



Informe Técnico N° A6591

Informe Técnico:
**Evaluación Ingeniero - Geológica
del deslizamiento de San Luis**

Provincia Carlos Fermín Fitzcarrald - Región Ancash



POR:
FABRIZIO DELGADO M.
GRISELDA LUQUE P.
LIONEL FIDEL S.

FEBRERO 2012



CONTENIDO

	pág.
1. INTRODUCCIÓN	3
2. CONTEXTO GEOMORFOLÓGICO Y GEOLÓGICO	5
2.1. ASPECTO GEOMORFOLÓGICO	5
2.2. ASPECTO GEOLÓGICO	5
2.2.1. FORMACIÓN CHICAMA	5
2.2.2. GRUPO GOYLLARIZQUIZGA	6
- Formación Chimú	6
- Formación Santa	7
2.2.3. DEPÓSITOS COLUVIALES	7
2.2.4. DEPÓSITOS FLUVIALES	8
3. PELIGROS GEOLÓGICOS	10
3.1. GENERALIDADES	10
3.1.1. DESLIZAMIENTOS	10
- Deslizamiento por flujo	10
3.1.2. CAÍDAS (DERRUMBES)	10
3.1.3. REPTACIÓN DE SUELO	10
3.1.4. CÁRCAVAS	10
3.1.5. EROSIÓN FLUVIAL	11
3.2. ZONAS EVALUADAS	11
3.2.1. ZONA 1 (Parte Alta-Cabecera de deslizamiento)	11
3.2.2. ZONA 2 (Parte Media-Poblado de San Luis)	16
3.2.3. ZONA 3 (Parte Baja)	21
3.3. DAÑOS REGISTRADOS EN EL POBLADO DE SAN LUIS	26
4. ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN	32
4.1. DRENAJE SUPERFICIAL	32
4.2. DRENAJE SUBTERRANEO	37
- Zanjas de relleno drenante	37
- Drenes horizontales y de penetración	41
- Pantallas de drenaje	42
4.3. ESTRUCTURAS DE CONTENCIÓN	42
CONCLUSIONES	47
RECOMENDACIONES	49
REFERENCIAS	51
Listado de fotos y mapas	52
ANEXO (Informe técnico 1996)	54

EVALUACIÓN INGENIERO – GEOLÓGICA DEL DESLIZAMIENTO DE SAN LUIS

Provincia Carlos Fermín Fitzcarrald – Región Ancash

1. INTRODUCCIÓN

El distrito de San Luis se ubica al Noreste de la ciudad de Huaraz, exactamente a 53.4 Km en línea recta, en el flanco oriental de la Cordillera Blanca, siendo la capital de la provincia Carlos Fermín Fitzcarrald en la región Ancash (Mapa 01).

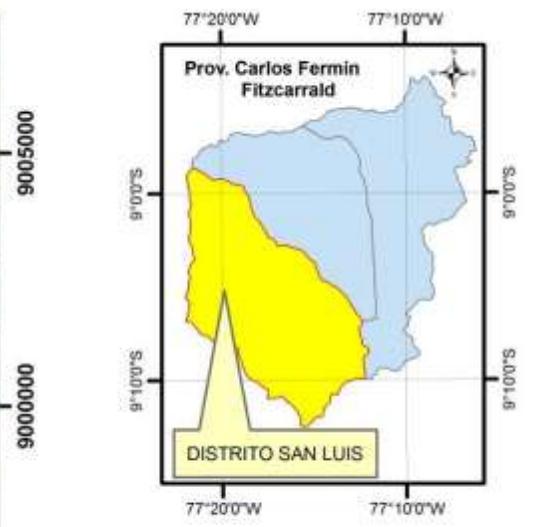
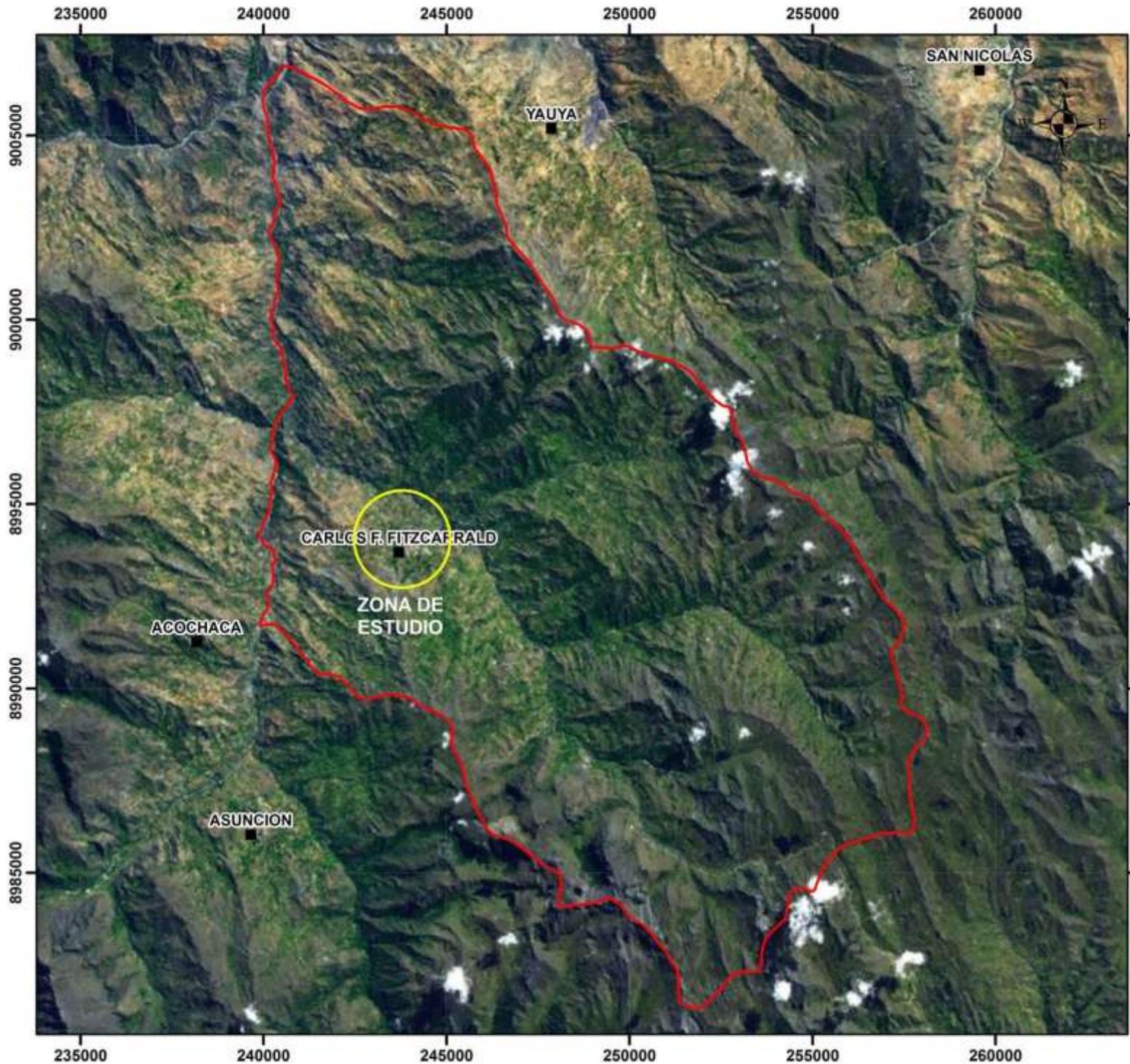
El centro urbano de San Luis se encuentra emplazado sobre depósitos de un antiguo deslizamiento, con evidencias de reactivaciones, observándose hundimientos en las calles, grietas en las paredes y pisos de las viviendas, así como algunas viviendas colapsadas.

Dentro de los procesos que se observan en la zona evaluada, se tienen deslizamientos, derrumbes, reptación de suelos, procesos de carcavamiento y erosión fluvial. Provocando la alarma general en la población ya que estos afectan las viviendas, los terrenos de cultivo y las vías de comunicación.

