

Informe Técnico Nº A 6763

EVALUACIÓN GEOLÓGICA DE LAS ZONAS AFECTADAS POR EL NIÑO COSTERO 2017 EN LA REGIÓN ANCASH



POR:

RONALD F. CONCHA NIÑO DE GUZMÁN

WALDIR VALDIVIA VERA

POOL VÁSQUEZ CHOQUE

ALEXANDRA BENITES CAÑOTE

AGOSTO
2017

ÍNDICE

RESUMEN.....	3
1. INTRODUCCIÓN.....	4
2. ANTECEDENTES.....	6
3. EVALUACIÓN DE EFECTOS DEL NIÑO COSTERO POR TIPO DE PELIGRO GEOLÓGICO	8
3.1. GENERALIDADES.....	8
3.2. PELIGRO POR MOVIMIENTOS EN MASA.....	8
3.3. PELIGROS HIDRO-METEOROLÓGICOS.....	10
3.4. OTROS PELIGROS GEOLÓGICOS.....	11
3.5. CUADROS SÍNTESIS DE PELIGROS GEOLÓGICOS QUE AFECTARON POBLACIONES, INFRAESTRUCTURA Y ÁREAS DE CULTIVO	12
4. CONCLUSIONES GENERALES.....	24
5. RECOMENDACIONES.....	26
6. BIBLIOGRAFÍA.....	27
ANEXOS	28
1. FOTOGRAFÍAS ILUSTRATIVAS.....	28
2. MEDIDAS CORRECTIVAS.....	41
3. FIGURAS Y MAPAS.....	61

RESUMEN

En los meses de febrero y marzo del presente año, la superficie del mar en la costa central y norte de Perú registró un incremento en la temperatura de (IMARPE, 2017). Esto originó la instalación de masas de aire húmedo a lo largo de la costa y las vertientes de la cordillera occidental de los Andes peruanos, trayendo consigo intensas precipitaciones pluviales.

Estas lluvias anómalas, sumadas a las condiciones geológicas y geomorfológicas del territorio, desencadenaron múltiples fenómenos de movimientos en masa (flujos de detritos, deslizamientos, erosión fluvial y de laderas etc.) e inundaciones. Además, el crecimiento continuo en las ciudades, su expansión y ocupación de zonas de riesgo y la falta o inadecuada cultura de prevención, configuraron un escenario desastroso nacional.

La región Ancash, fue duramente golpeada por estos fenómenos. Ciudades como Chimbote, Casma y principalmente Huarmey fueron muy afectadas. Poblados menores, como Chasquitambo, Tortugas, Moro, Samanco, La Rinconada, Coishco, Tambo Real Viejo, La Cuadra, etc., fueron también muy afectados. Extensas áreas de cultivo en los valles de Huarmey, Nepeña, Casma, Pativilca, Fortaleza, Culebras, Lacramarca y Santa, fueron destruidas. La carretera Casma – Huaraz en el tramo Buena Vista Alta – Cachipampa, fue destruida por las inundaciones. Así como la carretera Chimbote – Huaraz en el tramo Vinzos – Huallanca, donde se observan daños severos por socavamiento lateral, erosión de laderas y flujos de detritos provenientes de las quebradas transversales al río Santa. En la cuenca Fortaleza, también se observan estos fenómenos además de derrumbes y caídas de roca cerca al sector Chasquitambo.

Numerosas obras de infraestructura fueron afectadas (canales pozos, puentes, etc.). en la cuenca Lacramarca, sectores Santa y Nuevo Chimbote; la ruptura en varios segmentos del canal Chincas ocasionada por el impacto de flujos de detritos transversales al canal, originó la inundación y destrucción de extensas áreas de cultivo y poblados.

Ante esta problemática de desastre nacional, el Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico a través de la Dirección de Geología Ambiental realizó la evaluación geológica sobre los efectos de “El Niño Costero” 2017, en la región Ancash. El trabajo fue realizado por dos brigadas de geólogos especialistas en riesgo geológico y consistió en: el cartografiado de peligros geológicos (escala a semi-detalle) que afectaron centros poblados, carreteras y obras de infraestructura (reservorios, puentes, canales, torres de alta tensión, bocatomas, etc.), la identificación de zonas críticas ante dichos eventos, con el objetivo de definir cuáles son las medidas correctivas generales a tomar en cuenta para la futura reconstrucción que emprenderá la Autoridad Nacional para la Reconstrucción con Cambios.

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 la región Ancash. Se emiten conclusiones y recomendaciones generales que deben ser tomadas en cuenta en los trabajos de reconstrucción que se llevaran a cabo en la región Piura. Así mismo es importante mencionar que algunos sectores identificados en este estudio requieren de estudios de detalle, para definir adecuadamente las obras de prevención o mitigación a nivel de diseño e ingeniería, trabajos que se están realizando y se entregarán oportunamente.

1. INTRODUCCIÓN

El Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET) a través de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (DGAR) en el marco del cumplimiento de sus funciones, efectúa como ente técnico-científico y parte del Sistema Nacional de Gestión de Riesgo de Desastres (SINAGERD) el estudio de los peligros geológicos que afectan a los centros poblados y obras de infraestructura en el territorio nacional, brindando información oportuna en apoyo al Gobierno Nacional, gobiernos regionales, locales y comunidades.

Durante la segunda quincena del mes de marzo del presente año, intensas precipitaciones pluviales localizadas en los departamentos de Lima, Ancash, La Libertad, Cajamarca, Lambayeque, Piura y Tumbes, desencadenaron numerosos fenómenos de remoción en masa, tales como flujos de detritos (huaycos), flujos de lodo, caídas de roca y detritos, erosión fluvial y de laderas, etc., e inundaciones.

Ante la inusual ocurrencia del evento climático denominado “Niño Costero”, y la magnitud del desastre registrado en nuestro país el presente año, el INGEMMET, en cumplimiento del Decreto de Urgencia N°004-2017 Artículo 14.3 y su modificatoria en el Decreto de Urgencia N° 008-2017 Artículo 7 del 21 de abril de 2017 que literalmente dice:

Modifícase el inciso 14.3 del artículo 14 del Decreto de Urgencia N° 004-2017, en los siguientes términos:

*“14.3 El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, mediante Resolución Ministerial, podrá declarar las zonas de alto y muy alto riesgo no mitigable en los casos que los Gobiernos Locales no lo hayan declarado. Para tal efecto, se debe contar con la evaluación de riesgo elaborada por el Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres–CENEPRED, **con la información proporcionada por el Instituto Geofísico del Perú–IGP, el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico–INGEMMET y la Autoridad Nacional del Agua–ANA, entre otros. Por norma del Ministerio al cual se encuentre adscrito el CENEPRED se establecerán las disposiciones que correspondan.**”*

Se realizaron coordinaciones con los organismos señalados en los mencionados decretos de urgencia Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento; CENEPRED; así como el Ministerio de Transportes y Comunicaciones manifestándoles nuestra disposición a iniciar los trabajos, de nuestra competencia, lo más pronto posible. Disponiendo la realización de evaluaciones geológicas en las zonas afectadas por este evento meteorológico. Para ello designó dos brigadas de dos geólogos por cada región afectada (Tumbes, Piura, Lambayeque-Cajamarca; La Libertad-Cajamarca, Ancash, Ica y Lima provincias) para identificar, evaluar y analizar las zonas desde el punto de vista geológico-geomorfológico, los tipos de procesos geodinámicos y geo-hidrológicos que sucedieron como resultado de las fuertes precipitaciones pluviales y el incremento del caudal de los ríos y quebradas, causantes principales de los daños.

La evaluación, fue realizada por geólogos de las direcciones de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (DGAR) y Geología Regional (DGR), del (INGEMMET), distribuidos en dos brigadas de campo durante los días:

- 15 de mayo al 05 de junio, los geólogos de la DGAR; Ing. Ronald Concha y el Ing. Pool Vásquez.
- 24 de mayo al 12 de junio, los geólogos de la DGR; Ing. Waldir Valdivia y la Ing. Alexandra Benites.

Los trabajos de campo fueron supervisados por el Mag. Ricardo Aniya K. y revisados por la Jefatura de la DGAR y el Coordinador de Geología del INGEMMET, especialistas en riesgo geológico.

El presente informe, evalúa los peligros geológicos y geo-hidrológicos ocasionados por el fenómeno de El Niño Costero en la región Ancash. Durante la evaluación se ha inventariado, evaluado y caracterizado los peligros geológicos en los principales valles transversales a la costa; Santa, Lacramarca, Nuevo Chimbote, Nepeña, Casma, Culebras, Huarmey, Las Zorras, Fortaleza (parte alta) y Pativilca (parte alta). Se elaboraron 62 fichas del registro de peligros geológicos, correspondientes a los principales movimientos en masa y áreas inundadas. Además, se han tomado 547 puntos de control o de observación geológica, referida a los fenómenos geodinámicos ocurridos durante el fenómeno de El Niño Costero.

La información geocientífica que se consigna en el presente reporte, es un avance de un informe completo que se encuentra en proceso, que sirva de orientación en los trabajos y proyectos que emprenderá la Autoridad para la Reconstrucción con Cambios, como resultado de nuestros trabajos de campo y gabinete, la cual se pone a disposición, así como a los Ministerios de Vivienda y Construcción, Transportes y Comunicaciones, Defensa, Agricultura, Educación y Salud, Autoridad Nacional del Agua (ANA), Gobiernos Regionales e instituciones del SINAGERD.

2. ANTECEDENTES

La región Ancash posee un alto índice de ocurrencia de eventos desastrosos (movimientos en masa detonados por sismos y lluvias). Así mismo la mayor cantidad de “aluviones” ocurridos en el país, se han registrado en esta región. En el contexto hidroclimático, respecto a los eventos de El Niño, procesos de inundaciones y movimientos en masa (huaycos y deslizamientos), se presentaron en gran número durante los eventos excepcionales de 1997-98 principalmente y del 2015 en menor magnitud. Sin embargo, en años normales, debido a las características geológicas, geomorfológicas y climáticas, en la región son frecuentes estos procesos en la época de lluvias estacionales.

Se consideran los años 1891, 1925, 1972, 1982 - 83, 1997-98, 2010 y 2015 los que más afectaron la región. El de 1891 afectó el territorio nacional mucho más allá del norte del país, en forma similar al de 1997-98 que se extendió a lo largo de toda la costa del país (Franco, E., 1998). En base a observaciones de registros meteorológicos y biológicos, Alejandra Martínez y Ken Takahashi han reconstruido pacientemente las características físicas y los impactos del tremendo Niño del verano de 1925.

El Niño Costero 2017, se manifestó con fuertes lluvias, que se presentaron desde fines de enero del presente hasta mayo, abarcando de sur a norte los departamentos entre Ica hasta Tumbes, afectó a miles de personas y causó daños en diferentes magnitudes a viviendas, carreteras, líneas de transmisión eléctrica-telefónica, obras de infraestructura vial e hídrica; principalmente por el desborde de ríos y activación de quebradas que permanecen secas por largos periodos.

La intensidad y magnitud de las precipitaciones pluviales no se registraba desde hace 19 años (Fenómeno El Niño 1997-1998), y que, por las fuertes lluvias asociadas y daños causados similares a las de un fenómeno El Niño, se le denominó Niño Costero, por ubicarse además frente a las costas de Perú y Ecuador.

Cuando ocurre un fenómeno El Niño extraordinario, la temperatura del agua del mar aumenta en toda la franja ecuatorial del océano Pacífico, hasta la costa norte de Estados Unidos y los efectos se sienten en todo el mundo (Ej. Lluvias amazónicas débiles en India, inviernos más fríos en Europa, Tifones en Asia y sequías en Indonesia y Australia; WWF, 2017). Pero cuando este calentamiento en las aguas del mar se da solo en las costas de Perú y Ecuador, las anomalías como lluvias fuertes, se restringen a estos dos países, a este evento se denominó “Niño Costero”.

La evolución de este evento frente a las costas del Perú, puede ser visto en los comunicados oficiales proporcionados por el comité multisectorial encargado del “Estudio Nacional del Fenómeno el Niño” (ENFEN):

- En un primer comunicado del 16 de enero, manifiesto que la temperatura superficial del mar (TSM) frente a la costa peruana tenía un aumento ligero por encima del promedio, y da la probabilidad de ocurrencia de un “Niño Costero débil” en un 30%.
- Un segundo comunicado del 24 de enero considera condiciones favorables para que se dé un evento “El Niño Costero débil” para el presente verano e inicia un estado de vigilancia.

- Un tercer comunicado el 02 de febrero, señala que se consolidaron las condiciones para un evento El Niño Costero débil, con condiciones que favorecen un aumento de la frecuencia de lluvias de magnitud fuerte, especialmente en la costa norte del país, por lo que establece pasar a un estado de “Alerta de El Niño Costero”. La condición de un evento costero débil continuó hasta la quincena de febrero, con la probabilidad de ocurrencia de lluvias fuertes.
- Esta condición cambia a un “Niño Costero de magnitud débil a moderada” a inicios del mes de marzo, asociada a una alta probabilidad de lluvias fuertes en las zonas medias y bajas de Tumbes, Piura y Lambayeque; se mantiene estado de “Alerta de El Niño Costero”.
- En la quincena de marzo el ENFEN le otorga al evento el Niño Costero una “magnitud moderada”, con alta probabilidad de lluvias muy fuertes en las zonas medias y bajas de la costa, principalmente en Tumbes, Piura y Lambayeque hasta el mes de abril, y se mantiene el estado de “Alerta de El Niño Costero”.
- Finalmente, en su comunicado 08-2017 del 20 de abril, el ENFEN prevé la continuación del evento El Niño Costero por lo menos hasta el mes de mayo, aunque con menor intensidad respecto al verano y no descarta lluvias aisladas y de moderada intensidad en las zonas medias y altas de Tumbes durante el mes de abril; mantiene el estado de “Alerta de El Niño Costero”, pero ya manifiesta la declinación del evento.

Cabe resaltar, que estudios recientes efectuados por instituciones públicas o privadas, en la identificación de áreas de peligro y vulnerabilidades, como es el caso del Programa “Ciudades Sostenibles” del Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI), han permitido en el ámbito regional las evaluaciones en las ciudades de Huaraz, Yungay, Caráz, Ranrahirca, Recuay - Ticapampa - Catac (INDECI – PNUD, CIUDADES SOSTENIBLES, 2004). Estos estudios en algunos casos han originado la aprobación de ordenanzas municipales, sin embargo, no se muestran avances significativos en una determinación adecuada de las medidas de prevención propuestas por una falta de sensibilización de la población a la ocurrencia de desastres (Zavala, et al., 2009).

Entre los estudios realizados por el INGEMMET sobre peligros geológicos en la región Lambayeque y Cajamarca, se tienen:

- El “**Estudio geodinámico de la cuenca del río Casma-Sechín**” (Dávila, 1994) que analizó la ocurrencia y la zonificación de áreas afectadas por movimientos en masa, erosión fluvial e inundaciones en la cuenca.
- El “**Estudio de Riesgos Geológicos en el Perú – Franja 4**” (Fidel *et al.*, 2006) evaluó la susceptibilidad a los movimientos en masa, peligros geo-hidrológicos y otros peligros geológicos en parte de la región Áncash.
- El “**Estudio de Riesgo Geológico en la región Ancash**” (Zavala *et al.*, 2010) evaluó la susceptibilidad a los movimientos en masa, peligros geo-hidrológicos y otros peligros geológicos de la región.

3. EVALUACIÓN DE EFECTOS DEL NIÑO COSTERO POR TIPOS DE PELIGRO GEOLÓGICO

3.1 GENERALIDADES

El fenómeno de El Niño Costero en la región Ancash, trajo como consecuencias la activación y reactivación de numerosos fenómenos de movimientos en masa, hidrometeorológicos y otros peligros geológicos, de los cuales a continuación se presenta una descripción general de la tipología de los eventos identificados durante los trabajos de campo.

3.2. PELIGROS POR MOVIMIENTOS EN MASA

Los movimientos en masa constituyen los procesos geológicos que involucran desplazamiento o remoción de masas rocosas (fracturadas y/o meteorizadas), depósitos inconsolidados, o ambos por efecto de la gravedad. Su ocurrencia está ligada por un lado a factores condicionantes o intrínsecos tales como la litología, pendiente, morfología, cobertura vegetal, etc. Y por otro lado a factores detonantes como lo es la intensa actividad sísmica de la región, las fuertes lluvias estacionales y extraordinarias y la modificación antrópica del relieve.

Los movimientos en masa identificados, han sido descritos utilizando la clasificación de movimientos en masa, adoptada por el Grupo de Estandarización de Movimientos en Masa (GEMMA) del Proyecto Multinacional Andino-Geociencias para las Comunidades Andinas (PMA-GCA, 2007).

Los tipos de movimientos en masa originados por las intensas lluvias de El Niño Costero en la región Ancash son:

a. Caída

La caída es un tipo de movimiento en masa en el cual uno o varios bloques de suelo o roca se desprenden de una ladera, sin que a lo largo de esta superficie ocurra un desplazamiento cortante apreciable. Una vez desprendido el material, cae desplazándose principalmente por el aire pudiendo efectuar golpes, rebotes y rodamiento (Varnes, 1978). Dependiendo del material desprendido se habla de una caída de roca, o una caída de suelo. El movimiento es muy rápido a extremadamente rápido (Cruden y Varnes, 1996), es decir, con velocidades mayores a 5×10^1 mm/s. En función al mecanismo principal y la morfología de las zonas afectadas por el movimiento, así como, del material involucrado, los tipos de caídas identificados fueron generalmente caída de rocas y derrumbes.

- **Caída o desprendimiento de rocas:** ocurre en laderas de montañas y colinas de moderada a fuerte pendiente, frentes rocosos escarpados, montañas estructurales, sujetas a un fuerte fracturamiento y meteorización.

Este fenómeno, se puede observar ampliamente en zonas donde afloran granitos y granodioritas del Batolito de la Costa los valles de Huarney, Fortaleza y Culebras o el

Batolito de la Cordillera Blanca en la margen izquierda del valle del río Santa. También, en algunos casos en rocas volcánicas y sedimentarias originadas por la fuerte pendiente, en los valles de Pativilca, Fortaleza, Casma y Santa. Los depósitos comprenden bloques sub angulosos mayores a 1 m de diámetro.

