posible, las medidas que se proponen a continuación:

- Encauzamiento del canal principal de los lechos fluviales secos, con remoción selectiva de los materiales gruesos, que pueden ser utilizados en los enrocados y/o espigones para controlar las corrientes (Figura 20).
- Propiciar la formación y desarrollo de bosques ribereños con especies nativas para estabilizar los lechos.
- La construcción de obras e infraestructuras que crucen estas cauces secos deben construirse con diseños que tengan en cuenta las máxima crecidas registradas, que permitan el libre paso de huaycos, evitándose obstrucciones y represamientos, con posteriores desembalses más violentos.
- Realizar la construcción de presas 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 (Figura 21).
- Evitar en lo posible la utilización del lecho fluvial como terreno de cultivo que permita el libre discurrir de los flujos hídricos.
- Encauzamiento y dragado de lechos fluviales secos que se activan durante periodos de lluvia excepcional (Fenómeno de El Niño), que permitan el libre discurrir de crecidas violentas provenientes de la cuenca media y alta.

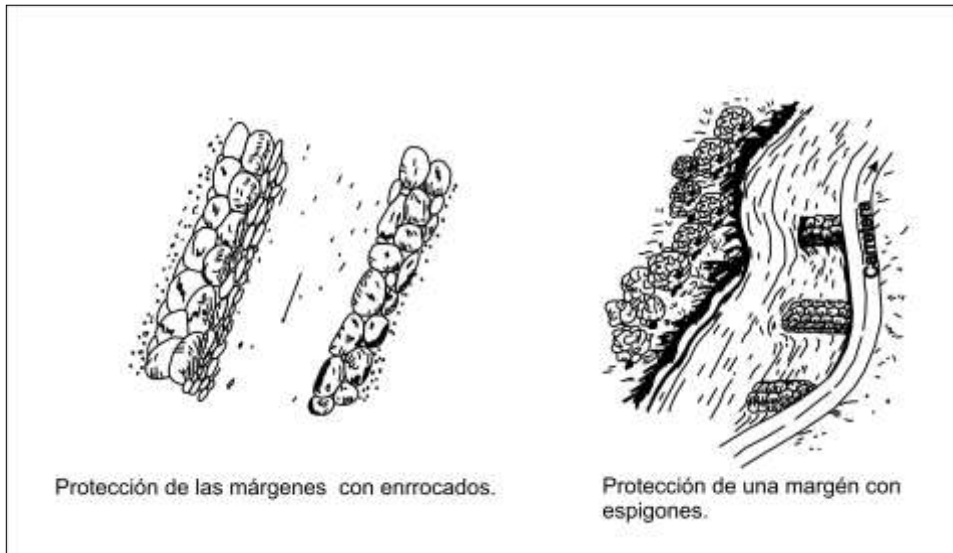
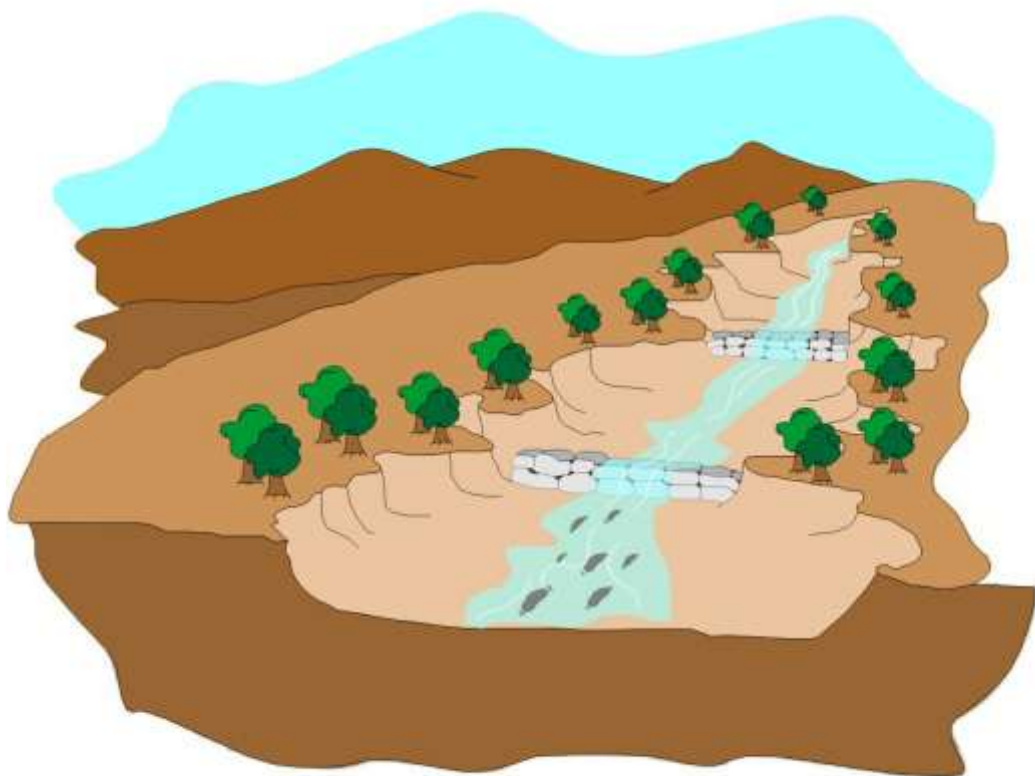