Con Oficio N° 0338-2011-MP-CFF/AL, la Municipalidad Provincial Carlos Fermín Fitzcarrald, solicitó a nuestra institución la evaluación técnica del deslizamiento de San Luis. El Instituto Geológico Minero y Metalúrgico – INGEMMET, por intermedio de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico – DGAR, comisionó a los profesionales Griselda Luque Poma y Fabrizio Delgado Madera, especialistas en movimientos en masa, para realizar la evaluación ingeniero – geológica del área. Los trabajos se realizaron del 18 al 20 de enero del presente año, previa coordinación con personal de la indicada municipalidad. En dicha evaluación se contó con la participación de Santos Damazo Espinoza asistente de la Oficina de Defensa Civil de la Municipalidad Provincial Carlos Fermín Fitzcarrald y del Sr. Armando Leoncio Huerta Perez, habitante del distrito de San Luis.

Es importante mencionar que nuestra institución, en marzo de 2006, presentó un informe sobre la misma problemática. En este se concluyó, que el agua (filtraciones, precipitaciones y regadío) es la causa principal de la inestabilidad de la ladera, por lo que se recomendó la construcción de una serie de drenajes. Al parecer las recomendaciones vertidas en esa oportunidad, no fueron tomadas en cuenta.

El presente informe contiene documentación obtenida en campo y revisión de información geológica y cartográfica (boletines técnicos, topografía e imágenes satelitales) que permitieron la evaluación del deslizamiento de San Luis, y su influencia en la población e infraestructura. Se emiten conclusiones y recomendaciones que el municipio provincial, deberán tener en cuenta para la gestión adecuada de los procesos.



EVALUACIÓN INGENIERO - GEOLÓGICA DEL DESLIZAMIENTO DE SAN LUIS
 PROVINCIA CARLOS FERMIN FITZCARRALD-REGION ANCASH

INGEMMET
UBICACIÓN

0 2 4 8 Km
 1:150,000

WGS_1984_UTM	Zona 18 Sur	Mapa 01
--------------	-------------	---------

2. CONTEXTO GEOMORFOLÓGICO Y GEOLÓGICO

2.1. CONTEXTO GEOMORFOLÓGICO

En la zona de estudio se reconocen las siguientes unidades geomorfológicas: 1) **montañas**, llegando a alcanzar en el área evaluada una altura de 3820 msnm. y un desnivel hasta el río Chacapata de 740 m con una pendiente promedio del terreno de 25%. 2) **valle**, el formado por el río Chacapata se encuentra a 2800 msnm, presenta una pendiente de 7.5% siendo un valle interandino que llega a unirse con el río Chuspín.

2.2. CONTEXTO GEOLÓGICO

En el área evaluada afloran las siguientes unidades litológicas (Mapa 02):

2.2.1. Formación Chicama (Js-ch)

Esta unidad aflora en la cabecera del deslizamiento (parte alta de la zona evaluada) y consiste en bancos entre 0.80 a 1.00 m de areniscas cuarzosas, blanquecinas, fracturadas, moderadamente meteorizadas, falladas con resistencias a la compresión entre 100 a 250 Mpa; intercaladas con areniscas lutáceas, lutitas carbonosas, areniscas finas, en capas entre 0.02 a 0.15 m, se presentan muy meteorizadas, muy fracturadas, fisibles, húmedas de resistencia a la compresión entre 5 – 25 Mpa. La orientación de la estratificación de esta formación es contraria al talud con: N102° - 24° SW (Trocha hacia el cerro Potosí) y N145° - 18°SW (Parte baja-carretera). Ver foto 01. Se ha cartografiado una falla regional (N118° - 75NW) en la parte superior del área, esta coincide con la corona del deslizamiento antiguo, siendo probablemente, una de las causas de la presencia del agua y del deslizamiento, ya que constituye una zona de debilidad.

Desde el punto de vista geomecánico son rocas con características mecánicas de mala calidad, además por lo que se observa en campo, el desarrollo de deslizamientos y las reactivaciones de estos se incrementan en época de lluvias.

2.2.2. Grupo Goyllarizquizga

Este grupo en general está constituido de areniscas de grano grueso a conglomerádico, con intercalaciones de arcillitas rojizas, marrones, grises y verdosas; las areniscas conglomerádicas se presentan en la base de la secuencia. Dentro de este grupo se encuentran las formaciones Chimú, Santa y Carhuaz, que por su similitud en gran parte de su litología no se les pudo identificar independientemente.



Foto 01: En A se observa las Lutitas fuertemente intemperizadas de la formación Chicama, trocha San Luis-Cerro Potosí. En B los estratos de la formación Chicama, en la Carretera San Luis-Puente Sutep, tienen como medida N145° - 18°SW, que indica una estratificación en contra de la pendiente.

- **Formación Chimu.-** Esta formación se encuentra suprayaciendo a la formación Chicama, está compuesta de areniscas cuarzosas blanquecinas de grano medio intercaladas con lutitas pardo amarillentas y ocasionales mantos de carbón (Foto 02), también se observó en campo que esta formación presenta en algunos niveles surgencias de agua. Desde el punto de vista geomecánico son rocas con características mecánicas malas, desarrollando deslizamientos que se vienen reactivando en época de lluvias.



Foto 02: Se observa los mantos de carbón de la formación Chimú

- **Formación Santa.-** Esta formación está constituida por intercalaciones de lutitas, calizas, pizarras y areniscas calcáreas, en el área evaluada se aprecia claramente el nivel de caliza que presenta dicha formación (Foto 03).



Foto 03: Calizas de la formación Santa

2.2.3 Depósitos coluviales (Q-co)

Depósitos de deslizamiento, productos del deslizamiento antiguo y de sus posteriores reactivaciones. Compuesto por gravas bien gradadas (GW), con bolos (5%), cantos (15%) y gravas (60%) en una matriz areno arcillosa (medianamente plástica); de color marrón oscuro en estado húmedo y beige en estado seco, con clastos laminares y cilíndricos; angulosos; de

naturaleza sedimentaria (areniscas cuarzosas, lutitas, lutitas carbonosas). De estructura masiva, medianamente consolidadas, medianamente permeables, y espesores irregulares (>20 m por sectores). Sobre este material se encuentra asentada la ciudad y terrenos de cultivo. (Foto 04)



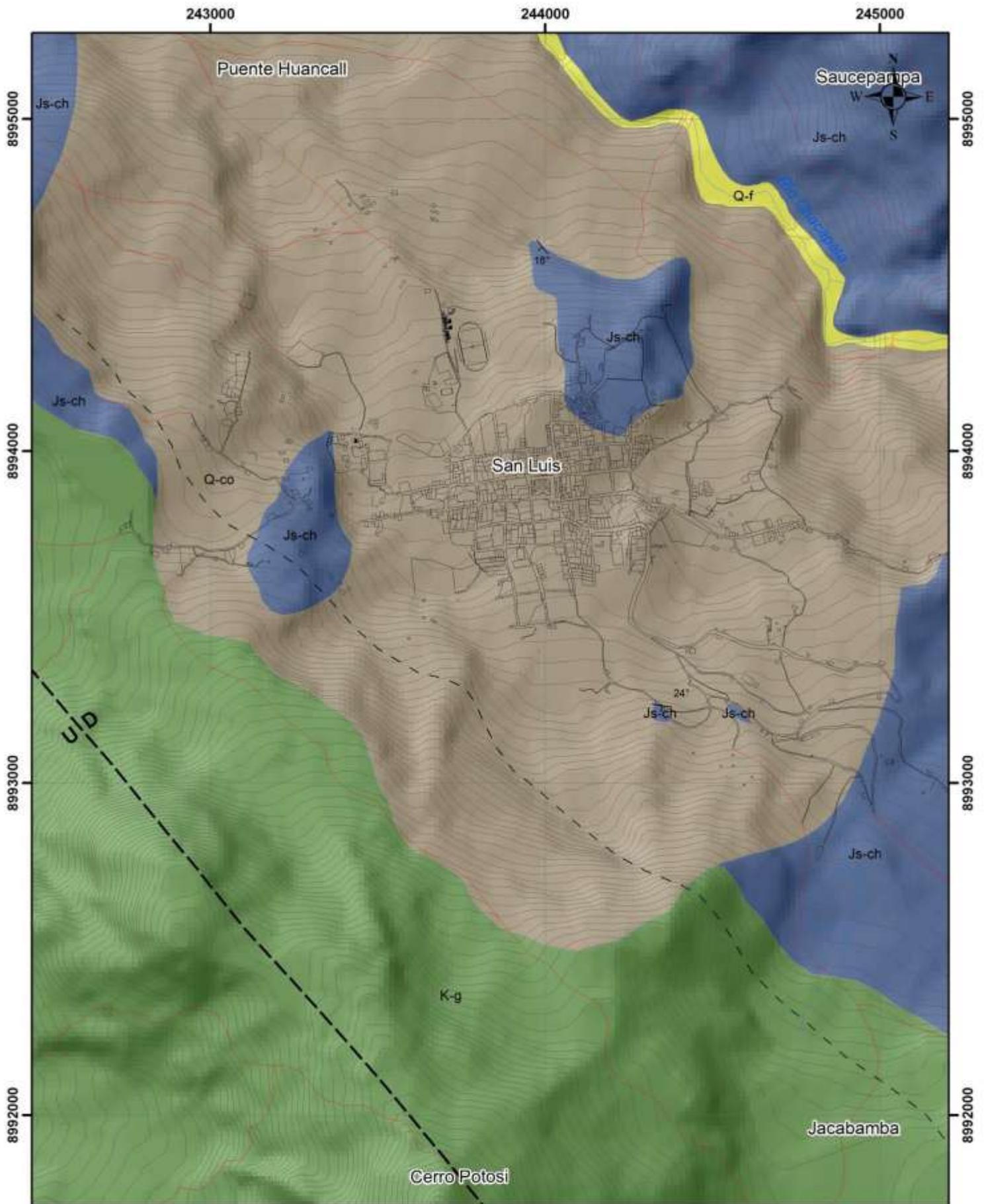
Foto 04: Se observa los depósitos del deslizamiento antiguo (Depósitos coluviales Q-co), sobre el cual se emplazó el poblado de San Luis, las flechas rojas delimitan dicho deslizamiento.