- **Derrumbes:** son desprendimientos de masas de roca, suelo o ambas, a lo largo de superficies irregulares de arranque o desplome como una sola unidad, desde pocos metros hasta decenas y centenas de metros. Se presentan a lo largo de taludes de corte realizados en laderas de montaña de moderada a fuerte pendiente, con afloramientos fracturados y alterados de rocas sedimentarias y depósitos poco consolidados. Este fenómeno, ha sido ampliamente reconocido en todas las cuencas estudiadas, pero principalmente en la cuenca del río Santa en el tramo Huallanca – Suchiman, donde el relieve corresponde a cañones muy pronunciados. El tamaño de los fragmentos, varía de acuerdo al tipo de roca donde se generan. En rocas sedimentarias comprenden fragmentos angulosos menores a 0.20 m.

b. Deslizamientos

Son movimientos de masa de suelo o roca ladera abajo, cuyo desplazamiento ocurre predominantemente a lo largo de una superficie de falla, o de una delgada zona en donde ocurre una gran deformación cortante. Varnes (1978) clasifica los deslizamientos según la forma en la superficie de falla por la cual se desplaza el material, en dos: traslacionales y rotacionales. Los deslizamientos traslacionales a su vez pueden ser planares y/o en cuña. Aunque estos últimos no se han apreciado durante la inspección.

- **Deslizamiento rotacional:** En este tipo de deslizamiento, la masa se mueve a lo largo de una superficie de falla, curva cóncava. Estos deslizamientos muestran una morfología caracterizada por un escarpe principal pronunciado y una “contrapendiente” de la superficie en la cabeza del deslizamiento hacia el escarpe principal. La deformación interna de la masa desplazada es usualmente muy poca, debido a que el mecanismo rotacional es auto-deslizante. Ocurre en rocas poco competentes, la tasa de movimiento es con frecuencia baja, excepto en presencia de materiales altamente frágiles como las arcillas sensitivas. Pueden ocurrir lenta a rápidamente, con velocidades menores a 1 m/s.

El tamaño es variable, presentan signos de actividad y reactivación posiblemente por saturación. Litológicamente en su mayoría involucran rocas sedimentarias compuestas de limolitas, lutitas y areniscas. Estos fenómenos se pueden observar en la parte alta de la cuenca Casma, originados por el corte de carretera y en otros casos por un inadecuado sistema de riego, y también en el río Santa.

Durante el periodo de evaluación, se estudiaron dos deslizamientos importantes. Uno ubicado en la localidad de Independencia en el distrito de Ranrahirca, a la margen izquierda del río Santa en el Callejón de Huaylas, y otro en el distrito de Phira, en la parte alta de la Cuenca Casma. Este último afectó zonas de cultivo y un centro educativo cuyas estructuras se encuentran fuertemente dañadas

c. Flujos

Es un tipo de movimiento en masa que durante su desplazamiento exhibe un comportamiento semejante al de un fluido; puede ser rápido o lento, saturado o seco. En muchos casos se

originan a partir de otro tipo de movimiento, ya sea un deslizamiento o una caída (Varnes, 1978). Así, se tienen los flujos de detritos, de lodo y de tierra según Varnes (1978), Hungr *et al.* (2001), Hungr (2005). En la zona de estudio se pudieron identificar los siguientes tipos,

- **Flujo de detritos:** es el fenómeno más repetitivo en la zona de estudio y consiste en un flujo muy rápido a extremadamente rápido de detritos saturados, no plásticos (índice de plasticidad menor al 5%), que transcurre principalmente confinado a lo largo de un canal o cauce con pendiente pronunciada. Se inician como uno o varios deslizamientos superficiales de detritos en las cabeceras o por inestabilidad de segmentos del cauce en canales de pendientes fuertes. Incorporan en su trayectoria, gran cantidad de material saturado al descender en el canal y finalmente los depositan en forma de abanicos de detritos. Sus depósitos tienen rasgos característicos como albardones o diques longitudinales, canales en forma de “u”, trenes de bloques rocosos y grandes bloques individuales. Usualmente desarrollan pulsos con acumulación de bloques en el frente de onda; como resultado de esto los caudales pico de los flujos de detritos pueden exceder en varios niveles de magnitud a los caudales pico de inundaciones grandes. Esta característica hace que los flujos de detritos tengan un alto potencial destructivo.

Estos fenómenos se pudieron observar en el sector de Cañasbamba ubicado en la margen izquierda del río Santa, así como en la parte alta de las cuencas Huarney, Casma y principalmente en las cuencas de Coishco, Nuevo Chimbote y Lacramarca, donde en su desembocadura impactaron con el canal Chinecas que fue destruido por distintos tramos, ocasionando de esta manera la posterior inundación de extensas áreas de cultivo.

- **Flujo de lodo:** Es un 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 mayor al 5 %). El carácter de este tipo de movimiento es similar al del flujo de detritos, pero la fracción arcillosa modifica la reología del material.

Este tipo de flujos se pudieron observar en los valles de Culebras, Huarney, Las Zorras y Lacramarca. Debido al emplazamiento de depósitos eólicos en las laderas y cimas de las montañas, que al ser saturadas por la precipitación pluvial descienden violentamente por las vertientes.

Estos flujos, en su recorrido atraviesan rocas sedimentarias e ígneas, condicionando el tamaño de los bloques. Cuando atraviesan rocas sedimentarias (lutitas, limolitas, areniscas y calizas) los bloques son de menor dimensión y predomina la fracción lodosa. Cuando atraviesan rocas ígneas (granitos y granodioritas), los bloques son de mayor dimensión y predomina la fracción gruesa.

3.3. PELIGROS HIDRO-METEOROLÓGICOS

Dentro de este tipo de peligros se ha identificado principalmente la inundación fluvial.

a. Inundación fluvial.

Las zonas de inundación se ubican en la parte distal de los principales valles transversales a la costa. Ocupan áreas extensas correspondientes al piso de los valles de Santa, Nepeña, Casma, Culebras, Huarney, Las Zorras, Fortaleza y Pativilca. Se caracterizan por ser áreas de baja pendiente donde el agua retoma antiguos cauces (canales). Las zonas de aporte hidráulico que

generaron las inundaciones, corresponden a toda la red de drenaje de cada una de las subcuencas hidrográficas, reactivadas excepcionalmente por las intensas precipitaciones pluviales.

El caso más importante, fue la inundación de la ciudad de Huarmey, donde más de la mitad de la infraestructura, fue inundada. El día 14 de marzo, se inició el desastre, cuando extensas áreas de cultivo en la margen izquierda del río Huarmey fueron destruidas, así como viviendas del sector Buenos Aires. El día 15 de marzo, colapsó la protección riveriega de la margen derecha del río Huarmey, inundando gran parte de la ciudad. Esta inundación tuvo un efecto aún más destructivo, cuando el flujo llegó hasta la carretera de la Panamericana Norte, donde impactó con las viviendas y se propagó lateralmente, inundando aún más otros sectores de Huarmey.

Otros casos importantes de inundaciones, fueron observados en la carretera Casma – Huaráz, en el tramo Buena Vista Alta – Cachipampa, donde las inundaciones destruyeron por completo muchos segmentos de la carretera, ya que esta no contaba con drenajes longitudinales, transversales ni badenes. La destrucción del canal Chincas en las cuencas Santa, Coishco, Lacramarca y Nuevo Chimbote, originó la inundación de poblados y extensas zonas de cultivo.

3.4. OTROS PELIGROS GEOLÓGICOS

Dentro de esta categoría de peligros se ha identificado:

a. Erosión fluvial

Proceso geodinámico, relacionado con la acción hídrica de los ríos, que socavan las terrazas y márgenes de los valles, profundizándolos, ensanchándolos y alargándolos (Davila, J., 1999). Los factores más importantes para la ocurrencia de erosión fluvial son, la cobertura vegetal, la geomorfología y el clima.

En la zona de estudio, fueron ampliamente reconocidos en los valles de Casma, Santa, Nepeña y Culebras. Pero los casos más impactantes se vieron en las cuencas Coishco y Lacramarca, donde por sectores, la erosión ensanchó el cauce de los ríos hasta en un 600%. En la cuenca Huarmey, también se observó este fenómeno, dejando abandonado el cauce natural y formando nuevos cauces y retomando otros antiguos.

b. Erosión de laderas

Este tipo de eventos, son considerados predecesores en muchos casos a la ocurrencia de grandes eventos de movimientos en masa. La erosión de los suelos es producto de la remoción del material superficial por acción del agua o viento. El proceso se presenta gracias a la presencia de agua en forma de precipitación pluvial (lluvias) y escorrentías (escurrimiento), que entra en contacto con el suelo, en el primer caso por el impacto y en el segundo caso por fuerzas tractivas, que vencen la resistencia de las partículas (fricción o cohesión) del suelo generándose los procesos de erosión (Gonzalo *et al.*, 2002). La erosión hídrica causada por el agua de lluvia, abarca los siguientes procesos:

Saltación pluvial: impacto de las gotas de lluvia en el suelo desprovisto de vegetación ocasiona el arranque y arrastre de suelo fino, el impacto compacta el suelo disminuyendo la permeabilidad e incrementa escorrentía.

Escurrimiento superficial difuso: comprende la erosión laminar sobre laderas carentes de cobertura vegetal, y afectadas por saltación pluvial, que estimulan el escurrimiento del agua arrastrando finos.

Escurrimiento superficial concentrado: se produce en dos formas: como surcos de erosión (canales bien definidos y pequeños), formados cuando el flujo se hace turbulento y la energía del agua es suficiente para labrar canales paralelos o anastomosados; como cárcavas, que son canales o zanjas más profundos y de mayor dimensión, por las que discurre agua durante y poco después de haberse producido una lluvia. El proceso se da en cuatro etapas: 1) entallamiento del canal, 2) erosión remontante o retrogresiva desde la base, 3) cicatrización y 4) estabilización (Gonzalo et al., 2002).

Estas características, sumadas a las condicionantes geológicas y geomorfológicas de la zona de estudio, originaron este proceso en las cuencas Pativilca, Fortaleza, Huarmey, Culebras y Casma, en los afloramientos de rocas intrusivas muy fracturadas e intemperizadas, en las que se observan grandes áreas de canchales.

En la parte alta de las cuencas Pativilca, Fortaleza y Casma, se presentan como consecuencia del fracturamiento y la alteración de rocas volcánicas. En las cuencas Lacramarca y Santa, se desarrollan con más frecuencia sobre rocas sedimentarias.

3.5. CUADROS SÍNTESIS DE PELIGROS GEOLÓGICOS QUE AFECTARON POBLACIONES, INFRAESTRUCTURA Y ÁREAS DE CULTIVO.

En las siguientes páginas, se presentan cuadros resúmenes donde se describe una síntesis de los peligros identificados en la región Ancash.

Centros poblados afectados por los efectos de El Niño Costero 2017.

TIPO DE PELIGRO	CENTROS POBLADOS	PROVINCIA	REGIÓN	NUMERO	ACCIÓN RECOMENDADA	OBSERVACIONES
INUNDACIÓN FLUVIAL	Tortugas	Casma	Ancash	5	Rehabilitación	Las casas en la entrada hacia el balneario fueron inundadas.
	Las Zorras	Huarmey	Ancash		Rehabilitación	Casas inundadas
	Huarmey	Huarmey	Ancash		Rehabilitación	Numerosas viviendas inundadas, abundante arena y lodo
	La Rinconada	Santa	Ancash		Rehabilitación	La inundación se produjo por la ruptura en varios tramos del canal Chinecas
	Quian	Aija	Ancash		Rehabilitación	Zona de inundación por exceso de lluvias.
FLUJOS	Racrao	Huaraz	Ancash	29	Reconstrucción	Drenaje tributario hacia el río principal (huayco) llegó a la vía asfaltada y al río principal
	Recuay	Recuay	Ancash		Rehabilitación	Presencia de material aluvial y proluvial antiguo, el material arrastrado se encuentra oxidado
	Recuay	Recuay	Ancash		Rehabilitación	Puente Velasco, leve inundación en el valle
	Chilán	Huaraz	Ancash		Reconstrucción	Construcción ocupando una terraza inundable
	Vicos	Carhuaz	Ancash		Rehabilitación	Daños severos en cinco viviendas
	Chasquitambo	Bolognesi	Ancash		Rehabilitación	Confluencia del río Chasquitambo y Purísima, protección ribereña en ambas márgenes del río, sector puente Chasquitambo - poblado de Chasquitambo
	Yaután	Casma	Ancash		Rehabilitación	Puente Yaután, aguas arriba se encuentran viviendas en zona de riesgo
	Oeste de Quillo	Casma	Ancash		Rehabilitación	Huayco en la quebrada con gran cantidad de bloques y cantos rodados
	Casma	Casma	Ancash		Rehabilitación	La inundación ha depositado material grueso entre bloques y gravas en la margen izquierda
	Los Ángeles	Santa	Ancash		Rehabilitación	
	La Cuadra	Santa	Ancash		Rehabilitación	Poblado La Cuadra fue afectado por la inundación. Se considera como zona crítica
	Tambo Real Viejo	Santa	Ancash		Rehabilitación	Poblado de Tambo Real, se aprecia socavamiento del cauce por inundación
	Santa Clemencia	Santa	Ancash		Rehabilitación	Zona de inundación por el río Lacramarca
	San José	Santa	Ancash		Rehabilitación	Afectó la zona este del poblado y el acceso a un AAHH y a zonas de cultivo.
	San Jacinto	Santa	Ancash		Rehabilitación	Afectó levemente viviendas en ambas márgenes del río que cruza todo el poblado
	San Juan	Santa	Ancash		Rehabilitación	Afectó levemente cuatro viviendas.
	Moro	Santa	Ancash		Rehabilitación	Afectó viviendas de la zona este AAHH Nuevo Moro (Daños leves).
	Al sur de Moro	Santa	Ancash		Reubicación	Daños severos en dos viviendas y cercos perimétricos de viviendas.
	Piedra Grande	Santa	Ancash		Reubicación	Daños severos en dos viviendas y cercos perimétricos de viviendas.
	El Arenal	Santa	Ancash		Reubicación	Daños severos en ocho viviendas y cercos perimétricos de viviendas.
San Jose	Santa	Ancash	Reubicación	Daños severos de una avícola.		

	Cajay	Santa	Ancash		Reubicación	Daños leves a dos viviendas
	Este de Tambar	Santa	Ancash		Reubicación	Destrucción de ocho viviendas
	NE de Virahuanca	Santa	Ancash		Rehabilitación	Daños moderados en tres viviendas
	SE de Suchiman	Santa	Ancash		Rehabilitación	Daños moderados en dos viviendas
	S de Suchiman	Santa	Ancash		Rehabilitación	Daños moderados en dos viviendas
	E. de Tanguche	Santa	Ancash		Rehabilitación	Daños moderados en dos viviendas
	Yuracmarca	Huaylas	Ancash		Rehabilitación	Daños moderados en dos viviendas
	Tortugas	Casma	Ancash		Rehabilitación	Daños moderados en 12 viviendas
EROSIÓN FLUVIAL	Racrao	Casma	Ancash	6	Reconstrucción	Sector Piedra Labrada-Racrao-Pariacoto, erosión en el margen derecho del río; el 15 y 16 de marzo llovió intensamente aumentando el caudal del río y llevándose algunas viviendas.
	Vichay	Huaráz	Ancash		Rehabilitación	Sector frente a Vichay, viviendas en el margen del río Santa y no cuenta con defensa ribereña.
	Huaraz	Huaráz	Ancash		Reconstrucción	Sector Ocho de marzo. Incremento de lluvias en el mes de abril incrementaron el caudal del río, arrasando viviendas construidas en las riberas del río Santa
	Pachacoto	Huaráz	Ancash		Rehabilitación	Sector puente Pachacoto, derrumbes en los márgenes del río Santa por socavación en las márgenes; provocaron daños en las viviendas cercanas, también se aprecia derrumbes en el talud de corte de carretera
	Sector Calicanto	Huaráz	Ancash		Reubicación	Puente Calicanto, protección ribereña en el margen derecho del río. Las viviendas se encuentran muy cerca de la ribera invadiendo el cauce.
	Coishco	Santa	Ancash		Rehabilitación	Socavamiento en ambas márgenes del Río Sicho, afectando a una fábrica
DESGLZAMIENTOS (CAIDAS DE ROCAS U OTROS)	Huallanca	Bolognesi	Ancash	5	Rehabilitación	Deslizamiento activo que puede ocasionar daños severos al campamento de Huallanca.
	Pomay	Recuay	Ancash		Rehabilitación	Sector Pomay, aumento del cauce del río en periodos estacionales, trayendo consigo lodo.
	Coishco	Santa	Ancash		Rehabilitación	Caída de detritos
	Coishco	Santa	Ancash		Rehabilitación	Sector el Mirador posibles huaycos por las quebradas
	Phira	Huaraz	Ancash		Reubicación	Pie del deslizamiento superficial, justo al límite con el muro del colegio, en este punto se encuentra un canal sin revestimiento.
PRECIPITACIÓN PLUVIAL	Chuquicara	Santa	Ancash	1	Rehabilitación	Daños en los techos de las casas por filtraciones debido a intensas lluvias.

Áreas de cultivo afectadas por los efectos de El Niño Costero 2017.