Figura 20: Protección de márgenes con enrocados, espigones y siembra de bosques ribereños.



Construcción de presas transversales en cauces de quebradas, y propiciar el crecimiento de bosques ribereños.

Figura 21: Presas transversales a cursos de quebradas.

PROTECCIÓN A NIVEL DE CAUCE: DESBORDES, EROSIONES E INUNDACIONES

Para la protección a nivel de cauce, se recomienda la construcción de gaviones, por su fácil construcción, no necesitan cimentaciones profundas, no requieren mano de obra calificada y resultan más económicas que las que emplean soluciones rígidas o semi rígida (relación vida útil vs. costo total favorables). En las Figuras 22, 23, 24, 25 y 26 tenemos ejemplos de estas estructuras que pueden ser usadas en las obras de defensa.



Figura 22



Figura 23



Figura 24



Figura 25



Figura 26

MEDIDAS ADICIONALES CORRECTIVAS PARA FLUJO DE DETRITOS (HUAYCOS) Y DEFORESTACIÓN.

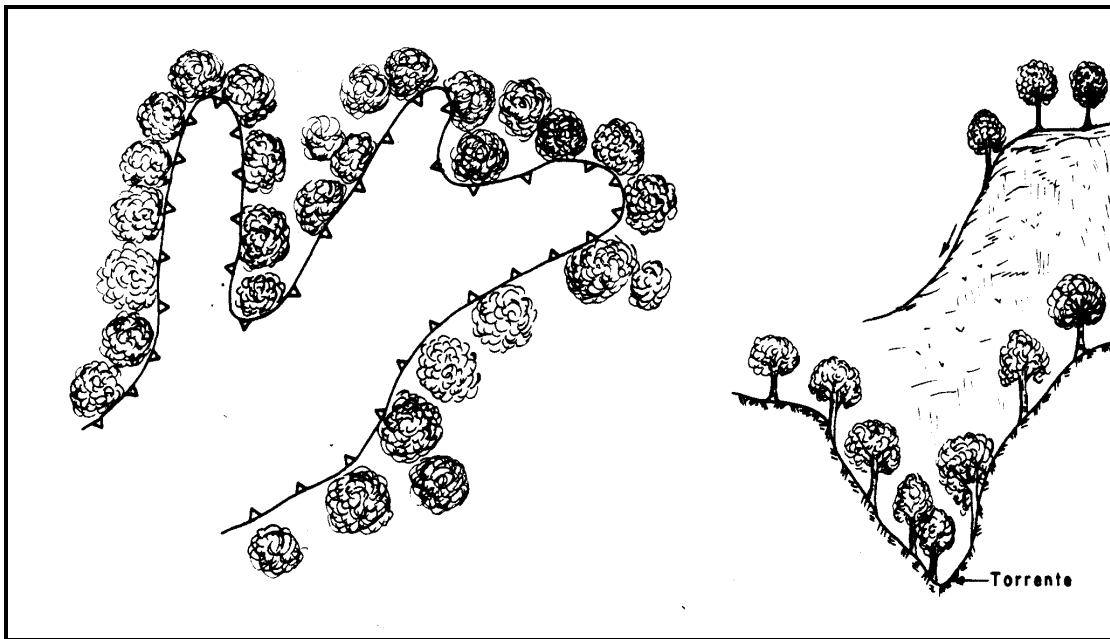


Figura 27.- Vista en perfil y en planta de los procesos de forestación en cabeceras y márgenes inestables