2.2.3. Depósitos Fluviales (Q-f)

Estos depósitos han sido reconocidos a lo largo del río Chacapata, compuestos principalmente de arenas y gravas, formando en ambas márgenes pequeñas terrazas (Foto 05).



Foto 05: Depósitos fluviales a lo largo del río Chacapata, mostrando pequeñas terrazas en ambas márgenes del río.



LEYENDA

Litología

- | | |
|---|-----------------------|
|  Q-f | Depositos Fluviales |
|  Q-co | Depositos Coluviales |
|  K-g | Grupo Goyllarizquizga |
|  Js-ch | Formación Chicama |
| | Formación Carhuaz |
| | Formación Santa |
| | Formación Chimu |

SIMBOLOGÍA

- | | |
|---|-----------------------|
|  | Deslizamiento Antiguo |
|  | Falla |
|  | Lineamiento |
|  | Catastro |
|  | Vías |
|  | Puentes |
|  | Drenaje |
|  | Curva Topográfica |



EVALUACIÓN INGENIERO - GEOLÓGICA DEL DESLIZAMIENTO DE SAN LUIS
 PROVINCIA CARLOS FERMIN FITZCARRALD-REGIÓN ANCASH

INGEMMET
GEOLÓGICO

0 0.2 0.4 0.8 Km
 1:15,000

WGS_1984_UTM Zona 18 Sur Mapa 02

3. PELIGROS GEOLÓGICOS

3.1. GENERALIDADES

Para la descripción del Deslizamiento de San Luis se ha tomado como base la clasificación de Varnes (1978, 1996) y la terminología sobre Movimientos en Masa en la región Andina preparado por el Grupo GEMMA (PMA: GCA, 2007):

- **DESLIZAMIENTOS:** Son movimientos ladera abajo de una masa de suelo y roca, cuyo desplazamiento ocurre predominantemente a lo largo de una superficie de falla, o de zonas relativamente delgadas con gran deformación cortante (Cruden y Varnes, 1996). Los deslizamientos cartografiados en el área son del tipo rotacional; en su mayoría las reactivaciones se encuentran en la parte media y baja de la zona evaluada, presentando escarpas activas semicirculares a rectas.

Deslizamiento por Flujo: Introducido por Casagrande (1936) para designar deslizamientos que se comportan como un movimiento tipo flujo como resultado de la licuación del material. Ocurre en taludes de pendiente moderada e involucra un exceso de presión de poros o licuación del material en zonas donde se origina el movimiento en masa.

- **CAÍDAS (DERRUMBES):** 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 desplazamiento cortante apreciable. Una vez desprendido, el material cae desplazándose principalmente por el aire pudiendo efectuar golpes, rebote y rodamiento (Varnes, 1978). Son producidos o reactivados por sismos, erosión (socavamiento de la base en riberas fluviales o acantilados rocosos), efecto de la lluvia (saturación de suelos incoherentes) y la actividad humana (acción antrópica: cortes de carreteras o áreas agrícolas). Estos movimientos tienen velocidades muy rápidas a extremadamente rápidas. En la zona de estudio estos fenómenos se dan en la parte alta (Cabecera del antiguo deslizamiento de San Luis) y en la parte baja por efectos de la erosión fluvial,
- **REPTACIÓN DE SUELOS:** Se refiere a aquellos movimientos lentos de terreno en donde no se distingue una superficie de falla. La reptación puede ser de tipo estacional, cuando se asocia a cambios climáticos o de humedad del terreno, y verdadera cuando hay un desplazamiento relativamente continuo en el tiempo. En la zona evaluada, estos procesos se dan en la parte baja.
- **CÁRCAVAS:** Tipo de erosión concentrada en surcos que se forma por el escurrimiento de las aguas sobre la superficie de las laderas. La presencia de cárcavas en el terreno, indica un grado avanzado de degradación, ya que si las pequeñas incisiones por las que circula el agua en la ladera no se eliminan, estas irán progresando en el sentido aguas arriba captando desprendimientos y derrumbes de materiales de mayor tamaño debido a la falta de cohesión por exceso de humedad, llegando a producir profundas incisiones, de más de 30 cm a varios metros de profundidad, con secciones en forma de “V”, de “U”, o una combinación de ambas. En la zona de estudio, estos procesos se vienen dando en la parte baja.

- **EROSIÓN FLUVIAL:** Llamada también erosión lateral, consiste en el arranque de los depósitos y/o materiales que se encuentran en ambos márgenes del cauce del río, producto del socavamiento producido por éste, provocando derrumbes en ambos márgenes, como se observa en la margen izquierda del río Chacapata.

3.2. ZONAS EVALUADAS

La ciudad de San Luis se asienta en el cuerpo de un deslizamiento antiguo, cuya corona de forma semicircular, presenta reactivaciones en el cuerpo del deslizamiento, observándose grietas tensionales en el terreno y muchas viviendas con hundimientos y agrietamientos en los pisos y paredes. En el pie de este deslizamiento antiguo se observan procesos de reptación de suelos, derrumbes, etc. En ambos flancos, pequeños deslizamientos, caídas de rocas y derrumbes, los que se encuentran activos.

En la presente evaluación se procedió a identificar e inventariar cada uno de los procesos de movimientos en masa (Mapa 03), y para una mejor descripción, el área de estudio se dividió en tres zonas: Zona 1 (Parte alta o Cabecera del deslizamiento), Zona 2 (Parte media o Poblado de San Luis y alrededores) y Zona 3 (Parte Baja).

- **ZONA 1 (Parte Alta-Cabecera de deslizamiento)**

La zona 1 corresponde a la cabecera del antiguo deslizamiento rotacional (pre histórico), cuya corona se localiza en el Cerro Potosí, observándose reactivaciones hacia la parte media y a los flancos. En esta zona, hacia la cabecera, se observan afloramientos de areniscas, lutitas, arcillitas, calizas y cuarcitas; observándose también mantos de carbón; y lutitas y areniscas hacia la base (parte baja de la zona 1). Los estratos buzan 24°SW, contrario a la pendiente del terreno. El intenso fracturamiento de las rocas, su alteración y meteorización; la presencia de aguas superficiales y subterráneas son los detonantes de las reactivaciones en esta zona.

En el flanco derecho se observan los deslizamientos antiguos denominados A y B, estos no muestran indicios de reactivación, pero se observan algunas surgencias de agua.

Hacia la parte media se localiza el deslizamiento denominado C, observándose la mayor cantidad de reactivaciones. En la cabecera se presenta derrumbe en calizas (Foto 06), producido por intenso fracturamiento de la roca. En la parte baja de este derrumbe se observan agrietamientos en el terreno, con aberturas que van desde los 0.05 m hasta los 0.25 m, producto de la reactivación del deslizamiento.