TIPO DE PELIGRO	CENTROS POBLADOS	PROVINCIA	REGIÓN	NUMERO	ACCIÓN RECOMENDADA	OBSERVACIONES
INUNDACIÓN FLUVIAL	Tayca	Huarmey	Ancash	17	Rehabilitación	Límite del cauce actual que se encuentra a 10m de un pozo de bombeo y zona de inundación con presencia de pequeños canales
	Barbacay	Huarmey	Ancash		Rehabilitación	Zona de inundación con presencia de un pequeño cauce 15m; hacia la margen derecha se encuentra el límite de terraza
	Malpaso	Huarmey	Ancash		Rehabilitación	Extensas áreas de cultivo inundadas
	Mandinga	Huarmey	Ancash		Rehabilitación	Extensas áreas de cultivo inundadas
	Alguay	Huarmey	Ancash		Rehabilitación	Extensas áreas de cultivo inundadas
	San Francisco	Casma	Ancash		Rehabilitación	Zona de inundación en gran parte del piso de valle
	Huancamuña	Casma	Ancash		Rehabilitación	Extensas áreas de cultivo inundadas
	La Rinconada	Santa	Ancash		Rehabilitación	Colapso del canal principal por inundación, cultivos inundados
	Huanchuy	Casma	Ancash		Rehabilitación	Inundación de detritos, afectación a un pequeño puente de madera
	Ticapampa	Recuay	Ancash		Rehabilitación	Inundación en la margen izquierda del río Santa. Se observa obras de remediación ante desborde tales como muros y pestañas.
	Anta	Santa	Ancash		Rehabilitación	Extensas áreas de cultivo inundadas
	Virahuanca	Santa	Ancash		Rehabilitación	Extensas áreas de cultivo inundadas
	La Capilla	Santa	Ancash		Rehabilitación	Llanura inundable, se observa limos y arenas, parte de desembocadura hacia el mar.
	Quita Sombrero	Huarmey	Ancash		Rehabilitación	Río Culebras ha invadido, zonas de cultivo.
	Amparu	Huarmey	Ancash		Rehabilitación	Ampanu Zona de inundación, en cultivos.
	Molino	Huarmey	Ancash		Rehabilitación	Zona de inundación, en cultivos.
	Cochán	Huarmey	Ancash		Rehabilitación	Área inundable con daños en canal, tierras de cultivo y río culebras que ha socavado terrazas y ha generado flujo de lodo y detritos lo que han aportado a la inundación.
FLUJOS	Tres Cruces	Huarmey	Ancash	25	Rehabilitación	Las viviendas y los cultivos fueron afectados por precipitaciones los días 15, 16 y 19 de marzo de 2017. Testigos indican que en dicho sector el agua fue dividida en dos ramales quedando la iglesia del sector en una pequeña isla
	Tres Cruces	Huarmey	Ancash		Rehabilitación	Este punto limita la zona de peligro alto y muy alto con presencia de bloques arrastrados probablemente en El Niño del año 98
	Monsalve	Huarmey	Ancash		Rehabilitación	Flujo de detritos (huayco) en la quebrada Monsalve con bloques de gravas que van desde los 30cm hasta los tres metros de diámetro con litología volcánica y el cauce posee un caudal entre 50 y 80 l/s
	Huayup	Huarmey	Ancash		Rehabilitación	Depósito aluviónico con gran cantidad de bloques y grava en la quebrada
	Recuay	Recuay	Ancash		Rehabilitación	Flujo de detritos perpendiculares al río, proveniente de la margen derecha del valle
	Acopampa	Carhuaz	Ancash		Rehabilitación	Río inundó terrazas que eran utilizadas para cultivos.
	Pueblo Libre	Huaylas	Ancash		Rehabilitación	Río Vicos- Caraz. El flujo de detritos que desemboca a la quebrada, ha afectado en

					algunas partes a cultivos y trochas (que cruzaba anteriormente la quebrada).	
	Puente Tabón	Casma	Ancash		Rehabilitación	Desborde del río (Tabón) hacia la margen izquierda afectando enormemente áreas de cultivo
	Santa Melania	Casma	Ancash		Rehabilitación	Inundación por rebalse, pobladores indican que el día 16 de marzo hubo una inusual precipitación en el sector San Diego, distrito Comandante Noel.
	Santa Melania	Casma	Ancash		Rehabilitación	Área afectada por la inundación del último evento del mes de marzo, se observa que el cauce está conformado por gravas, arena y limo
	Hualgayoc	Casma	Ancash		Rehabilitación	Nuevamente se aprecia el desborde del río (río Grande) hacia la mano izquierda
	Puente Muña	Casma	Ancash		Rehabilitación	Puente Muña, desborde del río que afecta sembríos y erosión lateral
	Carbonería	Casma	Ancash		Rehabilitación	Inundación de detritos
	Huanchuy	Casma	Ancash		Rehabilitación	Flujo de detritos
	La Cuadra	Casma	Ancash		Rehabilitación	Flujo de detritos
	La Cuadra	Casma	Ancash		Rehabilitación	Socavamiento del cauce original entre 60 y 100 m de ancho hacia ambos márgenes
	La Cuadra	Casma	Ancash		Rehabilitación	El agua se encauzó hacia el margen izquierdo con mayor intensidad, socavando y canalizando
	La Cuadra	Casma	Ancash		Rehabilitación	Desborde del canal invadiendo cultivos y un sector de la carretera y actualmente el canal se ha encauzado
	Alto Perú	Casma	Ancash		Rehabilitación	Vivienda colapsada por la inundación del río; en el otro margen canal colapsado
	Alto Perú	Casma	Ancash		Rehabilitación	Inundación por incremento del cauce
	Río Seco	Casma	Ancash		Rehabilitación	Aguas abajo del poblado Tambo Real Viejo
	Chachapoyas	Casma	Ancash		Rehabilitación	Excavación del cauce por inundación
	Chachapoyas	Casma	Ancash		Rehabilitación	Inundación por flujo, erosión en los márgenes del cauce afectando áreas de cultivo.
	Santa Clemencia	Casma	Ancash		Rehabilitación	Zona de inundación en ambos márgenes
	Cañasbamba	Yugay	Ancash		Rehabilitación	Flujo de detritos
EROSIÓN FLUVIAL	Alguay	Huarmey	Ancash	5	Rehabilitación	Punto de control cerca al puente Cuscus, donde el río profundiza el cauce y deja el cauce original abandonado.
	Catac	Recuay	Ancash		Rehabilitación	Erosión en el margen izquierdo cerca al poblado Utcullacu
	La Huaca III	Santa	Ancash		Rehabilitación	Sector La Huaca III socavamiento en ambos márgenes de la ladera del río Sicho
	Chachapoyas	Santa	Ancash		Rehabilitación	Excavación y erosión en ambos márgenes del río Lacramarca
	Chimbote	Santa	Ancash		Rehabilitación	Erosión en los márgenes del valle

Tramos de carretera afectados por los efectos de El Niño Costero 2017.

TIPO DE PELIGRO	CARRETERA	TRAMO DE CARRETERA	LONGITUD AFECTADA (Km)	REGION	ACCIÓN RECOMENDADA	OBSERVACIONES
INUNDACIÓN FLUVIAL	Casma - Huaraz	Buena Vista Alta - Cachipampa	2.5	Ancash	Reconstrucción	Colapso de una parte de la vía asfaltada y con ella un pequeño puente que servía de drenaje transversal, a la vez ausencia de drenaje longitudinal. Zona Crítica
	Casma - Huaraz	Buena Vista Alta - Cachipampa	1.5	Ancash	Reconstrucción	Parte del asfalto ha desaparecido por el lavado de la base a causa de la inundación. En este punto el cauce se desvía alejándose de la vía asfaltada
	Casma - Huaraz	Buena Vista Alta - Cachipampa	2.2	Ancash	Reconstrucción	Parte del asfalto ha desaparecido por el lavado de la base a causa de la inundación.
	Chimbote - Huaráz	Suchiman	0.1	Ancash	Rehabilitación	Inicio de inundaciones, erosión de pie de valle de 50m. Destrucción de la carretera y zonas de cultivo.
	Nepeña	Motocachi - Moro	0.5	Ancash	Reubicación	Destrucción de carretera
FLUJOS	Barranca - Huaráz	Chamana	0.4	Ancash	Rehabilitación	Daños moderados
	Barranca - Huaráz	Chasquitambo	0.2	Ancash	Reconstrucción	destrucción de la carretera
	Casma - Hualgayoc	Hualgayoc	1.2	Ancash	Reconstrucción	Sector Hualgayoc, la vía de acceso ha sido dañada por el incremento del cauce cortando a la carretera
	Casma - Huaraz	Buena Vista Alta - Cachipampa	0.4	Ancash	Reconstrucción	Destrucción total de la carretera
	Casma - Huaraz	Buena Vista Alta - Cachipampa	0.35	Ancash	Reubicación	Destrucción total de la carretera
	Casma - Quillo	Oeste de Quillo	0.1	Ancash	Rehabilitación	Huayco que llega a la vía con bloques enormes
	Casma - Quillo	Cunca	0.1	Ancash	Rehabilitación	Huayco con material reciente
	Lacramarca	San José	0.2	Ancash	Reubicación	Colapso de la carretera por la inundación del río Lacramarca
	Nepeña	Moro-Anta	0.4	Ancash	Rehabilitación	Daños moderados
	Nepeña	Moro-Anta	2.5	Ancash	Rehabilitación	Daños severos
	Nepeña	Moro-Anta	1.00	Ancash	Rehabilitación	Daños leves.
	Nepeña	Moro-Anta	0.50	Ancash	Rehabilitación	Daños leves
	Nepeña	Moro-Anta	0.40	Ancash	Rehabilitación	Daños severos
	Nepeña	NE de S. Jacinto	2.00	Ancash	Rehabilitación	Daños severos
	Carretera	Piedra Grande	0.10	Ancash	Rehabilitación	Daños leves
	Carretera	SO de Piedra Grande	0.30	Ancash	Rehabilitación	Daños leves
	Carretera	Piedra Grande	0.25	Ancash	Rehabilitación	Daños leves
	Carretera	San José	0.1	Ancash	Rehabilitación	Daños severos
Carretera	O Uchup	0.1	Ancash	Rehabilitación	Daños severos	

Carretera	Cerca de Hornillos	0.1	Ancash	Rehabilitación	Daños severos
Carretera	Larea	0.05	Ancash	Rehabilitación	Daños leves
Carretera	SO de Larea	0.1	Ancash	Rehabilitación	Daños leves
Carretera	AAHH Nuevo Moro	2	Ancash	Rehabilitación	Daños leves
Carretera	Cerca de Moro	0.5	Ancash	Rehabilitación	Daños moderados
Pista	SE de San Jacinto	0.3	Ancash	Rehabilitación	Daños severos
Carretera	Cajay	0.2	Ancash	Rehabilitación	Daños moderados
Carretera	SO a Breña	0.1	Ancash	Rehabilitación	Daños moderados
Carretera	CP Breña	0.2	Ancash	Rehabilitación	Daños moderados
Carretera	NO de Breña	0.2	Ancash	Rehabilitación	Destrucción de carretera
Carretera	CP Tambar	0.2	Ancash	Rehabilitación	Destrucción de carretera
Camino rural	NE de Virahuanca	0.1	Ancash	Rehabilitación	Daños moderados
Carretera	Oeste de Nuevo Chimbote	0.1	Ancash	Rehabilitación	Daños moderados
Trocha	Oeste de Nuevo Chimbote	1.1	Ancash	Rehabilitación	Daños moderados
Carretera	SE de Chuquicara	0.1	Ancash	Rehabilitación	Daños moderados
Carretera	Oeste de Chuquicara	0.05	Ancash	Rehabilitación	Daños moderados
Carretera	Oeste de Chuquicara	0.15	Ancash	Rehabilitación	Daños moderados
Carretera	Oeste de Chuquicara	0.1	Ancash	Rehabilitación	Daños moderados
Carretera	Este de Suchiman	0.1	Ancash	Rehabilitación	Daños moderados
Carretera	Este de Suchiman	1	Ancash	Rehabilitación	Daños moderados
Carretera	Este de Suchiman	0.2	Ancash	Rehabilitación	Daños moderados
Carretera	Frente Suchiman	0.1	Ancash	Rehabilitación	Daños moderados
Carretera	Frente Suchiman	0.2	Ancash	Rehabilitación	Daños moderados
Carretera	Frente Suchiman	0.15	Ancash	Rehabilitación	Daños moderados
Carretera	Cerca de Suchiman	0.07	Ancash	Rehabilitación	Daños moderados
Carretera	SO de Rinconada	0.1	Ancash	Rehabilitación	Daños severos
Carretera	Yuracmarca Chuquicara	0.1	Ancash	Rehabilitación	Daños moderados
Carretera	Yuracmarca Chuquicara	0.08	Ancash	Rehabilitación	Daños moderados
Carretera	Yuracmarca Chuquicara	0.07	Ancash	Rehabilitación	Daños severos

	Carretera	Yuracmarca Chuquicara	0.09	Ancash	Rehabilitación	Daños moderados
	Carretera	Entre Marcará y Atipayan	0.05	Ancash	Rehabilitación	Daños moderados
	Carretera	Vicos	0.08	Ancash	Rehabilitación	Daños moderados
	Carretera	Tocash	0.1	Ancash	Rehabilitación	Daños leves
	Carretera	NE de Colcas	0.05	Ancash	Rehabilitación	Daños moderados
	Carretera	Huallanca	0.1	Ancash	Rehabilitación	Daños leves
	Carretera	Huallanca	0.09	Ancash	Rehabilitación	Daños leves
	Carretera	Huallanca	0.09	Ancash	Rehabilitación	Daños leves
	Carretera	Yuracmarca	0.1	Ancash	Rehabilitación	Daños severos
	Carretera	NO de Callhuash	0.1	Ancash	Rehabilitación	Daños leves
	Nepeña	Vesique_Norte de Casma	2.5	Ancash	Rehabilitación	Daños severos
	Culebras	Culebras: entre Ampanu y Oyos	0.4	Ancash	Reubicación	Daños severos
	Culebras	Culebras: entre Molino y Quillapampa	3	Ancash	Reubicación	Daños severos
	Culebras	Culebras: entre Molino y Quillapampa	1	Ancash	Reubicación	Daños severos
	Barranca - Huaráz	Hornillos	0.2	Ancash	Reconstrucción	Flujo de lodo Sector Hornillos
	Panamericana Norte	Cerca de La Zorra	0.3	Ancash	Rehabilitación	Daños severos
EROSIÓN FLUVIAL	Casma - Huaraz	Racrao	0.10	Ancash	Rehabilitación	Erosión lateral por el cauce del río erosionando la vía asfaltada
	Casma - Huanchuy	El Olivar	0.25	Ancash	Rehabilitación	
	Casma - Huaraz	Chuquicara	0.50	Ancash	Rehabilitación	Se observa taludes verticales de aluviones antiguos en ambas márgenes del río Santa. El tipo de peligro es un flujo. Además, se puede ver socavamiento en la carretera por acción fluvial, Peligro ALTO.
DESIZAMIENTOS (CAIDAS DE ROCAS U OTROS)	Camino rural	Moro-Anta	0.60	Ancash	Rehabilitación	Daños leves.
	Camino rural	O de Uchup	0.10	Ancash	Rehabilitación	Daños leves.
	Carretera	NO de Callhuash	0.10	Ancash	Rehabilitación	Daños leves.
	Carretera	Sur de Huanchay	0.30	Ancash	Rehabilitación	Daños leves.
	Casma - Huaraz	Quitaflores	0.25	Ancash	Rehabilitación	Derrumbes en un tramo de carretera hacia el margen derecho en el corte de talud.
	Huaráz - Conococha	Catac	0.22	Ancash	Rehabilitación	Puente Parco

Chimbote - Huaráz	Chuquicara	6.90	Ancash	Rehabilitación	Yuracmarca-Chuquicara Zona de caída de rocas (canchales) y aluviones antiguos.
Chimbote - Huaráz	Chuquicara		Ancash	Rehabilitación	Yuracmarca-Chuquicara Socavamiento del río ha afectado la estabilidad del talud en la carretera. Además, hay caída de rocas que podría obstruir la carretera
Chimbote - Huaráz	Chuquicara		Ancash	Rehabilitación	Yuracmarca-Chuquicara Ficha de registro 21-22. Caída de rocas/ Flujos Conos
Chimbote - Huaráz	Chuquicara		Ancash	Rehabilitación	Yuracmarca-Chuquicara Conos de detritos y socavamiento por la acción del río. (tramo de 500m).
Huarmey	Tres Cruces	1.60	Ancash	Rehabilitación	Caída de rocas en gran parte de la carretera hacia Huiña
Casma - Huaraz	Racrao	0.25	Ancash	Rehabilitación	Caída de rocas y vuelco en el talud de corte de carretera
Casma - Hualgayoc	Hualgayoc	0.60	Ancash	Rehabilitación	Zona de derrumbe con caída de rocas volcánicas y detritos en el talud de corte de carretera,
Casma - Huaráz	Pariacoto	0.60	Ancash	Rehabilitación	Desprendimiento de material desde el corte de talud de carretera obstruyendo el canal y parte de la vía asfáltica.
Casma - Quillo	Quillo	0.10	Ancash	Rehabilitación	Erosión de laderas en carretera
Chimbote - Huaráz	Chuquicara	1.50	Ancash	Rehabilitación	Laderas con fracturas, peligro tipo por caída (desprendimiento de aluviones). Además, se observa socavamiento en ambos márgenes del Río.
Chimbote - Huaráz	Chuquicara		Ancash	Rehabilitación	Zonas de derrumbes, se observa erosión al pie de los depósitos fluviales. Con vista hacia la margen derecha se observan tres terrazas.
Barranca - Huaráz	Chamana	0.20	Ancash	Rehabilitación	Caída de rocas.
Casma - Huaraz	Chacchán	1.80	Ancash	Rehabilitación	Zona de deslizamiento y reactivación de un derrumbe en el corte de carretera.
Casma - Huaráz	Chacchán		Ancash	Rehabilitación	Reactivación del deslizamiento de tipo rotacional, el substrato rocoso es volcánico, también se observa grietas tensionales
Casma - Huaráz	Santa Rosa	0.10	Ancash	Rehabilitación	Deslizamientos y derrumbes en depósitos coluvio deluviales
Ranrahirca	Independencia	0.20	Ancash	Rehabilitación	Deslizamiento activo
Casma - Huaraz	Racrao	0.10	Ancash	Rehabilitación	caída de rocas en el talud del corte de carretera con un intenso fracturamiento

Obras de Infraestructura afectados por los efectos de El Niño Costero 2017.