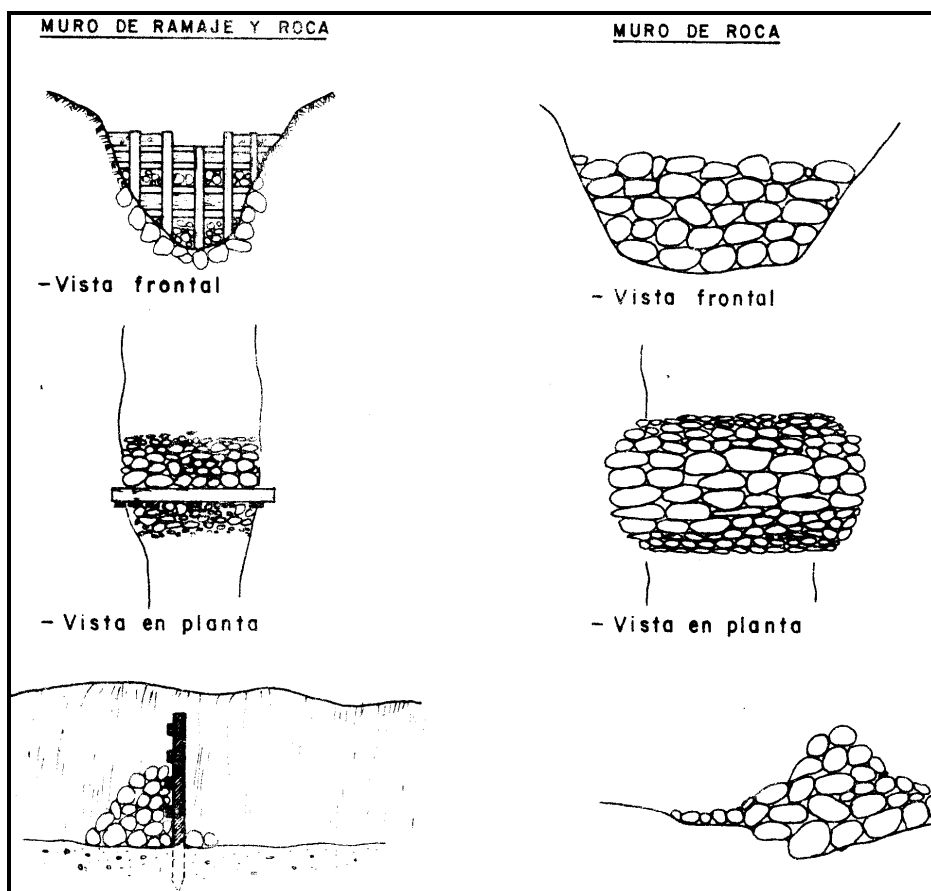


Figura 28: Muros o presas de ramas y roca y rocas

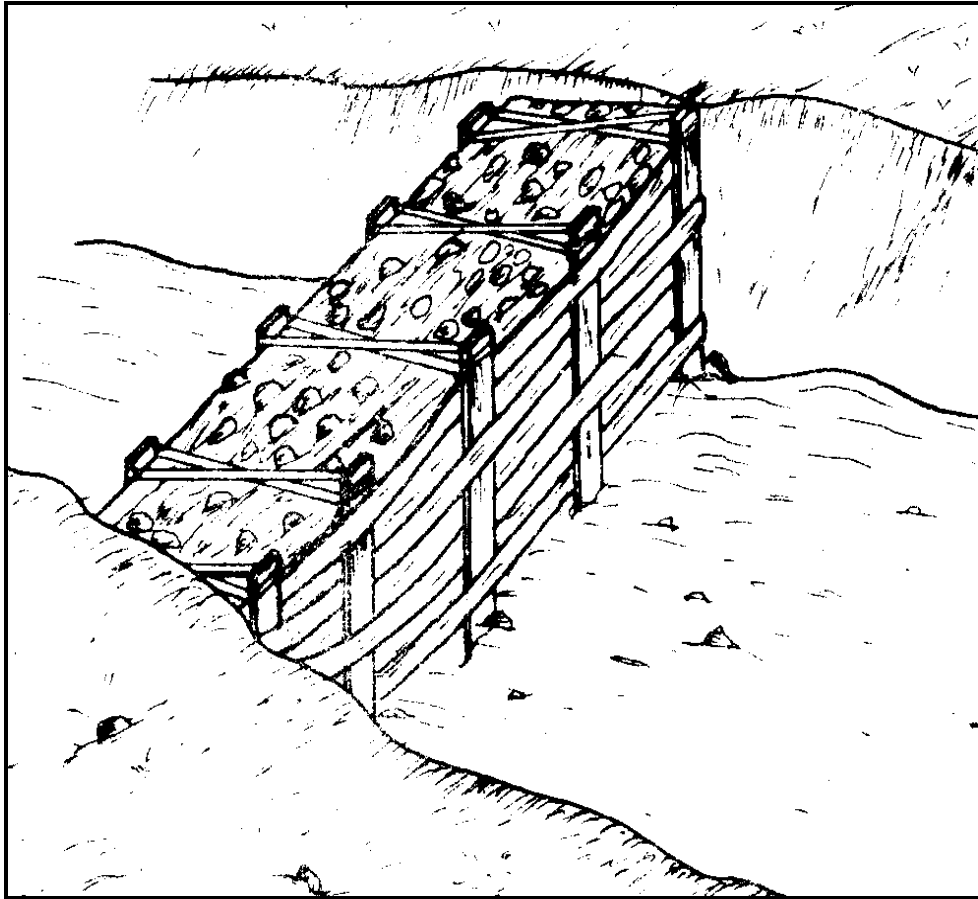
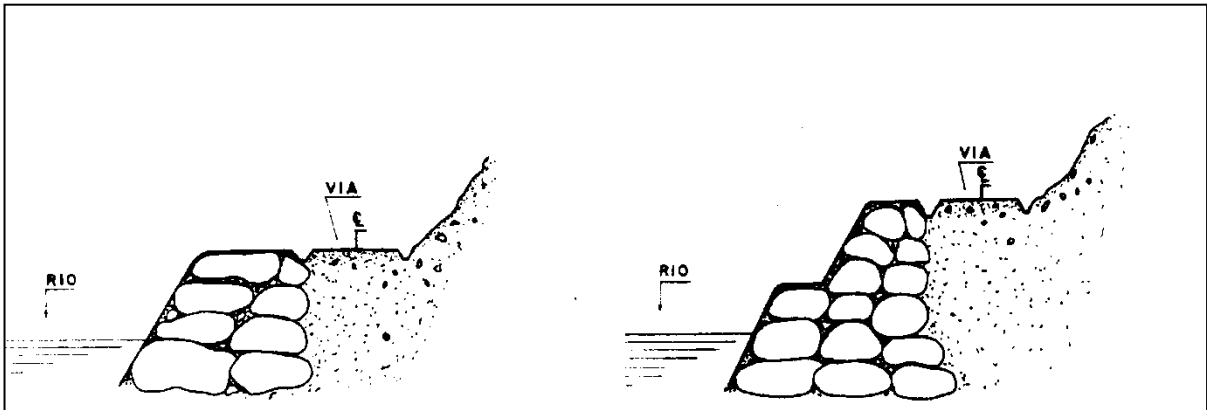
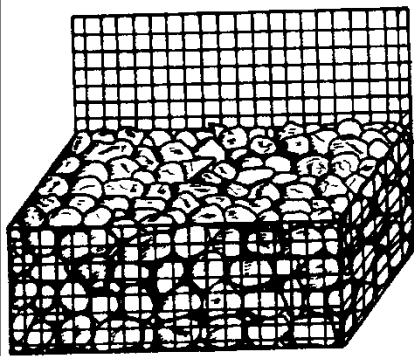


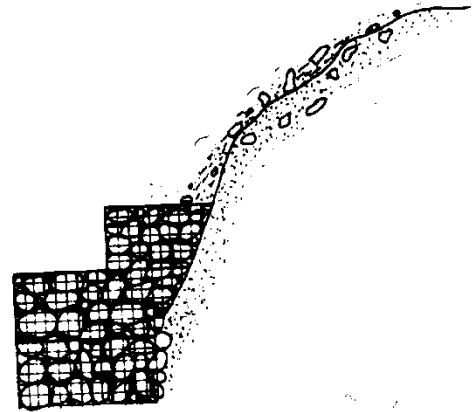
Figura 29.- Tipos de presas escalonadas para la protección de fondo de cárcavas y huaycos incipiente



- Uso de enrocados para protección de riberas.



- Gabión empleado en obras de protección de laderas o erosión.



- Empleo de Gabiones al pie del Talud.

Figura 30: Construcción de gaviones y ubicación en el pie del talud