“Evaluación Ingeniero – Geológica del deslizamiento de San Luis”
Provincia Carlos Fermín Fitzcarrald – región Ancash



Foto 06: Las flechas rojas demarcan la corona del deslizamiento antiguo y las flechas de color negro delimitan la corona de la reactivación del deslizamiento, constituyendo el derrumbe C-1.

En el deslizamiento C-2, se observa la presencia de grietas tensionales en la cabecera y en el cuerpo. Se comporta como un *deslizamiento flujo*, evidenciándose las estrías dejadas por el arrastre del terreno, delimitando así el área de influencia de este evento (Fotos 07 y 08).



Foto 07: Las flechas rojas delimitan la cabecera del deslizamiento C-2 y la flecha punteada indica la orientación del movimiento del terreno.



Foto 08: Medida de estrías para determinar el la dirección del movimiento, las flechas rojas demarcan el flanco derecho del deslizamiento C, en la ampliación se muestra en línea punteada la dirección de las estrías.

En el cuerpo del deslizamiento C-2, se observan desplazamientos, desniveles y aberturas sobre el terreno, debido a la presencia de aguas subterráneas y al movimiento pendiente abajo con dirección N320° del material deslizado (Foto 09). Se cuenta con los siguientes datos de campo (insitu):

- | | |
|----------------------------|--------|
| - Dirección de las grietas | N 235° |
| - Dirección de movimiento | N 320° |
| - Desplazamiento (grieta) | 1.5 m. |
| - Desnivel (escarpa) | 0.9 m. |

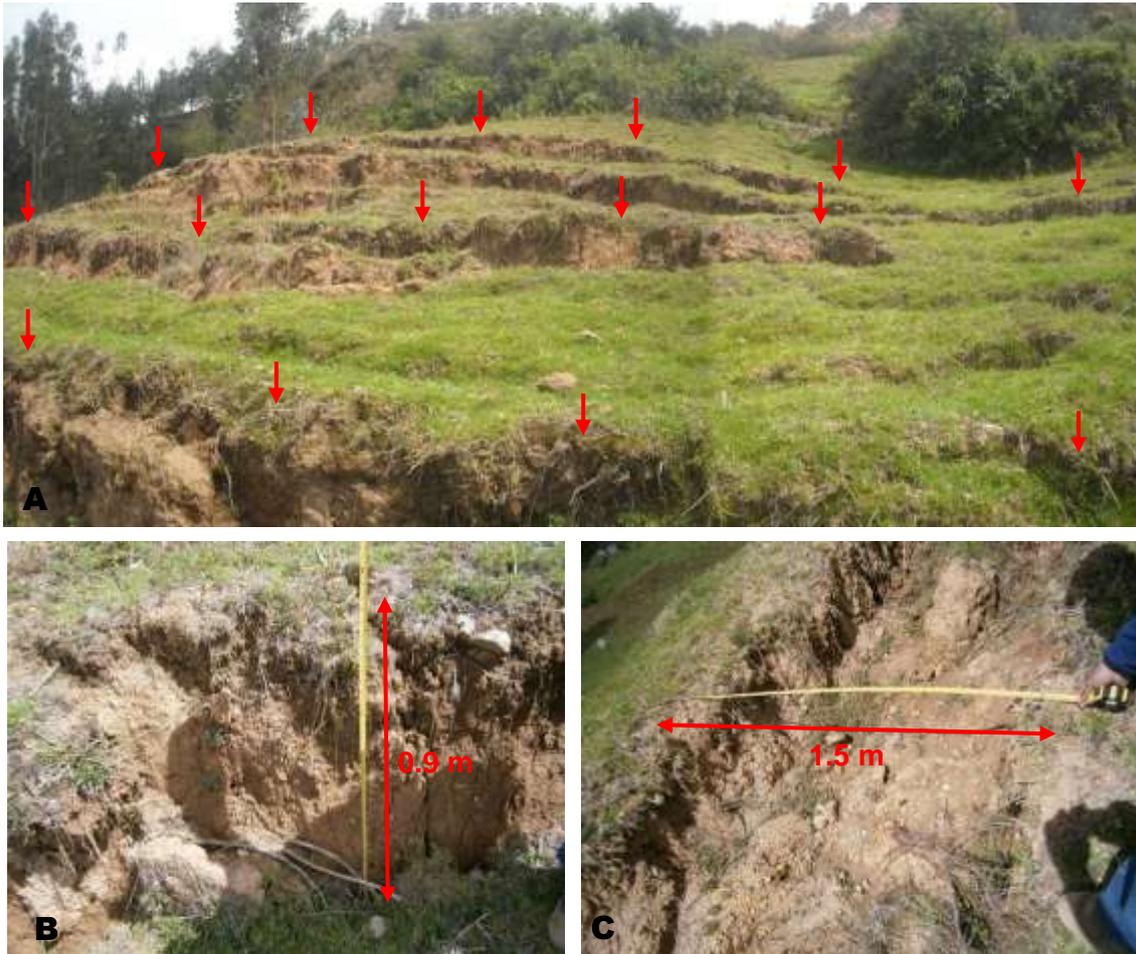


Foto 09: a) Escarpes simultáneos, debido al movimiento del terreno, b y c son las medidas de desnivel y abertura generadas debido al movimiento del terreno.

Este deslizamiento flujo, también afecto 160 m de la trocha carrozable que unía al pueblo de San Luis con las labores mineras (socavones) ubicadas en el cerro Potosí. Aproximadamente hace 4 años se viene produciendo el desplazamiento constante de la carretera, llegando a presentar en la actualidad un desplazamiento de 9.10 m, y un desnivel de 3 m (Foto 10). Hacia el flanco izquierdo de este deslizamiento, se observa los dos trazos de la carretera el primero construido el año 1983 y el segundo el año 2003, presentando un desplazamiento de 14.30 m, dejando inutilizada la trocha carrozable (Foto 11). Desplazamientos que indican la actividad del deslizamiento.

Es importante resaltar que de los socavones mineros, en la parte superior del Cerro Potosí, surgen aguas acidas, que al no estar canalizadas y evacuadas correctamente, incrementan la inestabilidad de la ladera.



Foto 10: En la foto se observa el trazo de la carretera y el trazo final de la carretera desplazada 9.10 m, generando un desnivel de 3 m, las flechas rojas demarcan el flanco derecho del deslizamiento flujo C-2.



Foto 11: Las flechas rojas demarcan el flanco izquierdo del deslizamiento C-2, se observa los antiguos trazos de las carreteras de 1983 y 2003 que en la actualidad presenta un desnivel de 14.30 m con relación a la carretera de 1983.

El derrumbe C-3 constituye un evento activo que se produjo en febrero de 2011, comprometiendo a calizas, pizarras y lutitas (Foto 12). Este derrumbe presenta 40 m de ancho y una longitud de 120 m y bloques entre 1.5 y 2 m de diámetro. En la cabecera de este derrumbe se observan grietas en una longitud de 50 m, con aberturas de 0.70 m y 0.90 m de desnivel (escarpa), evidenciando la actividad del mismo.



Foto 12: Derrumbe C-3 en rocas de la Formación Santa (calizas).

El deslizamiento flujo D, denominado así por su comportamiento a manera de flujo en la parte baja. Presenta un ancho aproximado de 150 m y una longitud desde la corona de 450 m aproximadamente. En corona de este deslizamiento flujo, se observan las caídas de rocas E y F, con longitudes de 700 y 500 m respectivamente, que se localizan en el flanco izquierdo del deslizamiento antiguo (Foto 13) y comprometen lutitas, calizas, pizarras y areniscas.

Es importante resaltar que de los socavones mineros, en la parte superior del Cerro Potosí, surgen aguas acidas, que al no estar canalizadas y evacuadas correctamente, incrementan la inestabilidad de la ladera.