TIPO DE PELIGRO	INFRAESTRUTURA	LUGAR	PROVINCIA	REGIÓN	ACCIÓN RECOMENDADA	OBSERVACIONES
INUNDACIÓN FLUVIAL	Canal	Nepeña	Santa	Ancash	Rehabilitación	Canal colmatado por arenas
	Puente	Moro	Santa	Ancash	Reubicación	Colmatación del canal del río por donde se ubica el puente.
	Canal	La Rinconada	Santa	Ancash	Reconstrucción	Colapso del canal principal por inundación, cultivos inundados
	Defensa Ribereña	Huarmey	Huarmey	Ancash	Reconstrucción	Numerosas viviendas inundadas, abundante arena y lodo
	Canal	Cochán	Huarmey	Ancash	Reconstrucción	Área inundable con daños en canal, tierras de cultivo y río culebras que ha socavado terrazas y ha generado flujo de lodo y detritos lo que han aportado a la inundación.
FLUJOS	Canal	Yautan	Casma	Ancash	Reconstrucción	Presencia de un canal de drenaje cerrado, lo cual desencadena un rebalse por los márgenes de la vía asfaltada deteriorando gran parte de ella
	Puente	Pariacoto	Huaráz	Ancash	Rehabilitación	Intenso aluvión, pero pocos daños
	Puente	Sector Conococha	Recuay	Ancash	Rehabilitación	Pocos daños
	Reservorio	Villa Sucre	Huaylas	Ancash	Rehabilitación	Río Vicos- Caráz. Flujos de detritos que constituyen un peligro al reservorio N°2 SAN DIEGO. El substrato rocoso es intrusivo.
	Puente	Puente Tabón	Casma	Ancash	Rehabilitación	Peligro por inundación de detritos; material transportado por dicho evento consta de arenas limos y arcillas, cabe resaltar que este evento pertenezca al fenómeno de El Niño del año 97 - 98
	Canal	La Cuadra	Santa	Ancash	Reconstrucción	Compuerta del canal Chinecas
	Canal	La Cuadra	Santa	Ancash	Reconstrucción	La rotura del canal ocasionó el desborde socavando el cauce del río en la parte baja del valle
	Canal	Chachapoyas	Santa	Ancash	Reconstrucción	Destrucción total de un tramo del canal por la energía del agua desde la parte alta de la quebrada hacia el valle abajo.
	Canal	Chachapoyas	Santa	Ancash	Reconstrucción	Naciente del huayco rompiendo el enrocado de los diques de protección, un tramo del canal pasa por debajo del suelo, en el evento ocurrido se obstruyó la entrada de la boca del canal
	Puente	Chimbote	Santa	Ancash	Reconstrucción	Inundación en los márgenes del cauce, la infraestructura de un puente ha sido destruido
	Tramo de canal	Moro	Santa	Ancash	Reubicación	Destrucción de carretera
	Daños en canal	Moro-Anta	Santa	Ancash	Rehabilitación	Daños moderados
	Daños en canal	Moro-Anta	Santa	Ancash	Reconstrucción	Daños moderados
	Puente	Jimbe-Colpcap	Santa	Ancash	Rehabilitación	Daños leves
	Canal	Moro-Anta	Santa	Ancash	Rehabilitación	Daños leves
Canal	Moro-Anta	Santa	Ancash	Rehabilitación	Daños severos del canal y cercos perimétricos de propiedades.	

	Canal	Piedra Grande	Santa	Ancash	Rehabilitación	Daños severos
	Canal y red de agua potable	Breña	Santa	Ancash	Rehabilitación	Daños moderados en canal revestido y red de agua potable
	Puente	NO de Breña	Santa	Ancash	Reconstrucción	Dstrucción de puente
	Canal	Tambar	Santa	Ancash	Reconstrucción	Dstrucción de canal
	Canal y postes de red eléctrica	NE de Virahuanca	Santa	Ancash	Reconstrucción	Daños moderados
	Canal y puente	SO de San Jacinto	Santa	Ancash	Reconstrucción	Daños moderados
	Canal Chinecas	Este de Nuevo Chimbote	Santa	Ancash	Rehabilitación	Flujos de arena colmataron el canal: Daños leves
	Canal Chinecas	Este de Nuevo Chimbote	Santa	Ancash	Rehabilitación	Flujos de arena colmataron el canal: Daños leves
	Canal Chinecas	Este de Nuevo Chimbote	Santa	Ancash	Rehabilitación	Flujos de arena colmataron el canal: Daños leves
	Canal Chinecas	Este de Nuevo Chimbote	Santa	Ancash	Rehabilitación	Flujos de arena colmataron el canal: Daños leves
	Canal Chinecas	Este de Tanguche	Santa	Ancash	Rehabilitación	Flujos de arena colmataron el canal: Daños leves
	Canal Chinecas	SO de Tanguche	Santa	Ancash	Rehabilitación	Flujos de arena colmataron el canal: Daños leves
	Avícolas y viviendas	N de Casma	Casma	Ancash	Reconstrucción	Flujos de detritos que afectaron seis galpones y viviendas de la avícola.
	Canal	NO de Quillapampa	Huarmey	Ancash	Reconstrucción	Flujos de detritos hicieron daños severos al canal.
	Canal	NO de Quillapampa	Huarmey	Ancash	Reconstrucción	Flujos de detritos hicieron daños severos al canal.
	Canal	Sur de Huanchay	Huarmey	Ancash	Reconstrucción	Flujos de detritos hicieron daños severos al canal.
	Bocatoma de canal	SO de Huanchay	Huarmey	Ancash	Reconstrucción	Flujos de detritos hicieron daños severos al canal.
EROSIÓN FLUVIAL	Pozo	Alguay	Huarmey	Ancash	Reconstrucción	La inundación ha socavado las paredes del río, socavando gran profundidad con lo cual la infraestructura de pozos de agua ha quedado en el aire

DESlizamientos (CAIDAS DE ROCAS U OTROS)	Canal	Sur de Huanchay	Huarmey	Ancash	Rehabilitación	Daños leves
PRECIPITACIÓN PLUVIAL	Canal	Larea	Santa	Ancash	Rehabilitación	Daños leves
	Colegio	Breña	Santa	Ancash	Rehabilitación	Daños moderados en cerco perimétrico de colegio

CONCLUSIONES

- El incremento anómalo en la temperatura de la superficie del mar, frente a las costas central y norte del Perú, instaló masas de aire húmedo a lo largo de la costa y parte de las vertientes de la cordillera occidental de los Andes peruanos, desencadenando intensas precipitaciones pluviales y dando origen de esta manera el fenómeno atmosférico conocido como El Niño Costero.
- Las intensas precipitaciones pluviales registradas en la región Ancash, entre los meses de enero a marzo, asociadas al evento El Niño Costero, causaron variaciones del caudal (régimen hidrológico). Lo que desencadenó múltiples fenómenos de movimientos en masa, que afectaron ciudades, campos de cultivo, carreteras y otras infraestructuras urbanas. En este contexto, el principal factor detonante, de los fenómenos de movimientos en masa e inundaciones, fueron las precipitaciones pluviales anómalas.
- Los factores condicionantes, corresponden principalmente a las características geológicas (litológicas y estructurales) y geomorfológicas (pendiente y relieves) de la zona de estudio.

Los granito y granodioritas del Batolito de la Costa, se encuentran intensamente fracturados, lo que configura laderas inestables en los valles de los ríos Pativilca, Fortaleza, Huarmey y Culebras. Las rocas volcánicas en la parte alta de estas cuencas se encuentran no solamente fracturadas, sino también muy alteradas.

Las características morfológicas (valle encañonado) del valle del río Santa, en el tramo Huallanca – Chuquicara, condicionan la ocurrencia de fenómenos de movimientos en masa.

Otro factor condicionante, es el emplazamiento de depósitos eólicos en las laderas de las montañas de los valles de Huarmey, Culebras, Casma y Nuevo Chimbote que, en presencia de lluvias extraordinarias, se saturan y descienden por las laderas a manera de flujos de lodo.

- Los movimientos en masa más comunes en la zona de estudio, fueron los de tipo flujo, se reconocieron en las cuencas Pativilca, Fortaleza, Las Zorras, Huarmey, Culebras, Casma, Nepeña, Nuevo Chimbote, Lacramarca, Coishco y Santa.

La causa principal de los daños por movimientos en masa, corresponde a la inadecuada ubicación de las infraestructuras en zonas de antiguos cauce de los ríos, terrazas bajas y conos de deyección activos.

- Los flujos de detritos y lodo están ligados al aumento brusco del caudal en las quebradas. Muchas de las quebradas no se habían reactivado desde hace 70-80 años (según la comunicación verbal de los pobladores), que coincide relativamente con los registros meteorológicos y biológicos estudiados por Martínez y Takahashi, para identificar al fenómeno de El Niño del verano de 1925.

Estos fenómenos geodinámicos son los responsables de causar la mayor cantidad de daños, entre ellos destrucción parcial y total de vías de comunicación (carreteras y caminos rurales), viviendas, áreas de cultivo e infraestructuras mayores como colegios, canales, puentes y redes de energía.

- Los deslizamientos de Phira y Ranrahirca, se originaron por la sobresaturación de los suelos. En el caso de Phira, el Centro Educativo afectado debe ser reubicado, ya que el deslizamiento observado se encuentra activo y la infraestructura muy dañada.
- La localidad de Coishco, viene expandiéndose hacia laderas inestables compuestas por roca muy fracturada y alterada, susceptible a la generación de derrumbes a causa de lluvias extraordinarias.
- Las inundaciones causaron erosión de riberas y colapso de viviendas, carreteras, puentes y áreas de cultivo. Es importante indicar que las aguas que generaron las inundaciones, arrastraron material en suspensión (bloques, arenas y limos) que dieron origen a los flujos.

La causa principal de los daños por inundaciones fue el estrangulamiento del cauce en los ríos (acción antrópica) y el exceso de precipitaciones que activaron todas las quebradas ubicadas entre 100 y 2100 msnm. A los anteriores se suma la falta de obras de prevención y mitigación diseñadas para este tipo de fenómeno excepcional (lluvias intensas en periodos cortos).

La inundación en la ciudad de Huarney, se debió a un deficiente sistema de canalización del río Huarney, que colapsó ante los impactos de la crecida. Esto dejó al descubierto la deficiente cultura de prevención ante estos fenómenos (ausencia de drenajes, ocupación de la faja marginal, colmatación del cauce, etc.)

- Las caídas de rocas son los movimientos en masa menos frecuentes y han ocurrido en menor porcentaje que las anteriores. A diferencia de los flujos, son responsables de causar daños menores en las infraestructuras (carreteras y canales). Los daños ocasionados corresponden al bloqueo de carreteras y canales de irrigación.
- La erosión fluvial de riberas y laderas, socavaron terrazas bajas y laderas. Como resultado causaron daños en viviendas, áreas de cultivo, colegios y carreteras.
- El Canal Chinecas, que capta agua del río Santa y atraviesa transversalmente las cuencas de Coishco, Lacramarca y Nuevo Chimbote, fue destruido en varios sectores por el impacto de flujos de detritos provenientes de quebradas transversales al canal. Los flujos de detritos sumados al volumen de agua que transportaba en canal Chinecas, destruyeron, grandes áreas de cultivo y poblados de las mencionadas cuencas.
- La información geo-científica preliminar que se consigna en el presente reporte, es un avance de un informe completo que se encuentra en proceso, que sirva de orientación en los trabajos y proyectos que emprenderá la Autoridad Nacional para la Reconstrucción con Cambios, como resultado de nuestros trabajos de campo y gabinete, la cual se pone a disposición, así como a los gobiernos regionales, locales e instituciones del SINAGERD.

RECOMENDACIONES

- Realizar mapas de peligrosidad ante movimientos en masa e inundaciones en las cuencas evaluadas, tomando en cuenta escenarios no solo el periodo de recurrencia de lluvias extraordinarias como el fenómeno de El Niño sino también del Niño Costero.
- Estos estudios deben estar incluidos en los Planes de Ordenamiento Territorial provinciales y distritales.
- Diseñar políticas rigurosas, que prohíban la ocupación de fajas marginales, la construcción de viviendas y de obras de infraestructura (carreteras, puentes, canales, etc.) en la zona correspondiente a antiguos cauces de los ríos Nepeña, Lacramarca, Santa, Casma, Huarmey, Culebras, etc.
- Realizar badenes, drenajes longitudinales y transversales en la carretera Casma – Huaraz, en el tramo Buena Vista Alta – Cachipampa, que es una de las zonas más críticas en la región. En este tramo, se requiere hacer una modificación del trazo de 300 m de carretera.

En términos generales, las obras de prevención y mantenimiento de las carreteras en la región Ancash (badenes, canales, muros de contención, drenes), deben ser mejoradas.

- Reubicar el puente construido sobre el río Nepeña, que une los poblados de San Jacinto y Moro.
- El canal Chinecas, representa un peligro antrópico importante. El colapso de su estructura ocasionó la inundación de grandes áreas de cultivo y poblados dentro de la cuenca Coishco, Lacramarca y Nuevo Chimbote. Por este motivo, se debe proteger el canal Chinecas en todo su recorrido del impacto de eventuales flujos de detritos de las quebradas transversales al canal, con la construcción de obras hidráulicas, tomando como referencia los anchos de cauce de quebradas que afectaron el canal; en algunos casos es recomendable tramos de canales cubiertos, estructuras de drenaje o subdrenaje entre otras.
- En la ciudad de Huarmey es necesario ampliar y reforzar la canalización en ambas márgenes del río. Instalar sistemas de alerta temprana en los valles de Pativilca, Fortaleza, Huarmey, Culebras, Casma, Nepeña, Lacramarca, Coishco y Santa. La comunicación con los poblados de la parte alta de estas cuencas es esencial, para prevenir y estar preparados antes eventuales emergencias.
- Estabilización de taludes (muros de contención, banquetas, etc.) y tratamiento de laderas (reforestación, evacuación de la escorrentía superficial, etc.) en zonas de caída de rocas, detritos y derrumbes.

BIBLIOGRAFÍA

- Cruden, D.M., Varnes, D.J., (1996) Landslides types and processes, en Turner, K., y Schuster, R.L., ed., Landslides investigation and mitigation: Washintong D. C, National Academy Press, Transportati3n researchs board Special Report 247, p. 36-75.
- Hungr, O., 2005, Classification and terminology, *en* Jakob, M., y Hungr, O., ed., Debris flow hazard and related phenomena: Chichester, Springer-Praxis, p. 9–23.
- Hungr, O., Evans, S.G., Bovis, M., y Hutchinson, J.N., 2001, Review of the classification of landslides of the flow type: Environmental and Engineering Geoscience, v. 7, p. 22–238.
- Hoek, E., & Bray, J. W. (1981) Rock slope engineering. Institution of Mining and Metallurgy, 358 p.
- Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas (2007). Movimientos en masa en la regi3n Andina: Una gu3a para la evaluaci3n de amenazas. Servicio Nacional de Geolog3a y Miner3a, Publicaci3n Geol3gica Multinacional, No. 4, 432 p.
- Varnes, D. J., (1978) Slope movements types and processes, en Schuster R.L., y Krizek R.J., ad, Landslides analisys and control: Washintong D. C, National Academy Press, Transportati3n researchs board Special Report 176, p. 9-33.
- Valderrama P. (2016). Peligros Geol3gicos por procesos glaciares Cordillera Blanca – R3o Santa. Bolet3n, Serie C: INGEMMET
- Zavala B., Valderrama P., Pari W., Luque G. & Barrantes R., (2009). Riesgos geol3gicos en la regi3n Ancash. INGEMMET, Bolet3n, Serie C: Geodin3mica e Ingenier3a Geol3gica, 38, 280 p.

ANEXOS:

1. FOTOGRAFÍAS ILUSTRATIVAS



Foto 1: Campo deportivo de la ciudad de Huarmey, cubierto con más de 1m de lodo.



Foto 2: Vehículos que fueron empujados con el flujo de lodo ocurrido el 16 de marzo del presente en la ciudad de Huarmey.



Foto 3: Pozos de captación de agua expuestos, tras el intenso socavamiento de cauce en la parte baja del valle de Huarney.



Foto 4: Destrucción total de áreas de cultivo en la margen izquierda de la parte baja del río Casma.



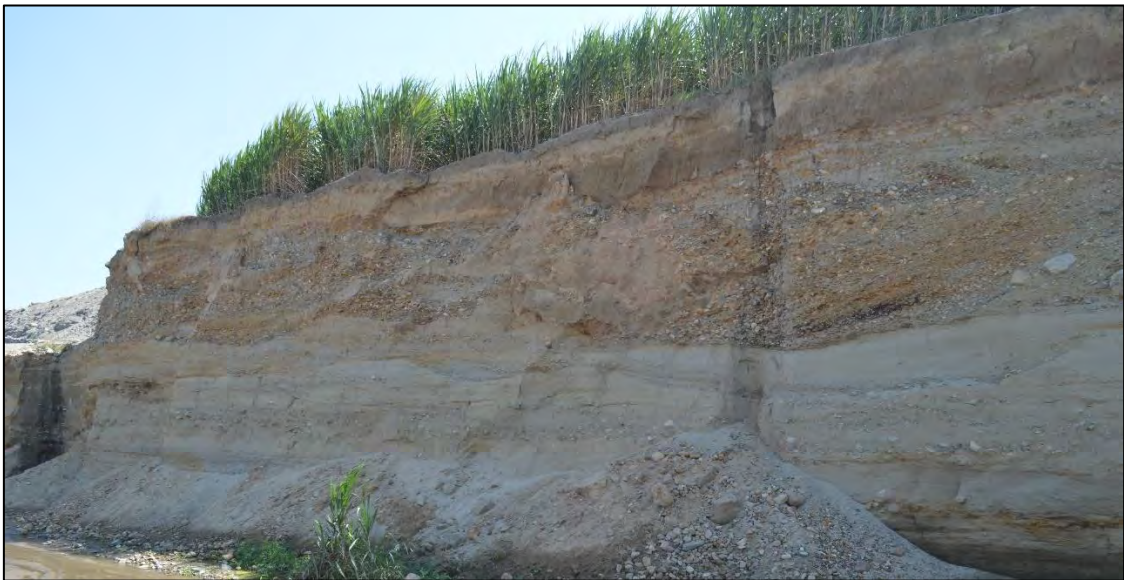
Fotos 5 y 6: Destrucción total de la carretera Casma – Huaraz, en el tramo Buena Vista Alta – Cachipampa, debido a la inundación de detritos y la ausencia de drenajes longitudinales.



Foto 7: Socavamiento e incisión de un afluente del río Lacramarca, ocasionado por la ruptura del canal Chinecas.



Foto 8: Viviendas en la ciudad de Huaraz en zonas de alto riesgo por huaicos, erosión fluvial e inundaciones.



Fotos 9, 10 y 11: Incisión y ensanchamiento del cauce del río Lacramarca, en cuyo corte se puede observar depósitos de antiguas inundaciones con niveles de gravas y paleocanales.



Fotos 12, 13 y 14: Inundación en el poblado La Cuadra, ubicado en la parte media de la cuenca Lacramarca. Se observa también el ensanchamiento de cauce (que originalmente era de 5m y tras la erosión fluvial se ensanchó a aprox. 100m)



Fotos 15 y 16: Destrucción de un tramo de la carretera Barranca – Huaraz, cerca de Chasquitambo.