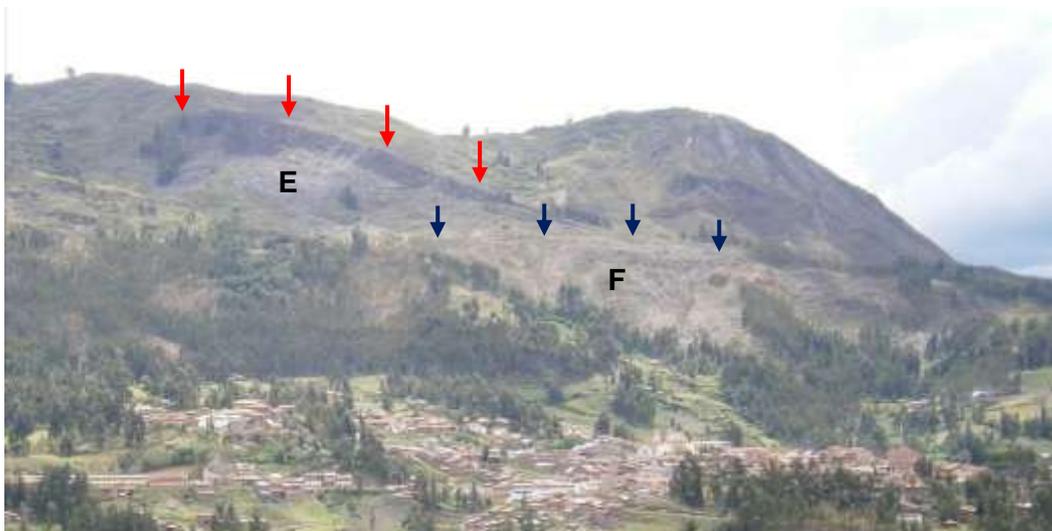


Foto 13: Caída de rocas E y F ubicadas al Suroeste de San Luis.

- **ZONA 2 (Parte media - Poblado de San Luis)**

La zona 2 corresponde a la parte media del antiguo deslizamiento, con origen en el Cerro Potosí. Esta zona presenta reactivaciones que vienen afectando principalmente a la ciudad, agrietando viviendas, escuelas, etc.; así como afectando la infraestructura sanitaria de la misma.

Como se observa en el mapa 03. Esta zona está constituida por afloramientos de lutitas y areniscas finas, presentándose en estratos con buzamientos de 18°SW . El intenso fracturamiento, la naturaleza de los depósitos coluviales sobre las que asienta la ciudad y la presencia de aguas subterráneas, son los detonantes de las reactivaciones en esta zona.

Partiendo del flanco derecho se tiene inventariado los eventos, denominados desde la G hasta K. Los deslizamientos del grupo G (G-1, G-2, G-3) vienen afectando la carretera de ingreso al distrito de San Luis, viviendas y al centro educativo Badiali Marisoni (Foto 14). Siendo este último el más afectado, evidenciándose muros y vigas de cemento agrietadas con aberturas hasta de 0.09 m; en la losa deportiva se puede apreciar un desplazamiento de aproximadamente 0.28 m con una dirección de 72°NE (Foto 15).



Foto 14: Se observan los deslizamientos G-1, G-2 y G-3, y las direcciones del movimiento de terreno en líneas punteadas.

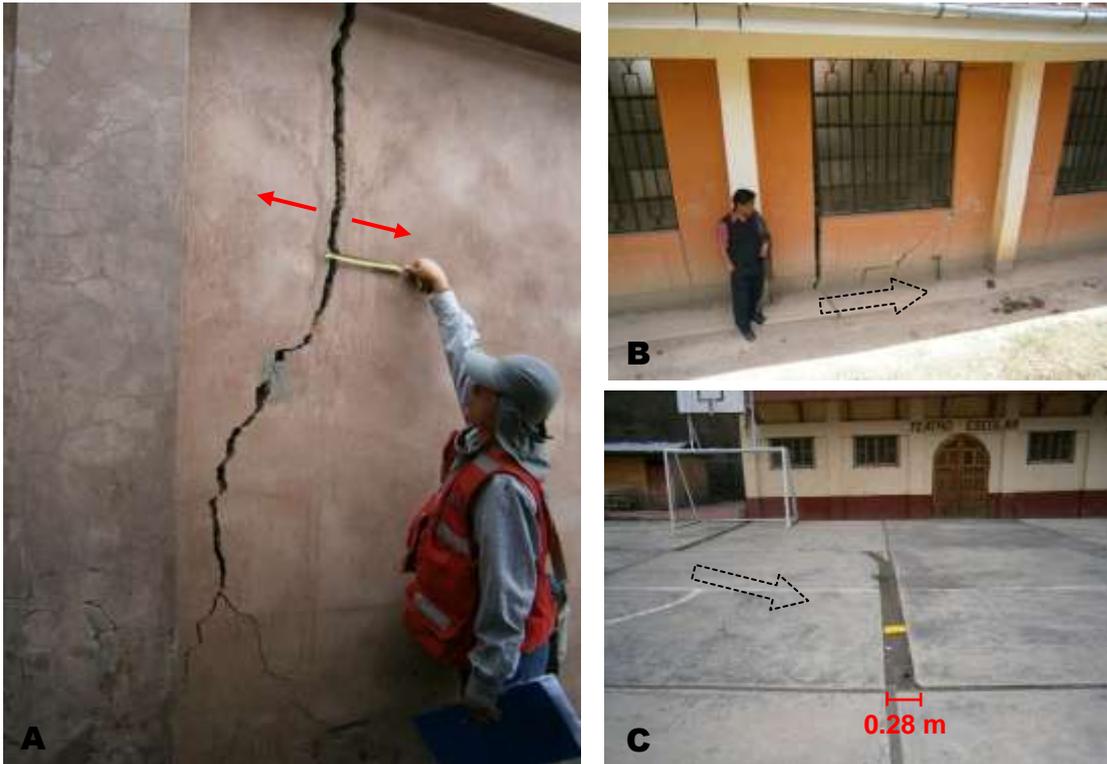


Foto 15: Las imágenes A, B y C muestran los agrietamientos y desplazamientos que se dan en el centro educativo Badiali Marisoni.

Dentro del denominado deslizamiento H (Foto 16), podemos observar el deslizamiento H-1 que viene afectando viviendas en la avenida Jose Olaya, las cuales se encuentran agrietadas. El deslizamiento H-2 viene afectando viviendas ubicadas en las Avenida 2 de Mayo y Jose Olaya, al igual que existen viviendas agrietadas en el Jirón Ramón Castilla. En medio de este deslizamiento, se encuentra el Colegio Carlos Fermín Fitzcarrald, que también presenta agrietamientos en los muros y pisos. La corona del deslizamiento H-3 viene afectando varias viviendas, agrietándolas en muros y pisos (Foto 17), estas grietas tienen una dirección $N18^\circ$, presentando aberturas de hasta 0.15 m.

*“Evaluación Ingeniero – Geológica del deslizamiento de San Luis”
Provincia Carlos Fermín Fitzcarrald – región Ancash*



Foto 16: Se observan los deslizamientos H-1, H-2 y H-3, los cuales viene afectando viviendas, presentando agrietamientos y hundimientos.



Foto 17: Vivienda afectada por el deslizamiento H-3, la abertura que presenta es de 0.08 m.

El deslizamiento I, con un ancho aproximado 160 m y longitud desde la corona de 230 m, presenta agrietamientos en la cabecera y afecta viviendas que se localizan en la Avenida Los Héroes.

El deslizamiento C, presenta algunas reactivaciones en el pueblo de San Luis, que afecta principalmente viviendas. Uno de los flancos de este deslizamiento se desplaza por la Plaza de Armas, afectando también al templo y la casa parroquial de los Padres Salesianos (Fotos 18), al igual que las viviendas que se encuentran en el Jirón Simón Bolívar y en la

esquina con la avenida Túpac Amaru. A la altura del complejo deportivo de la Municipalidad la grieta presenta una dirección N173°, luego cambia con dirección N141° atravesando el estadio de San Luis. En las avenidas Túpac Amaru y Fitzcarrald, las viviendas presentan agrietamientos, hundimientos y desplazamientos, que ponen en peligro a los habitantes de este sector. Hacia el flanco izquierdo este deslizamiento viene afectando el vivero Chuyayacu y la carretera, donde se observa un hundimiento en el terreno de 0.50 m (Foto 19).



Foto 18: Las flechas rojas marcan el flanco derecho del deslizamiento C que afecta la mitad de San Luis, presenta un desnivel de 0.20 m y la dirección de movimiento del terreno es N140°.



Foto 19: Muro de gaviones del vivero Chuyayacu afectados por el deslizamiento C.

El deslizamiento J, con una longitud de corona de 200 m, ancho promedio es de 160 m y una longitud de 400 m aproximadamente; compromete materiales del deslizamiento antiguo y rocas de la Formación Chicama.

El deslizamiento antiguo K; ubicado en la parte baja de la zona, se encuentra en parte reactivado. Observándose asentamientos en la carretera.

- **ZONA 3 (Parte baja)**

La zona 3 corresponde al pié (parte baja) del antiguo deslizamiento. Esta zona presenta reactivaciones que vienen afectando principalmente terrenos de cultivo y la carretera que une los distritos de San Luis y Yauya (Mapa 03). Esta zona, está constituida por afloramientos intercalaciones de lutitas y areniscas finas, con buzamientos de 18°SW. También se observan surgencias de agua, que constituyen la causa principal de las reactivaciones en este sector, generando algunos procesos de movimientos en masa como reptación de suelos, deslizamientos y derrumbes (Mapa 03).

El deslizamiento antiguo L, presenta reactivaciones en el sector medio y bajo (Foto 20). En el sector medio, el deslizamiento se ha reactivado por la infiltración de aguas de riego y de lluvia; y en el sector bajo se ha reactivado como derrumbes cuyo material colapsado viene estrangulando el cauce normal de río Chacapata.

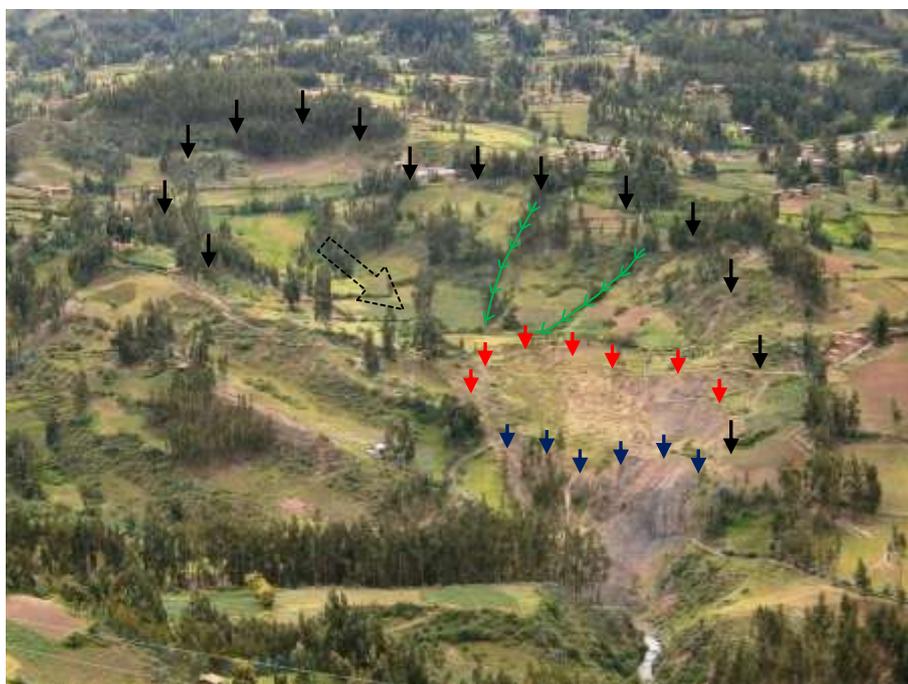


Foto 20: En flechas de color negro se ve el deslizamiento antiguo, las flechas rojas muestran las reactivaciones, las flechas azules demarcan la corona de los derrumbes y también se pueden ver los procesos de carcavamiento y la dirección del movimiento del terreno en flecha punteada.

El deslizamiento antiguo M, está reactivado por procesos de reptación de suelos en la parte de media, procesos de carcavamiento, derrumbes y deslizamientos en el flanco izquierdo del río Chacapata. El movimiento del

terreno tiene una dirección N6°. Se observan bofedales producto de la saturación de agua que presenta el terreno en este sector. La carretera se encuentra afectada en 150m, debido a procesos de reptación de suelos (Foto 21)



Foto 21: En flechas de color negro se ven los antiguos deslizamiento, en flechas de color rojo se observan los deslizamientos activos (reactivaciones) con sus direcciones de movimiento del terreno, algunos derrumbes en flechas color azul, procesos de carcavamiento y por la coloración del terreno se observa la sobresaturación del terreno.

En el deslizamiento antiguo N, se observan las reactivaciones en la base, en forma de derrumbes, producto del socavamiento del río Chacapata y al empuje que ejerce el terreno debido a la saturación de agua; también se observa procesos de reptación de suelos.

El deslizamiento antiguo O, se está reactivando en forma de reptación de suelos, principalmente en su parte media y en la base. Se localizan también, derrumbes al pie del deslizamiento. Hacia el flanco izquierdo de este deslizamiento, se observan los deslizamientos P-1, P-2 y P-3 productos del empuje del terreno y la sobresaturación del suelo (Foto 22). Otra de las causas de estos, es el socavamiento producido por la erosión fluvial del río Chacapata, que debilita la base de todo el deslizamiento O (Foto 23).

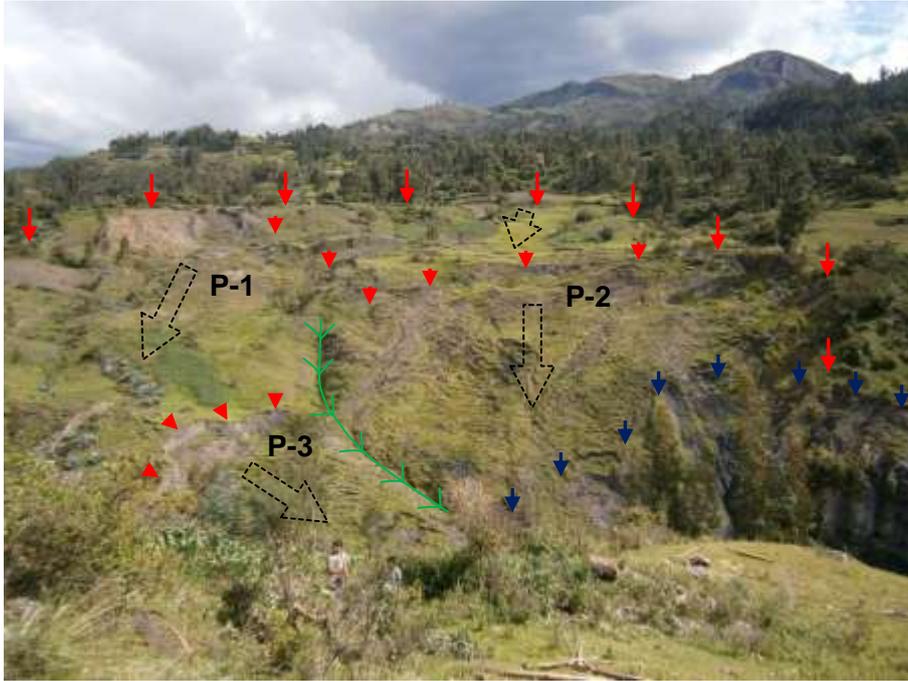


Foto 22: Las flechas rojas indican los deslizamientos de P con sus respectivas direcciones de movimiento, las flechas azules indican los derrumbes y los procesos de cárcavamiento en color verde.