Fotos 17 y 18: Centro educativo, en el distrito de Phira con daños estructurales ocasionados por un deslizamiento activo profundo.



Foto 19: Parte del cuerpo canalizado de un flujo de detritos proveniente de la quebrada Tablachaca, tributaria en la margen izquierda del río Santa. Vista tomada hacia el suroeste.



Foto 20: Flujo de detritos sobre la margen izquierda del río Santa, mostrando el frente o cabecera depositado en forma de cono. Vista tomada hacia el sur.



Foto 21: Caída de rocas sobre la margen derecha del río Santa. Se observan fragmentos angulosos de rocas sedimentarias (limolitas y areniscas) con tamaños menores a 0.20 m. Vista tomada hacia el noroeste.



Foto 22: Caída de rocas sobre la margen derecha del río Santa. Se observan los bloques sub redondeados de rocas ígneas con tamaños mayores a 1 m. Vista tomada hacia el oeste.



Fotos 23 y 24: Vista panorámica de deslizamientos ubicados en la cuenca del río Santa asociados a rocas sedimentarias compuestas de limolitas, areniscas y lutitas del Grupo Chicama.
A. Deslizamiento cerca al poblado de Huallanca. **B.** Deslizamiento cerca al poblado de Yuracmarca.



Fotos 25 y 26: Vista panorámica de zonas de inundación. **A.** Canales fluviales abandonados sobre el río Nepeña que fueron retomados por el agua con el aumento del caudal. Vista tomada hacia el Noreste. **B.** Canales fluviales abandonados sobre el río Santa que muestran rastros que fueron retomados con el aumento del caudal. Vista hacia el Noroeste.



Foto 27: Erosión de ribera en la terraza baja ubicada sobre la margen izquierda del río Nepeña. Vista tomada hacia sureste.



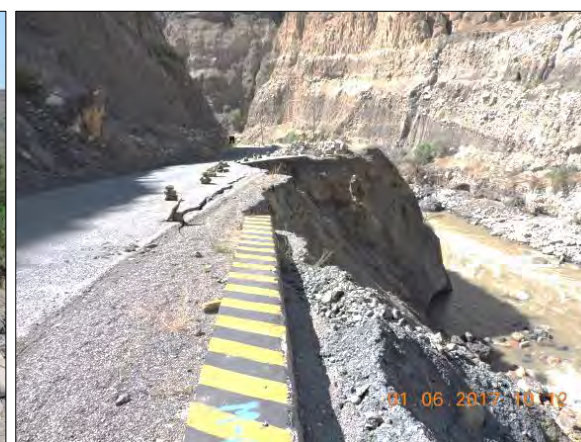
Fotos 28, 29 y 30: Daños ocasionados por flujos de detritos y lodo. **A.** Vista de la destrucción total de un tramo de la pista que conecta las ciudades de Casma y Huaraz. Vista tomada hacia el noreste. **B.** Vista de la destrucción de un tramo del canal de irrigación del proyecto Chincas. Vista tomada hacia el noroeste. **C.** Destrucción total del tramo que atraviesa el río Nepeña y parte del puente que atraviesa el mismo río. Vista tomada hacia el Norte.



Fotos 31 y 32: Daños ocasionados por caída de rocas. **A.** Vista de la caída de rocas (sedimentarias) sobre un tramo de la carretera Chimbote-Sihuas. Vista tomada hacia el Norte. **B.** Vista de la caída de rocas (intrusivas) sobre un tramo de la carretera Chimbote-Huallanca. Nótese el leve daño ocasionada sobre la vía que está siendo limpiada.



Fotos 33 y 34: Daños ocasionados por inundaciones. **A.** Vivienda rural destruida en el sector de la sub cuenca hidrográfica Chimbote. Vista tomada hacia el Noreste. **B.** Daños en el área de cultivo de maracuyá, en el sector de la subcuenca hidrográfica Chimbote. Vista tomada hacia el Norte.



Fotos 35 y 36: Daños ocasionados por erosión. **A.** Vivienda destruidas por la erosión de una terraza ubicada en la margen derecha del río Loco. Vista tomada hacia el Sureste. **B.** Daños en la pista por erosión de una ladera ubicada sobre la margen izquierda del río Santa. Vista tomada hacia el Noreste.

2. 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, sobre todo 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 como 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.

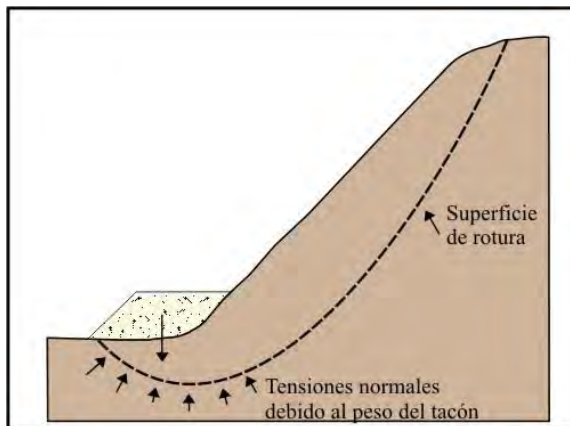


Figura 1: Efecto de una escollera sobre la resistencia del terreno.

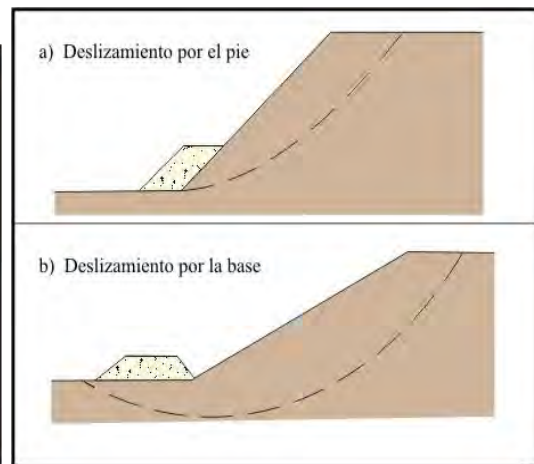


Figura 2: Colocación de escolleras. Tratamiento de taludes con escalonamiento:

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, sobre todo 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.

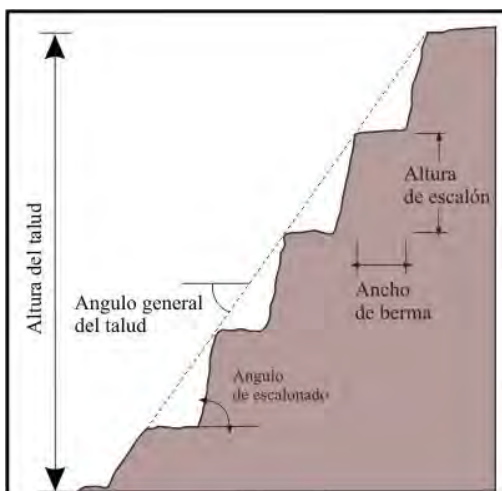


Figura 3: Esquema de un talud con bermas intermedias.

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.

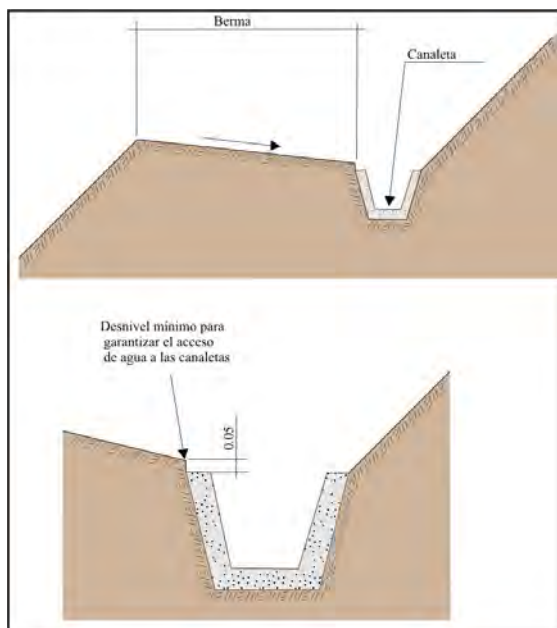


Figura 4: Detalle de una canaleta de drenaje superficial

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.

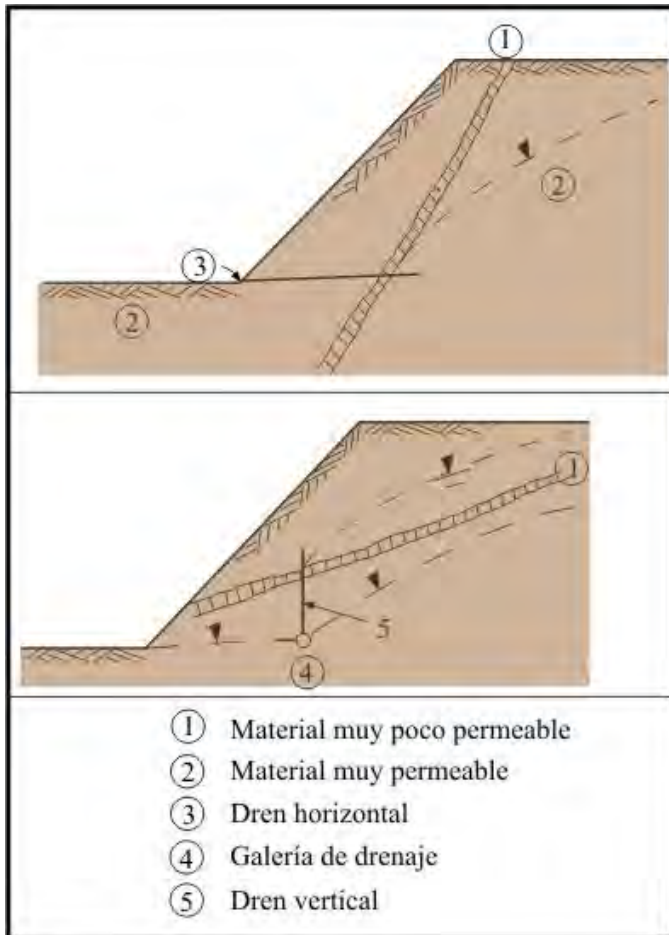


Figura 5: Disposición de sistema de drenaje en taludes no homogéneos.

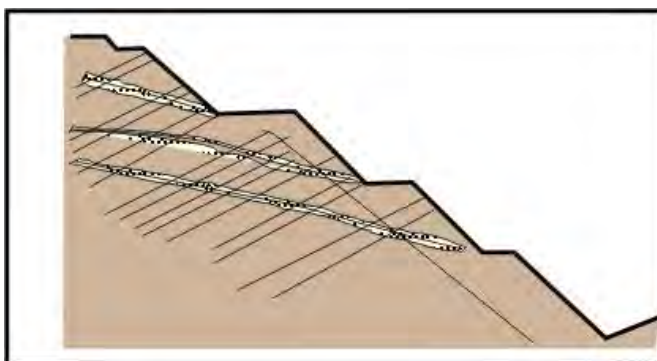


Figura 6. Esquema de drenaje de un talud por medio de drenes californianos

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.

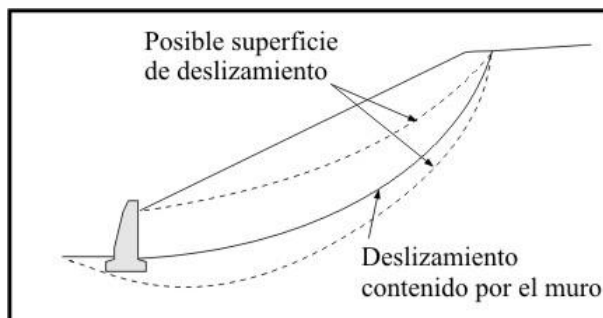


Figura 7: Contención de un deslizamiento mediante un muro.

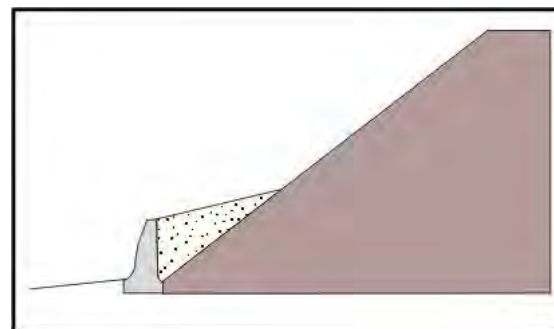


Figura 8: Relleno estabilizador sostenido por el muro.

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.

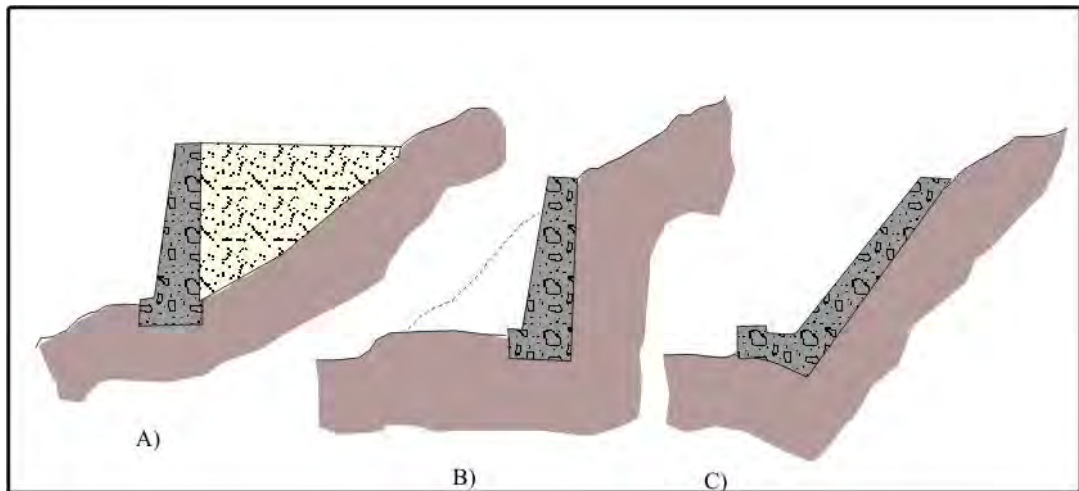


Figura 9: a) Muro de sostenimiento b) Muro de contención c) Muro de revestimiento.

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.

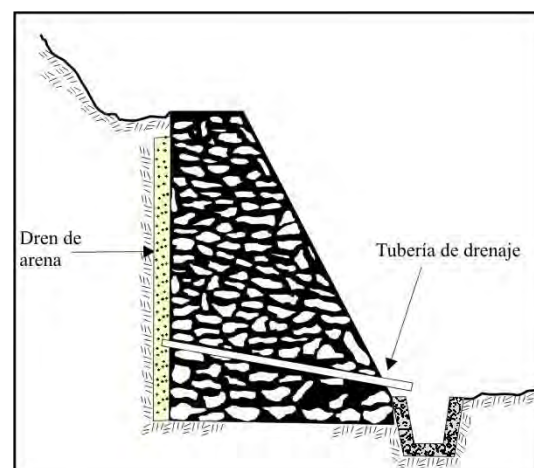
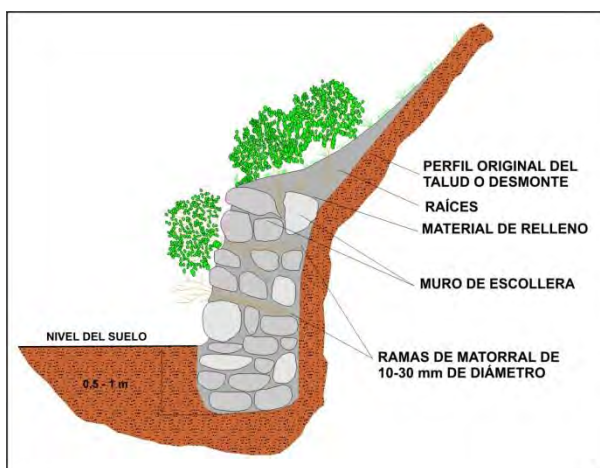


Figura 10 A). Muros de gravedad de piedra

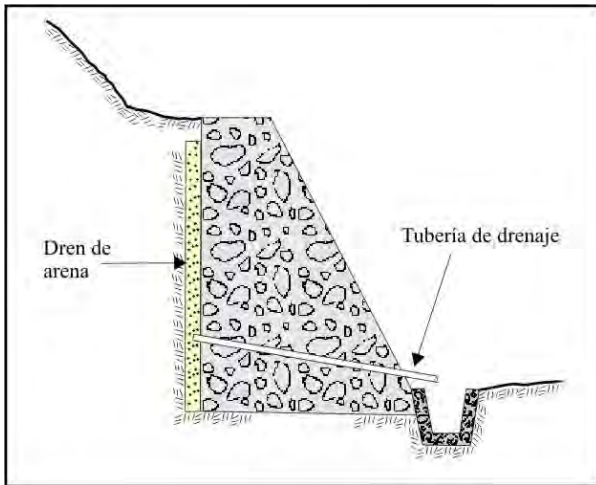


Figura 10 B) Muros de gravedad de piedra argamasada.

Figura 11: Muros de gravedad de concreto ciclópeo

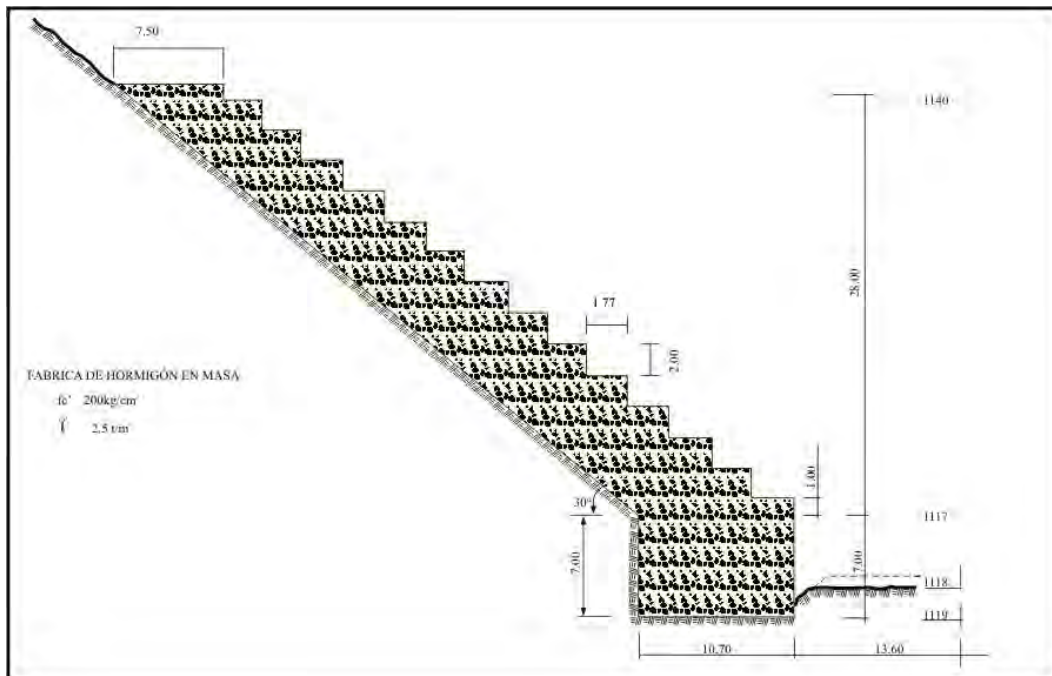


Figura 12: Muros de espesor máximo

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.

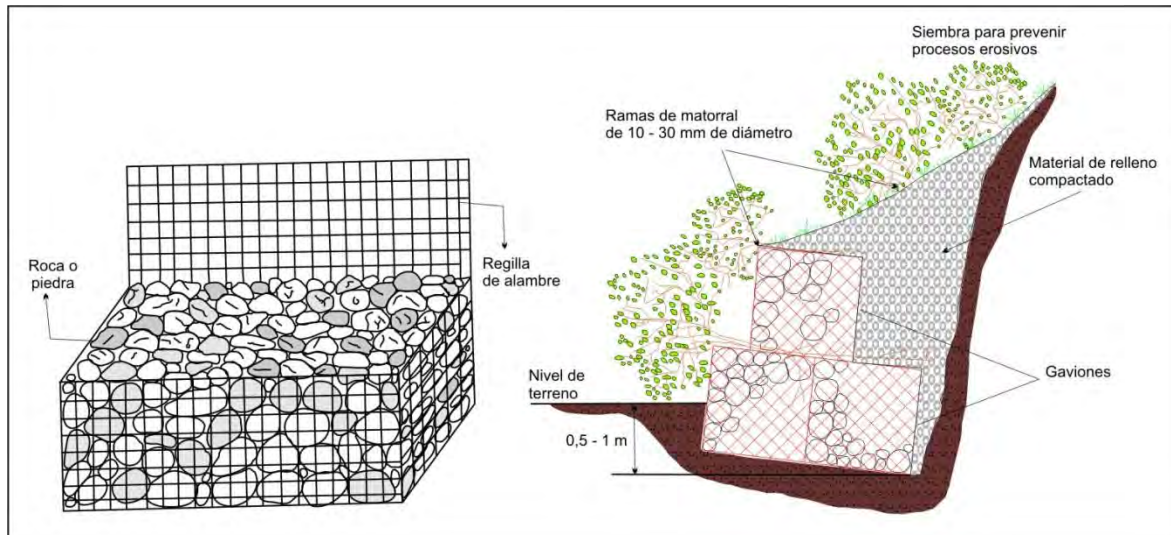


Figura 13: Muro de gavión.

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 fierro 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.

PARA ZONAS DE FLUJOS 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 cárcavamiento 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.

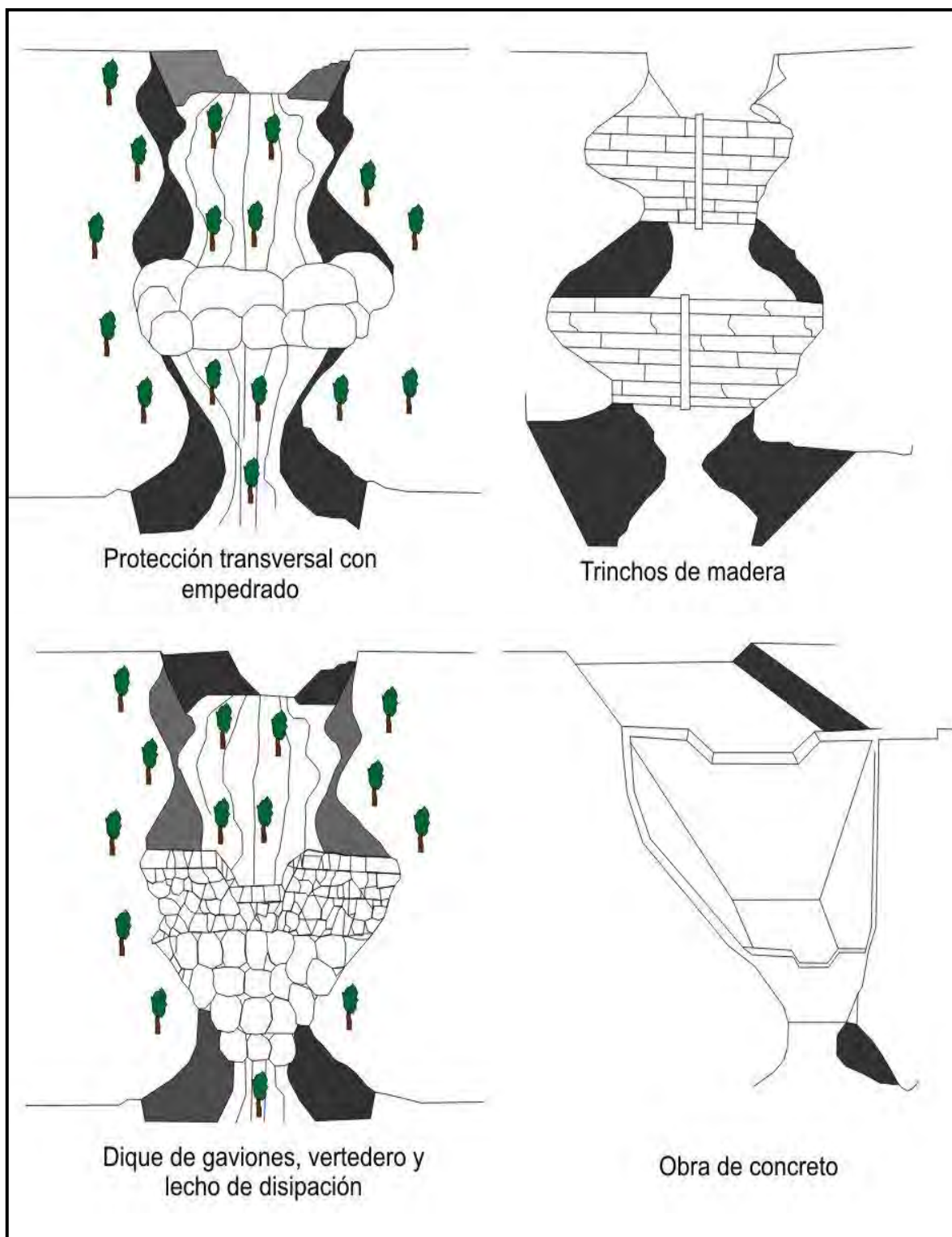


Figura 14: Obras hidráulicas transversales para el control de la erosión en cárcavas.

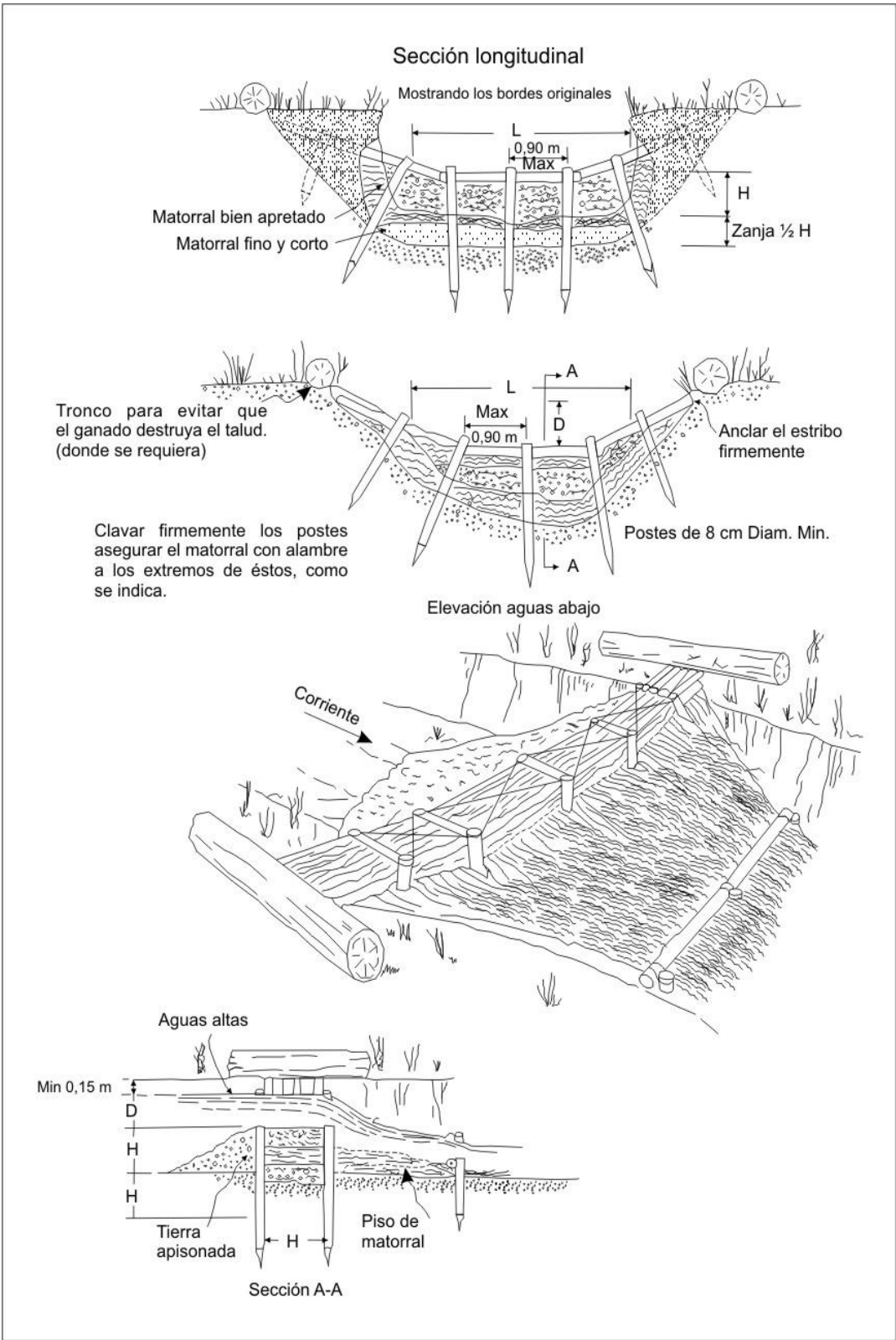


Figura 15: Trincho o presa de matorral tipo doble hilera de postes

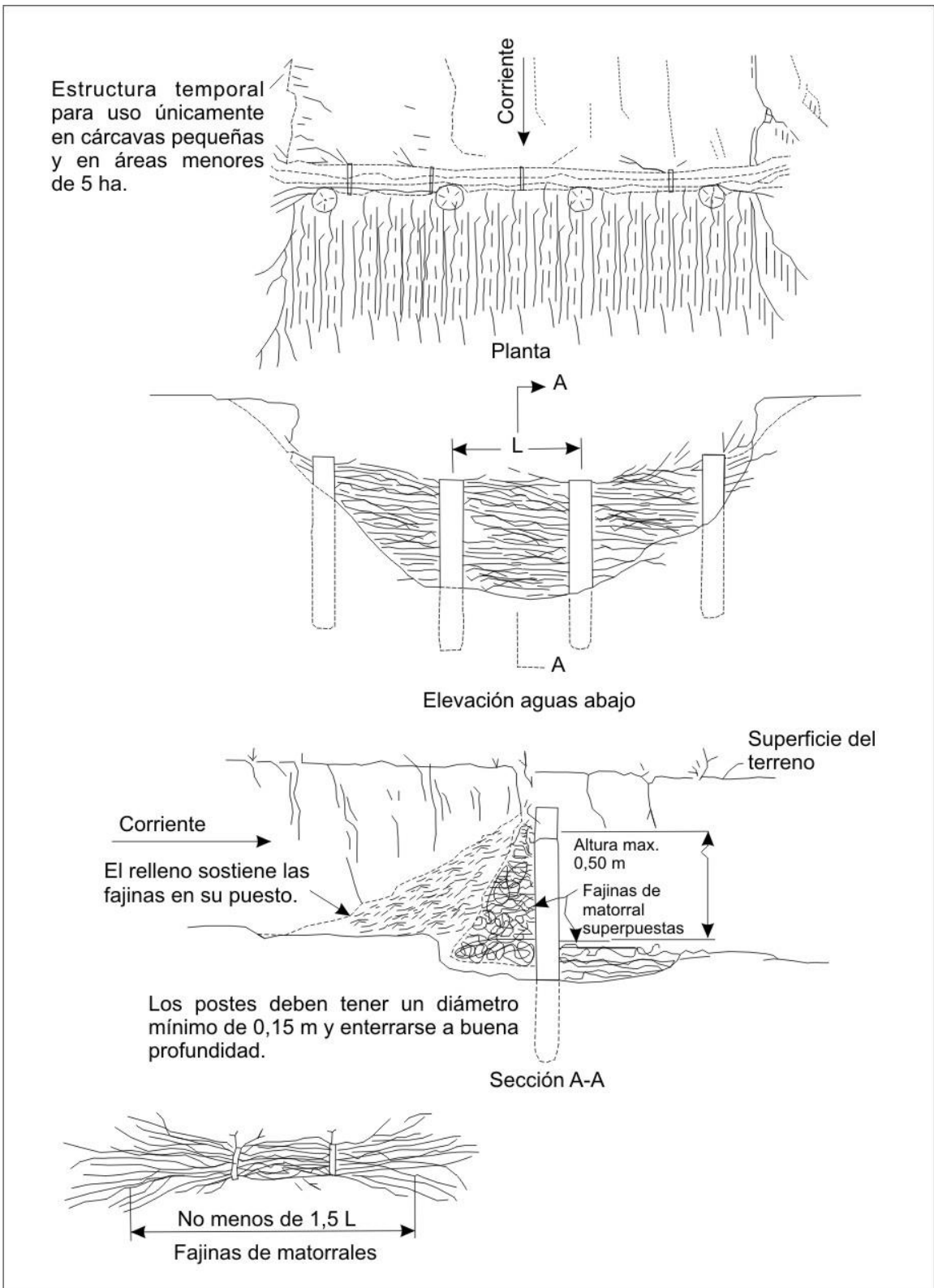


Figura 16: Trincho o presas de matorral tipo una hilera de postes (adaptado de Valderrama et al., 1964).

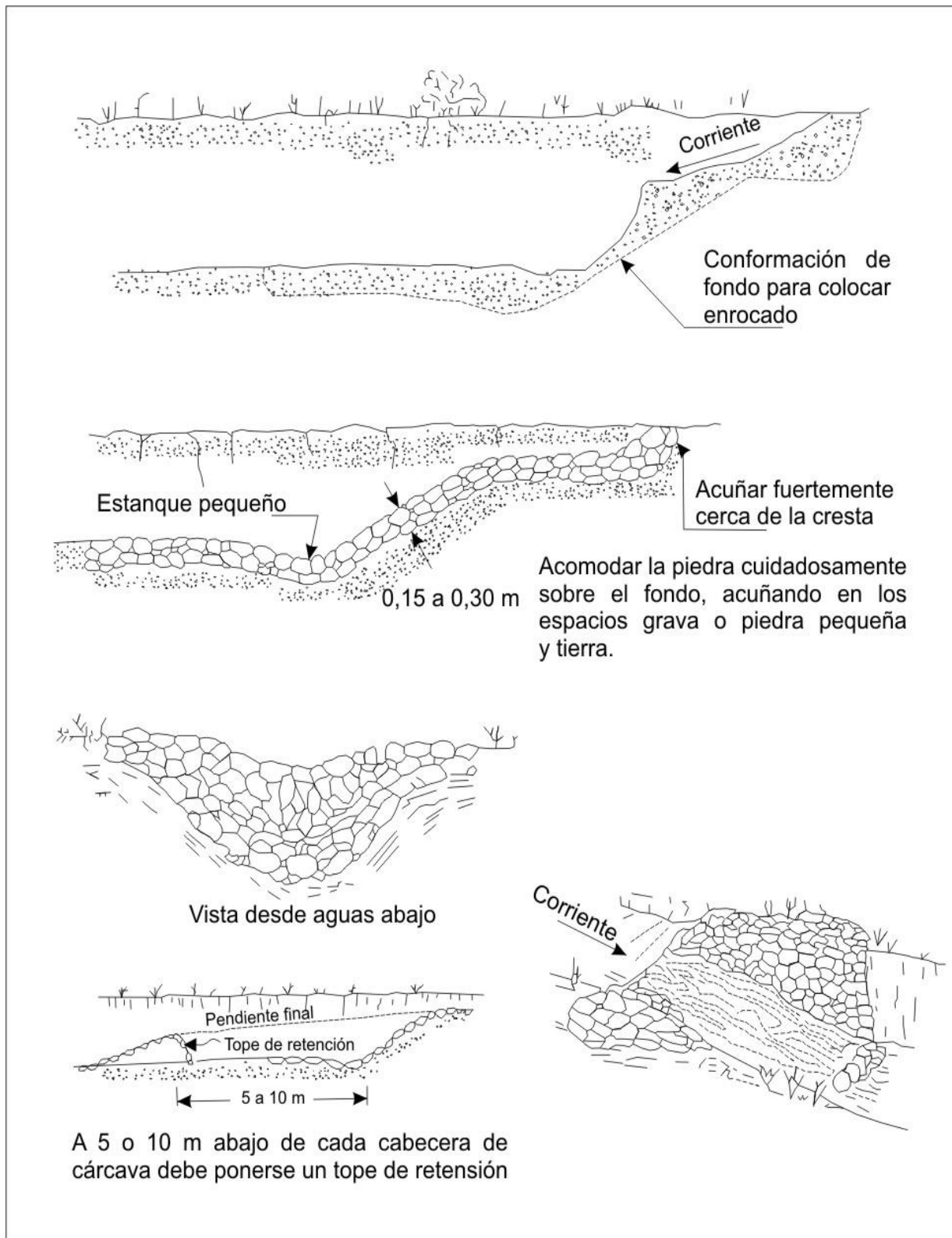


Figura 17: Trincho de piedra para cabecera de cárcava en zona de mina (adaptado de Valderrama et al., 1964).