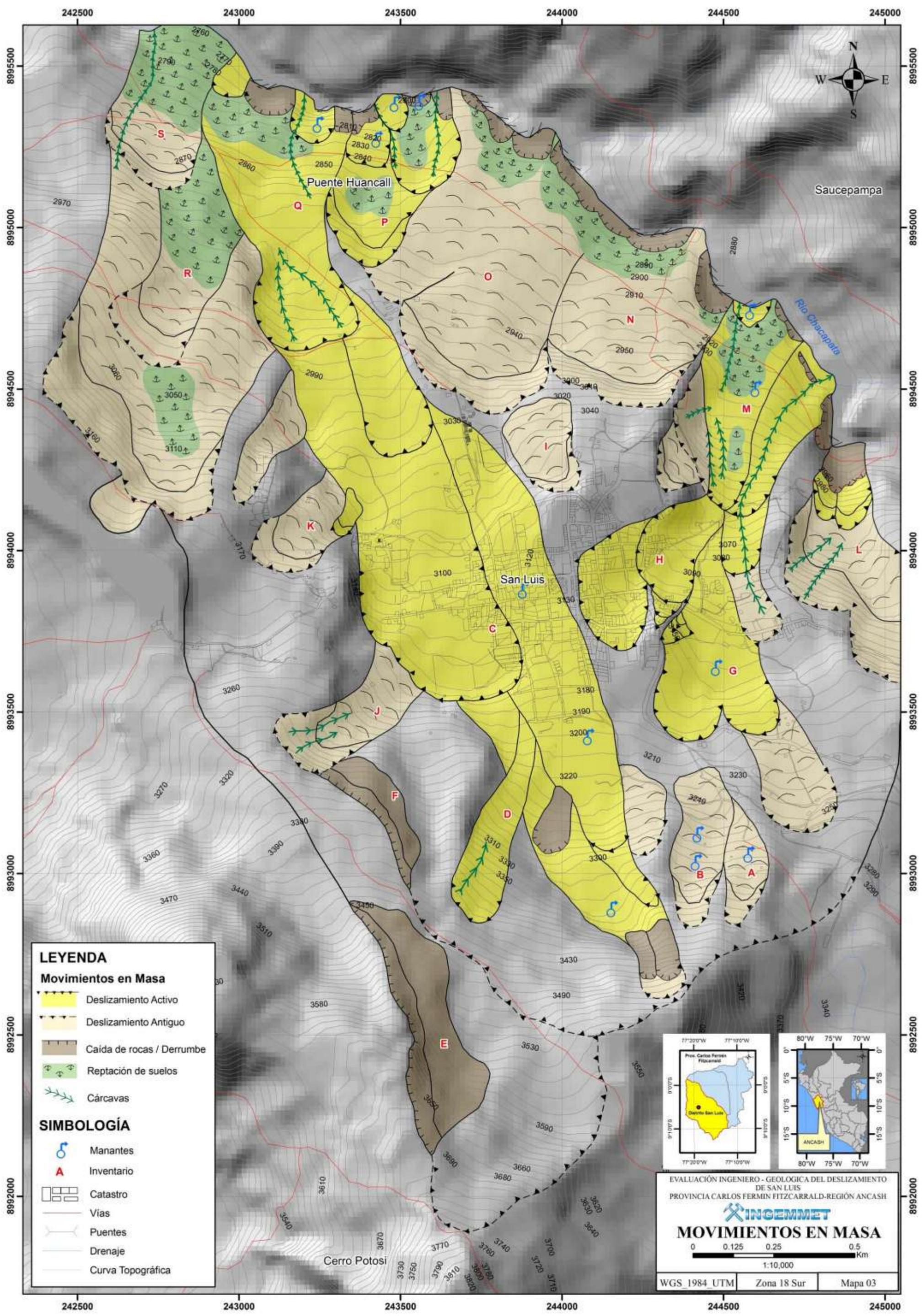
Foto 23: Se observan los deslizamientos P-1 y P-3 con sus direcciones de movimiento de terreno, en la base se observan los derrumbes (flechas azules) y en flechas negras el socavamiento producto de la erosión fluvial causada por el río Chacapata.

El deslizamiento denominado Q, constituye parte del deslizamiento C, y se caracteriza por presentar bofedales y surgencias de agua, evidenciando la sobresaturación del sector. Se observan procesos de reptación de suelos, deslizamientos, derrumbes y erosión en surcos (cárcavas), ver foto 24.



Foto 24: Se observan los movimientos que se vienen dando de los deslizamientos inventariados Q, R, S

Los deslizamientos denominados R, presentan en el cuerpo del deslizamiento, procesos de reptación de suelos y deslizamiento, causados por la saturación del terreno. En la margen izquierda del río Chacapata, se observa la erosión fluvial que contribuye a la inestabilidad de la ladera.



LEYENDA

Movimientos en Masa

- Deslizamiento Activo
- Deslizamiento Antiguo
- Caída de rocas / Derrumbe
- Reptación de suelos
- Cárcavas

SIMBOLOGÍA

- Manantes
- Inventario
- Catastro
- Vías
- Puentes
- Drenaje
- Curva Topográfica

EVALUACIÓN INGENIERO - GEOLÓGICA DEL DESLIZAMIENTO DE SAN LUIS
 PROVINCIA CARLOS FERMIN FITZCARRALD-REGIÓN ANCASH

INGEMMET

MOVIMIENTOS EN MASA

0 0.125 0.25 0.5 Km

1:10,000

WGS_1984_UTM Zona 18 Sur Mapa 03

3.3. DAÑOS REGISTRADOS EN EL POBLADO DE SAN LUIS

La ciudad de San Luis, emplazado en el cuerpo de un antiguo deslizamiento, muestra numerosos daños en su infraestructura urbana y sanitaria, como son viviendas, centros educativos, calles, red de desagüe, etc. (Mapa 04). Estos daños se vienen produciendo por el movimiento lento y continuo del terreno, teniendo como causa principal la sobresaturación de agua que se presenta en la ladera y suelo de la ciudad. Se observan varios sectores con presencia de surgencias (manantes) de agua subterránea, incluso una de ellas se encuentra en forma de pileta en el cruce de la Av. 2 de Mayo y el Jirón Daniel Alcides Carrión, evidenciando que el nivel freático es muy superficial.

En evaluaciones anteriores, como la realizada por Fidel & Valenzuela, 1996, evidencian el movimiento lento y continuo del terreno; observándose grietas en viviendas, y en la Plaza de Armas. (Fotos 25, 26 y 27).



Foto 25: En a) se observa la Casa Parroquial dañada, en b) se observa a detalle los esfuerzos y la dirección del agrietamiento. Plaza de armas de San Luis. L. Fidel 1996



Foto 26: en la figura a) se observa vivienda agrietada y en b) además del agrietamiento presenta un combamiento en la pared. L. Fidel 1996.



Foto 27: Desnivel plaza de armas de San Luis, producto de los esfuerzos existentes. L. Fidel 1996.

Haciendo una monitoreo por medio de los archivos fotográficos y lo observado en campo, se puede determinar que, el proceso evidenciado en 1996, viene ocurriendo en la actualidad, con un ligero incremento en la velocidad de movimiento, principalmente por no poner en práctica las recomendaciones vertidas en el informe de esa época. El proceso se ha incrementado, evidenciándose una mayor cantidad de agrietamientos en todo el pueblo, que vienen afectando viviendas, dejándolas inhabitables y en algunos casos colapsadas; también ha sido afectado la infraestructura sanitaria, vial, etc. En el caso de la infraestructura de saneamiento, el movimiento en el terreno tiende a romper las tuberías del sistema de agua y desagüe (con más de 40 años de antigüedad), generando una mayor sobresaturación del terreno, incrementando el movimiento de este, dando lugar también a los hundimientos de algunas viviendas

En el mapa 04 se observa con mayor detalle los movimientos en masa inventariados y consignados en el mapa 03. Resaltando su área de influencia y demarcando, en algunos sectores, los movimientos del terreno que proporcionan una mayor visión de los daños actuales y futuros.

Algunos ejemplos de las viviendas afectadas en el poblado de San Luis, se muestran en las fotos 28, 29, 30 y 31.

*“Evaluación Ingeniero – Geológica del deslizamiento de San Luis”
Provincia Carlos Fermín Fitzcarrald – región Ancash*

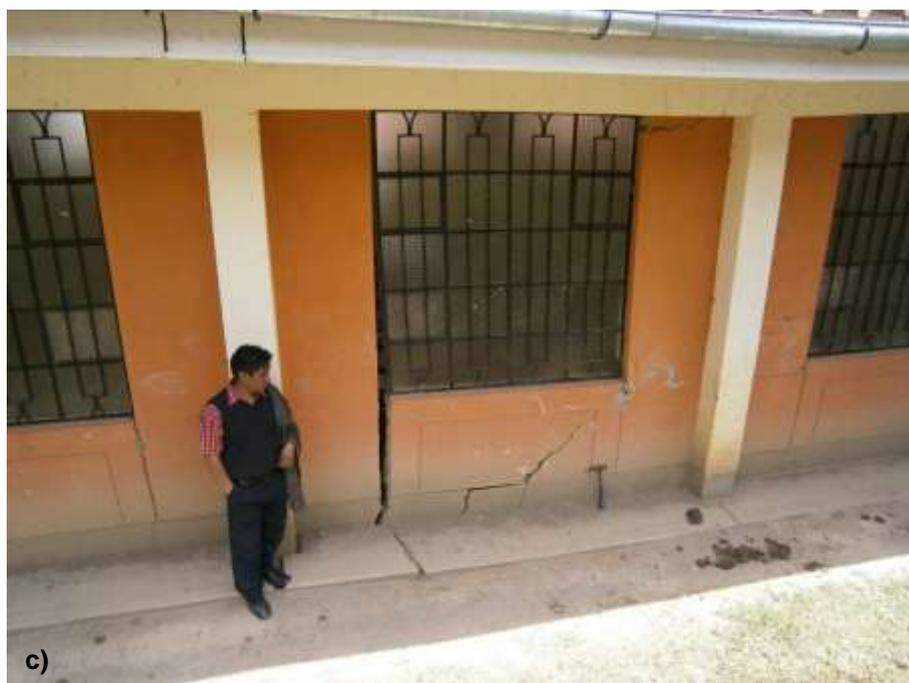


Foto 28: En a) se observa el teatrín del colegio agrietado, en b) columnas afectadas debido al empuje del terreno y en c) las aulas de inicial completamente deterioradas. Centro Educativo Badiali Marisoni.