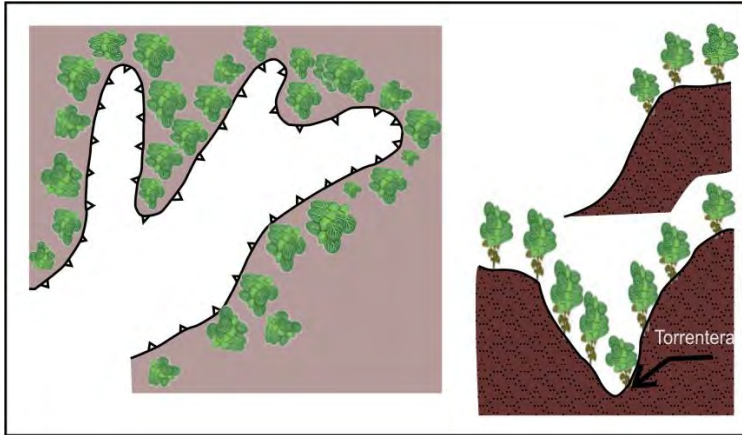


Figura 18: Vista en planta y en perfil de los procesos de forestación en cabeceras y márgenes de las áreas inestables.

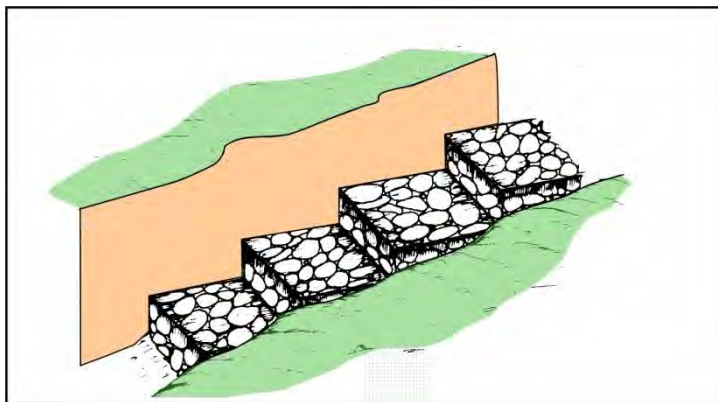


Figura 19: Protección del lecho de la quebrada con muros escalonados (andenes), utilizando bloques de roca o

OTRAS MEDIDAS DE PREVENCIÓN PARA 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 contruidos 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 estos 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.

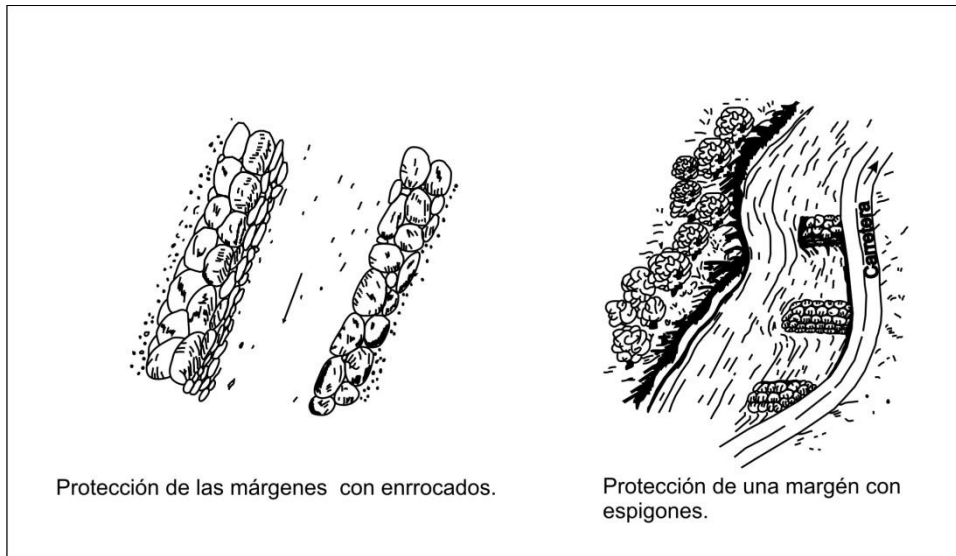
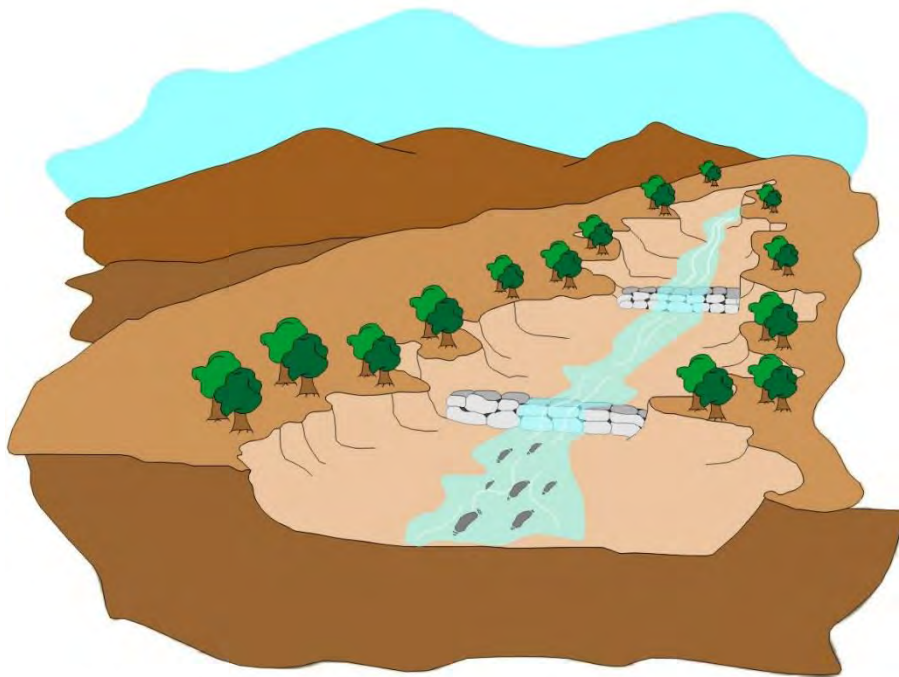


Figura 20: Protección de márgenes con enrocados, espigones y siembra de bosques ribereños.



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

Figura 21: Presas transversales a cursos de quebradas.

MEDIDAS PREVENTIVAS Y/O CORRECTIVAS PARA INUNDACIONES Y FLUJOS RÁPIDOS

Las medidas de protección para este tipo de peligros pueden ser:

a) Permanentes

- Tratamiento de la cuenca para disminuir el flujo de aguas, por ejemplo la construcción de andenes, por su forma escalonada impiden que el agua corra pendiente debajo de manera violenta y retienen suelos cargados de nutrientes aprovechables para fines agrícolas. Asimismo, proteger la cobertura vegetal, ya que mediante el resembrado de gramíneas y árboles se protege los suelos de la erosión devolviéndoles su capacidad de retención del agua.
- Construcción de obras de ingeniería como presas, reservorios de regulación y construcción de canales que permitan mantener ciertas áreas libres de inundaciones.
- Efectuar obras de regulación para asegurar el uso económico de las llanuras anegadizas, estudios sencillos que se realicen en estas áreas permitirán determinar los niveles máximos alcanzados en pasadas inundaciones delimitándose las zonas amenazadas por este fenómeno.

b) De emergencia

- Construcción de defensas o refugios y mejoramiento de las existentes.
- Limpieza de canales y acequias.
- Acciones para combatir la inundación o el flujo rápido.
- Evacuación de personas y propiedades de las zonas amenazadas.
- Reprogramación de actividades para reducir las pérdidas e interrupciones ocasionadas por las inundaciones y flujos rápidos.

c) Sistemas de protección contra inundaciones

Deben consistir en:

- Una línea principal de defensa que proteja toda la zona.
- Líneas locales de defensa que protejan diversas partes de la zona, si queda destruida la línea principal de defensa.

Las estructuras de las líneas de defensa de protección contra las inundaciones deben consistir en:

- Disques de defensa (malecones) o terraplenes, erigidos para proteger el terreno situado detrás. Deberá preverse un margen bastante amplio de altura para el caso de que las condiciones de cimentación sean deficientes, con el fin de compensar un exceso de asiento del terraplén.
- Muros de encauzamiento de avenidas, muelles y terraplenes construidos para proteger los asentamientos humanos.
- Compuertas de seguridad para crecidas y un sistema de canales para que el agua de la inundación se encause hacia los embalses provisionales.
- Un sistema de canales, pozos y alcantarillado, con su equipo correspondiente, que influya en el de la capa acuífera subterránea (napa freática).
- Capacidad de bombeo suficiente para evacuar el agua de drenaje en el interior del sistema de diques de defensa.
- Carreteras y otras vías de comunicación para el acceso al sistema de defensa, que permita el tránsito de personas y equipos durante las operaciones de defensa o para los trabajos de mantenimiento.
- Sistemas de comunicación por internet, teléfono y radio.

- Instalaciones hidrométricas y de otra índole para observar y comunicar la aproximación y desplazamiento de olas de inundaciones y fluctuaciones de la capa acuífera subterránea.

En los periodos en que no surjan situaciones de emergencia deberán mantenerse en buen estado la zona de evacuación de crecidas y el sistema de defensa contra inundaciones, lo que concluye:

- Reparación de los terraplenes, el mantenimiento de la capacidad de los cursos de agua mediante el dragado y limpieza, y la conservación de las esclusas compuertas y otros equipos.
- Mantenimiento de las estaciones hidrométricas y la prestación de un servicio diario de información sobre el nivel de las aguas que afecte a la situación hidrológica de la zona protegida.
- Mantenimiento de las instalaciones de almacenamiento de los materiales y equipos a utilizarse en una emergencia.

Tener un cuidado especial para evitar la abertura de brechas en los sistemas de defensa existentes durante la construcción de nuevas obras de infraestructura o asentamientos poblacionales.

3 MAPAS Y FIGURAS:



120000

180000

240000

300000



9060000

9000000

8940000

8880000

8820000

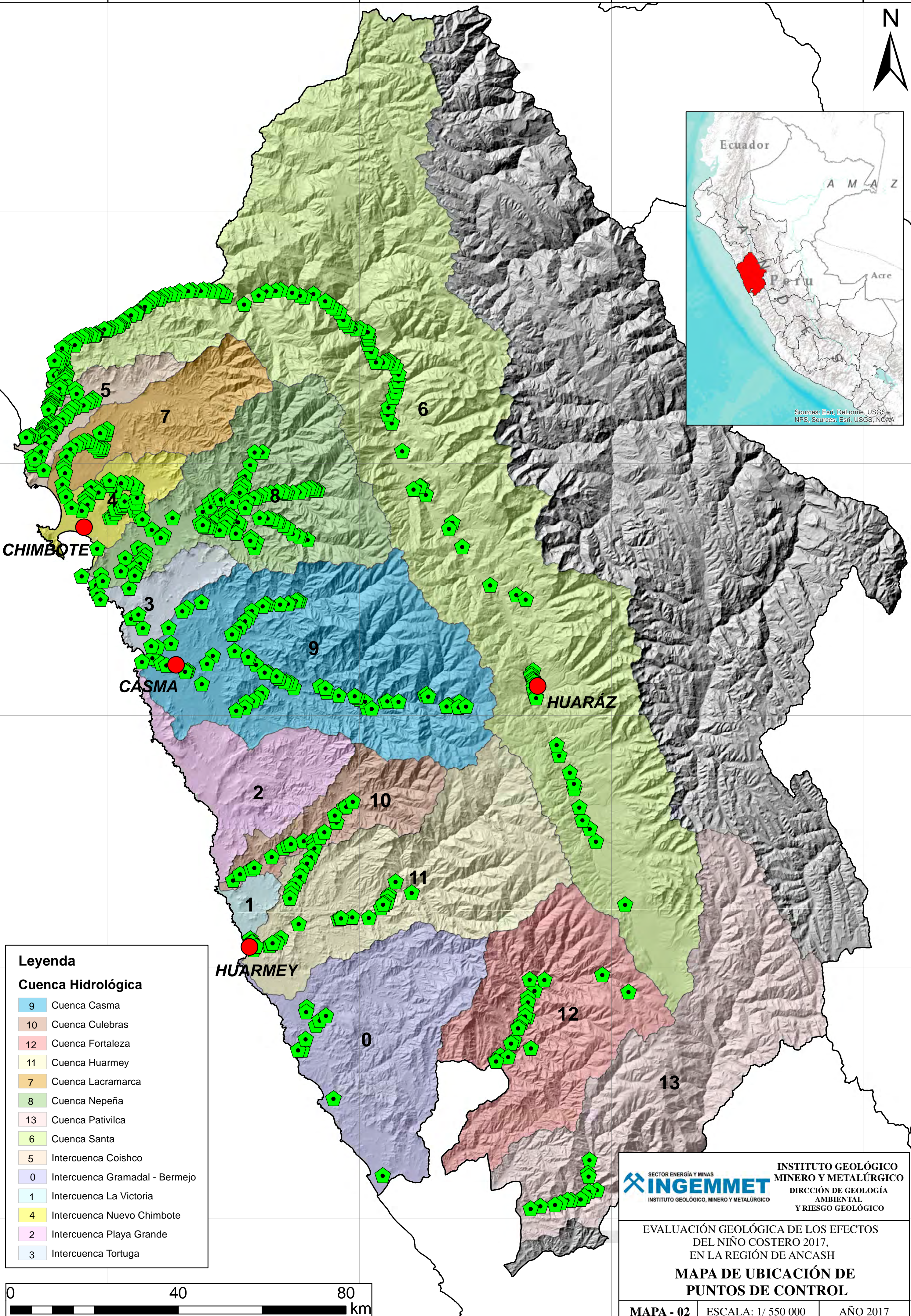
9060000

9000000

8940000

8880000

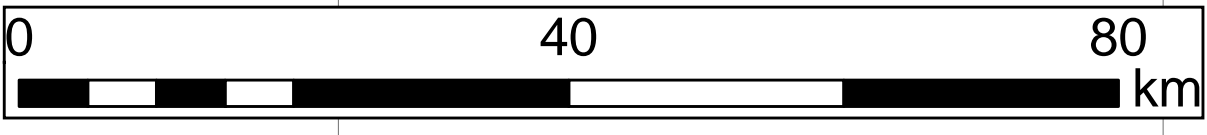
8820000



Leyenda

Cuenca Hidrológica

- 9 Cuenca Casma
- 10 Cuenca Culebras
- 12 Cuenca Fortaleza
- 11 Cuenca Huarvey
- 7 Cuenca Lacramarca
- 8 Cuenca Nepeña
- 13 Cuenca Pativilca
- 6 Cuenca Santa
- 5 Intercuenca Coishco
- 0 Intercuenca Gramadal - Bermejo
- 1 Intercuenca La Victoria
- 4 Intercuenca Nuevo Chimbote
- 2 Intercuenca Playa Grande
- 3 Intercuenca Tortuga



INGEMMET
 INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

INSTITUTO GEOLÓGICO MINERO Y METALÚRGICO
 DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

EVALUACIÓN GEOLÓGICA DE LOS EFECTOS DEL NIÑO COSTERO 2017, EN LA REGIÓN DE ANCASH
MAPA DE UBICACIÓN DE PUNTOS DE CONTROL

120000

180000

240000

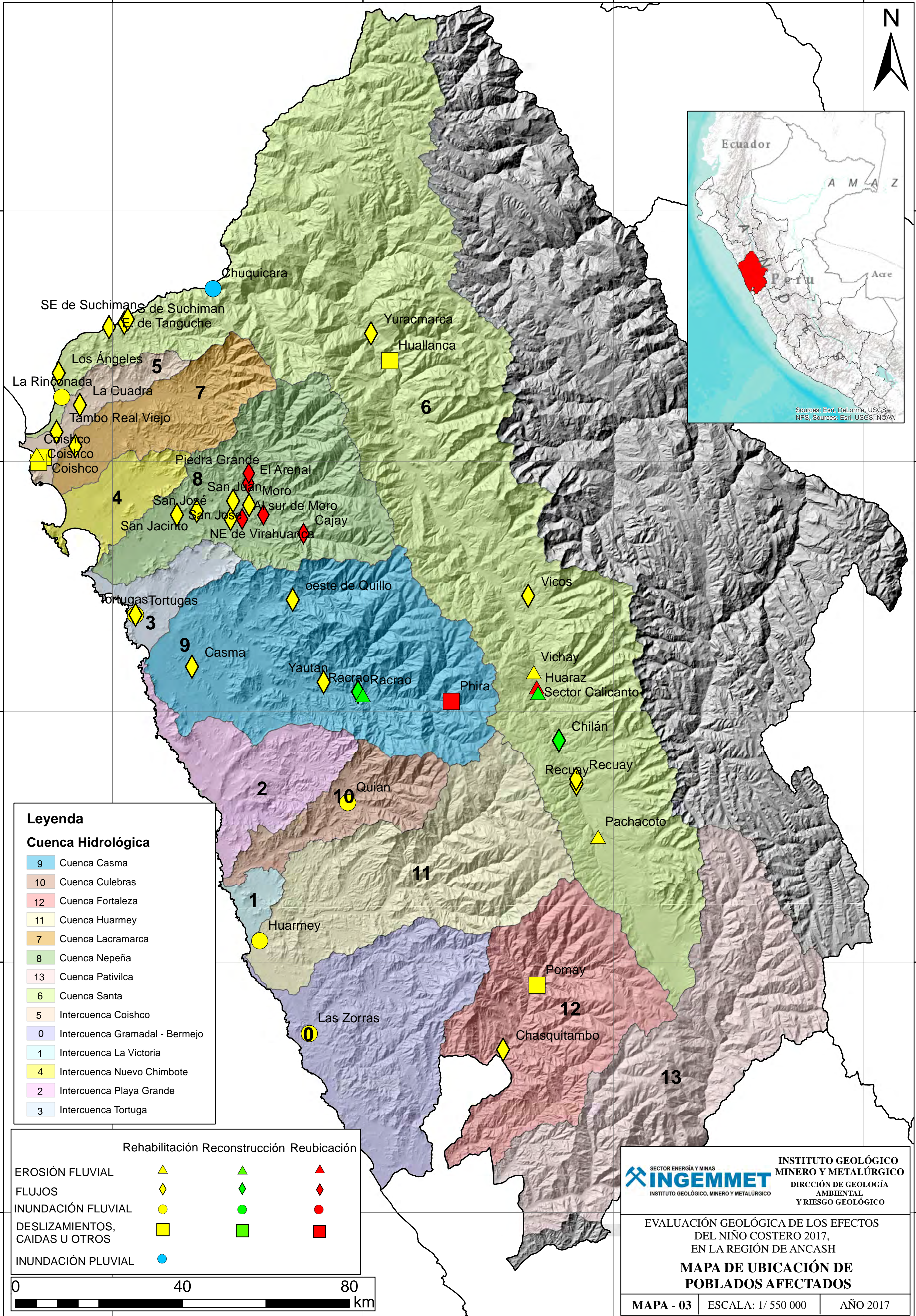
300000

120000

180000

240000

300000



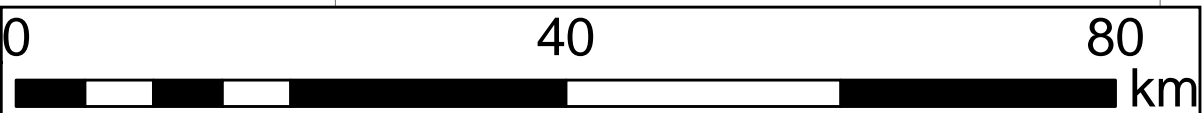
Leyenda

Cuenca Hidrológica

- 9 Cuenca Casma
- 10 Cuenca Culebras
- 12 Cuenca Fortaleza
- 11 Cuenca Huarmey
- 7 Cuenca Lacramarca
- 8 Cuenca Nepeña
- 13 Cuenca Pativilca
- 6 Cuenca Santa
- 5 Intercuenca Coishco
- 0 Intercuenca Gramadal - Bermejo
- 1 Intercuenca La Victoria
- 4 Intercuenca Nuevo Chimbote
- 2 Intercuenca Playa Grande
- 3 Intercuenca Tortuga

Rehabilitación Reconstrucción Reubicación

- EROSIÓN FLUVIAL ▲ ▲ ▲
- FLUJOS ◆ ◆ ◆
- INUNDACIÓN FLUVIAL ● ● ●
- DESLIZAMIENTOS, CAIDAS U OTROS ■ ■ ■
- INUNDACIÓN PLUVIAL ● ● ●



SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
 INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

INSTITUTO GEOLÓGICO MINERO Y METALÚRGICO
 DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

EVALUACIÓN GEOLÓGICA DE LOS EFECTOS DEL NIÑO COSTERO 2017, EN LA REGIÓN DE ANCASH

MAPA DE UBICACIÓN DE POBLADOS AFECTADOS

MAPA - 03 ESCALA: 1/ 550 000 AÑO 2017

120000

180000

240000

300000

9060000
9000000
8940000
8880000
8820000

120000

180000

240000

300000



Sources: Esri, DeLorme, USGS, NPS, Sources: Esri, USGS, NOAA

9060000

9000000

8940000

8880000

8820000

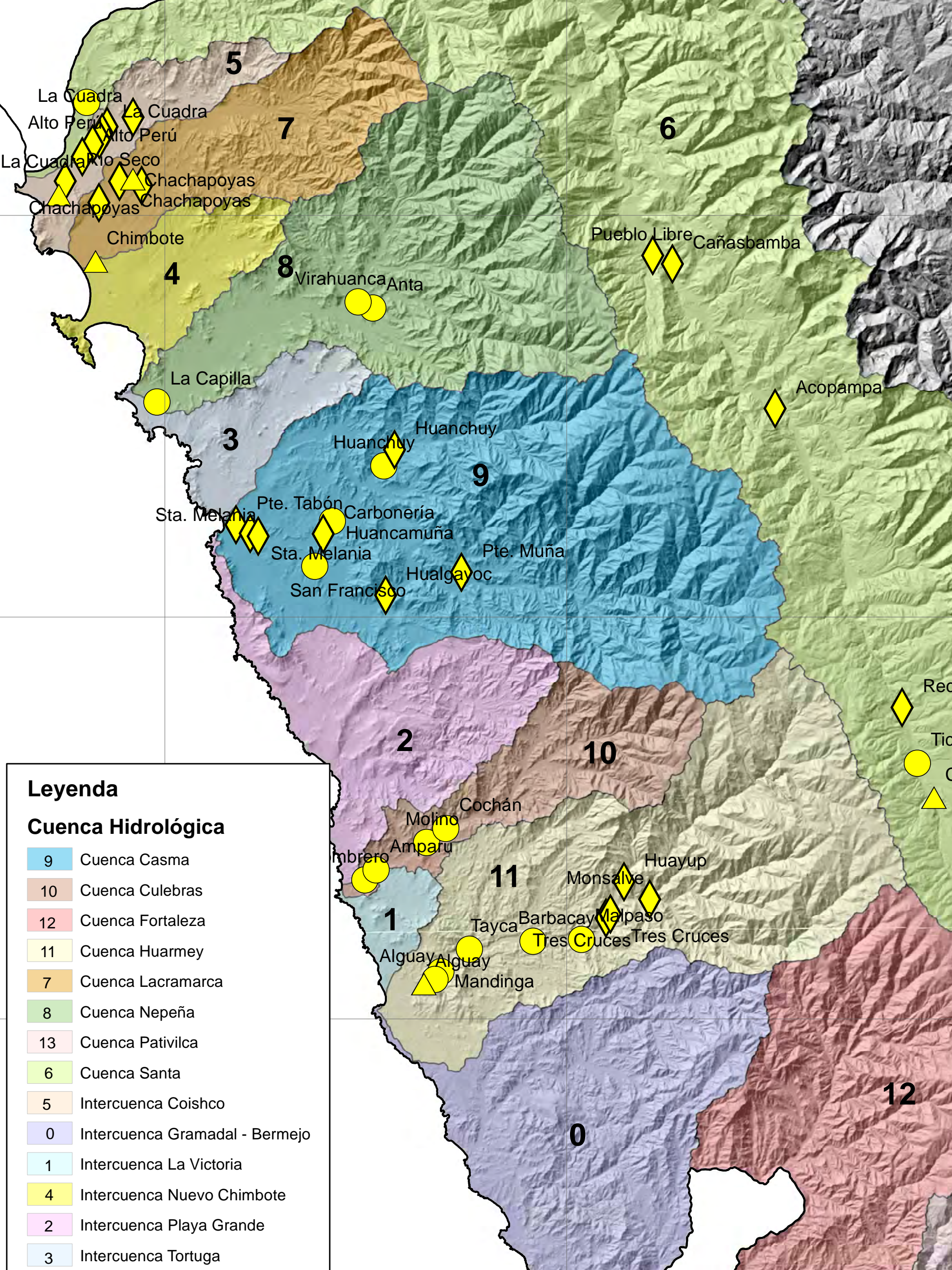
9060000

9000000

8940000

8880000

8820000

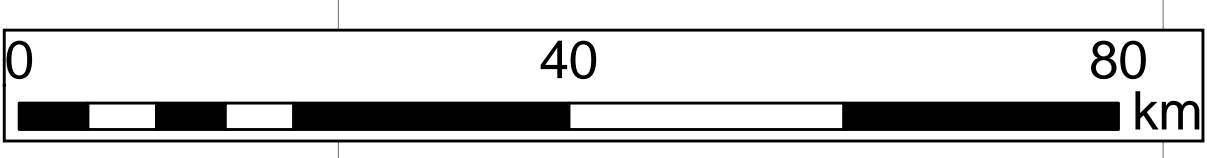


Leyenda

Cuenca Hidrológica

- 9 Cuenca Casma
- 10 Cuenca Culebras
- 12 Cuenca Fortaleza
- 11 Cuenca Huarmey
- 7 Cuenca Lacramarca
- 8 Cuenca Nepeña
- 13 Cuenca Pativilca
- 6 Cuenca Santa
- 5 Intercuenca Coishco
- 0 Intercuenca Gramadal - Bermejo
- 1 Intercuenca La Victoria
- 4 Intercuenca Nuevo Chimbote
- 2 Intercuenca Playa Grande
- 3 Intercuenca Tortuga

	Rehabilitación	Reconstrucción	Reubicación
EROSIÓN FLUVIAL	▲	▲	▲
FLUJOS	◆	◆	◆
INUNDACIÓN FLUVIAL	●	●	●
DESLIZAMIENTOS, CAIDAS U OTROS	■	■	■



SECTOR ENERGÍA Y MINAS

INGEMMET

INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

INSTITUTO GEOLÓGICO MINERO Y METALÚRGICO

INSTITUTO GEOLÓGICO MINERO Y METALÚRGICO

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

EVALUACIÓN GEOLÓGICA DE LOS EFECTOS DEL NIÑO COSTERO 2017, EN LA REGIÓN DE ANCASH

MAPA DE UBICACIÓN DE ÁREAS DE CULTIVO AFECTADAS

MAPA - 04 | ESCALA: 1/ 550 000 | AÑO 2017

120000

180000

240000

300000

120000

180000

240000

300000



9060000

9000000

8940000

8880000

8820000

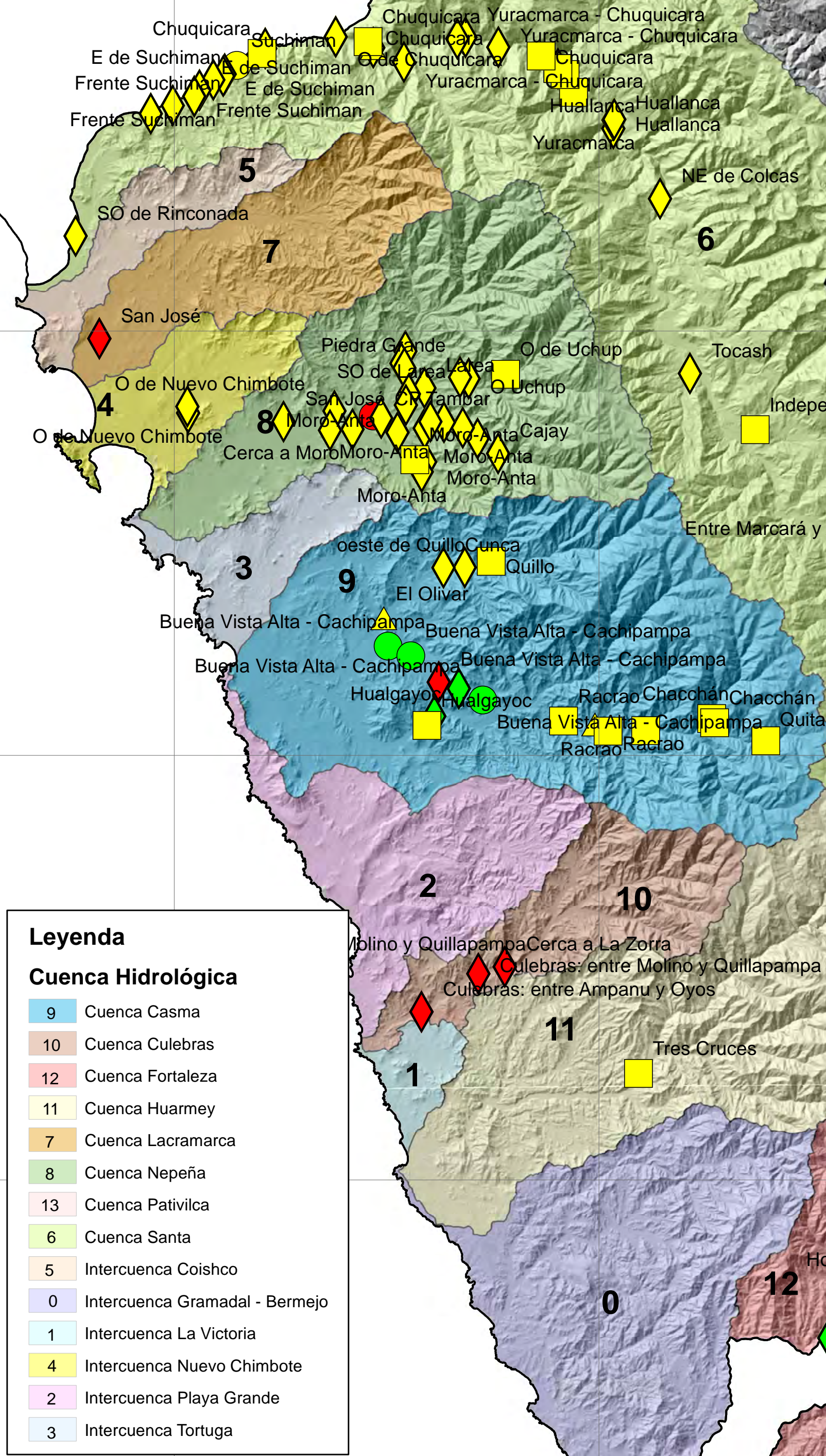
9060000

9000000

8940000

8880000

8820000

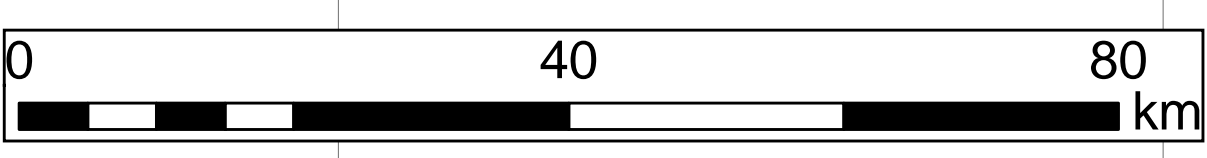


Leyenda

Cuenca Hidrológica

- 9 Cuenca Casma
- 10 Cuenca Culebras
- 12 Cuenca Fortaleza
- 11 Cuenca Huarmey
- 7 Cuenca Lacramarca
- 8 Cuenca Nepeña
- 13 Cuenca Pativilca
- 6 Cuenca Santa
- 5 Intercuenca Coishco
- 0 Intercuenca Gramadal - Bermejo
- 1 Intercuenca La Victoria
- 4 Intercuenca Nuevo Chimbote
- 2 Intercuenca Playa Grande
- 3 Intercuenca Tortuga

	Rehabilitación			Reconstrucción			Reubicación		
EROSIÓN FLUVIAL	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲
FLUJOS	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆
INUNDACIÓN FLUVIAL	●	●	●	●	●	●	●	●	●
DESLIZAMIENTOS, CAIDAS U OTROS	■	■	■	■	■	■	■	■	■



SECTOR ENERGÍA Y MINAS

INGEMMET

INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

INSTITUTO GEOLÓGICO MINERO Y METALÚRGICO

INSTITUTO GEOLÓGICO MINERO Y METALÚRGICO

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

EVALUACIÓN GEOLÓGICA DE LOS EFECTOS DEL NIÑO COSTERO 2017, EN LA REGIÓN DE ANCASH

MAPA DE UBICACIÓN DE TRAMOS DE CARRETERA AFECTADOS

MAPA - 05 | ESCALA: 1/ 550 000 | AÑO 2017

120000

180000

240000

300000

120000

180000

240000

300000



E. de Tanguche

SO de Tanguche

La Cuadra

5

La Rinconada

Chachapoyas

Chachapoyas

6

Villa Sucre

Jimbe-Colpca

Moro-Anta

Piedra Grande

Larea

Moro-Anta

Moro-Anta

Breña

Breña

Moro-Anta

Moro-Anta

SO de San Jacinto

Nepeña

3

N de Casma

Pte. Tabón

9

Yautan

Pariacoto

10

NO de Quillapampa

NO de Quillapampa

Cochán

11

Huarmey

Alguay

1

2

10

12

13

Sector Conochocha

0

S. de Huanchay

SO de Huanchay

12

13

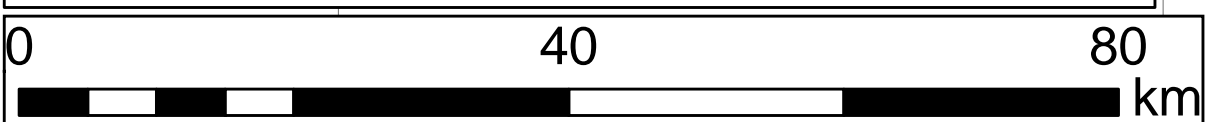
Leyenda

Cuenca Hidrológica

- 9 Cuenca Casma
- 10 Cuenca Culebras
- 12 Cuenca Fortaleza
- 11 Cuenca Huarmey
- 7 Cuenca Lacramarca
- 8 Cuenca Nepeña
- 13 Cuenca Pativilca
- 6 Cuenca Santa
- 5 Intercuenca Coishco
- 0 Intercuenca Gramadal - Bermejo
- 1 Intercuenca La Victoria
- 4 Intercuenca Nuevo Chimbote
- 2 Intercuenca Playa Grande
- 3 Intercuenca Tortuga

Rehabilitación Reconstrucción Reubicación

- | | | | |
|---------------------------------|---|---|---|
| EROSIÓN FLUVIAL | ▲ | ▲ | ▲ |
| FLUJOS | ◆ | ◆ | ◆ |
| INUNDACIÓN FLUVIAL | ● | ● | ● |
| DESGLIZAMIENTOS, CAIDAS U OTROS | ■ | ■ | ■ |
| INUNDACIÓN PLUVIAL | ● | | |



SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
 INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

INSTITUTO GEOLÓGICO MINERO Y METALÚRGICO
 DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

EVALUACIÓN GEOLÓGICA DE LOS EFECTOS DEL NIÑO COSTERO 2017, EN LA REGIÓN DE ANCASH

MAPA DE UBICACIÓN DE OBRAS DE INFRAESTRUCTURA AFECTADAS

MAPA - 06 | ESCALA: 1/ 550 000 | AÑO 2017

120000

180000

240000

300000

9060000
9000000
8940000
8880000
8820000