*“Evaluación Ingeniero – Geológica del deslizamiento de San Luis”
Provincia Carlos Fermín Fitzcarrald – región Ancash*



Foto 29: En a) se observa las grietas en el comedor y en b) se muestra en flechas rojas evidencias de hundimiento en la vivienda ubicada en la Av. Fitzcarrald.

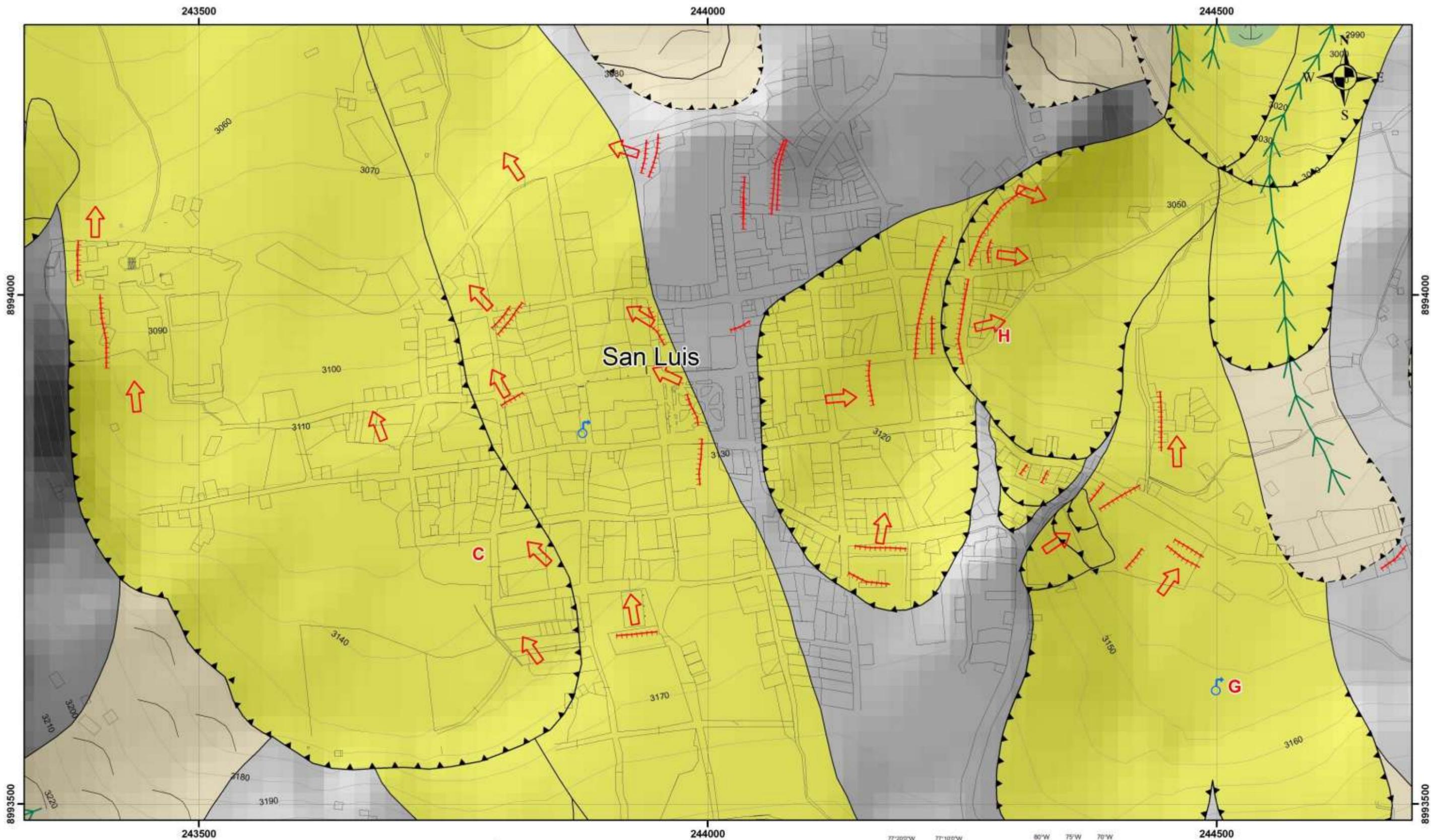


Foto 30: Vivienda afectada por el deslizamiento H-3, la abertura que presenta es de 0.08m. Vivienda ubicada en la Av. Tupac Amaru.

*“Evaluación Ingeniero – Geológica del deslizamiento de San Luis”
Provincia Carlos Fermín Fitzcarrald – región Ancash*



Foto 31: En a) y b) se observa el desnivel en la plaza de armas debido al movimiento del deslizamiento C, la grieta pasa toda la plaza de armas, afectando la casa parroquial y la Iglesia de San Luis.



LEYENDA

- Movimientos en Masa**
- Deslizamiento Activo
 - Deslizamiento Antiguo
 - Caída de rocas / Derrumbe
 - Reptación de suelos
 - Cárcavas

SIMBOLOGÍA

- Manantes
- Inventario
- Catastro
- Vías
- Puentes
- Grietas
- Movimiento del terreno
- Drenaje
- Curva Topográfica



EVALUACIÓN INGENIERO - GEOLOGICA DEL DESLIZAMIENTO DE SAN LUIS
 PROVINCIA CARLOS FERMIN FITZCARRALD-REGION ANCASH

INGEMMET

DIRECCIÓN DE MOVIMIENTOS

0 0.045 0.09 0.18 Km

1:3,500

WGS_1984_UTM Zona 18 Sur Mapa 04

4. ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN

Una de las principales medidas de estabilidad, a aplicar en este tipo de fenómenos, es el control del agua superficial y subterránea, que son sistemas tendientes a controlar el agua y sus efectos, disminuyendo fuerzas que producen movimiento y/o aumentando las fuerzas resistentes.

Los métodos de estabilización de deslizamientos que contemplan el control del agua tanto superficial como subterránea son muy efectivos y son generalmente, más económicos que la construcción de grandes obras de contención, en cuanto tienden a desactivar o disminuir la presión de poros, considerada el principal elemento desestabilizante en las laderas. El drenaje reduce el peso de la masa y al mismo tiempo aumenta la resistencia de la ladera (Suarez, 1998).

Las medidas de drenaje recomendadas se incluyen en el Mapa 05 (ubicación referencial) y son las siguientes:

4.1. DRENAJE SUPERFICIAL

Su fin es recoger las aguas superficiales o aquellas recogidas por los drenajes profundos y evacuarlas lejos del talud, evitándose la infiltración y la erosión.

El sistema de recolección de aguas superficiales debe captar la escorrentía tanto de la ladera, como de la cuenca de drenaje arriba del talud y llevar el agua a un sitio seguro lejos del deslizamiento.

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. Ver Figura 01, 02 y 03.

Se utilizan **zanjas horizontales o canaleta de drenaje horizontal**: Son paralelas al talud y se sitúan al pie del mismo; **canales colectores en espina de pescado**, que combinan una zanja drenante o canal en gradería, según la línea de máxima pendiente, con zanjas secundarias (espinas) ligeramente inclinadas que convergen en la espina central. Su construcción y mantenimiento en zonas críticas debe tener buena vigilancia. Estos canales deben ser impermeabilizadas adecuadamente para evitar la reinfiltración de las aguas. Ver Figura 04.

Los canales deben conducirse a entregas en gradería u otro disipador de energía que conduzca el agua recolectada hasta sitio seguro. Ver Figuras 05 y 06.

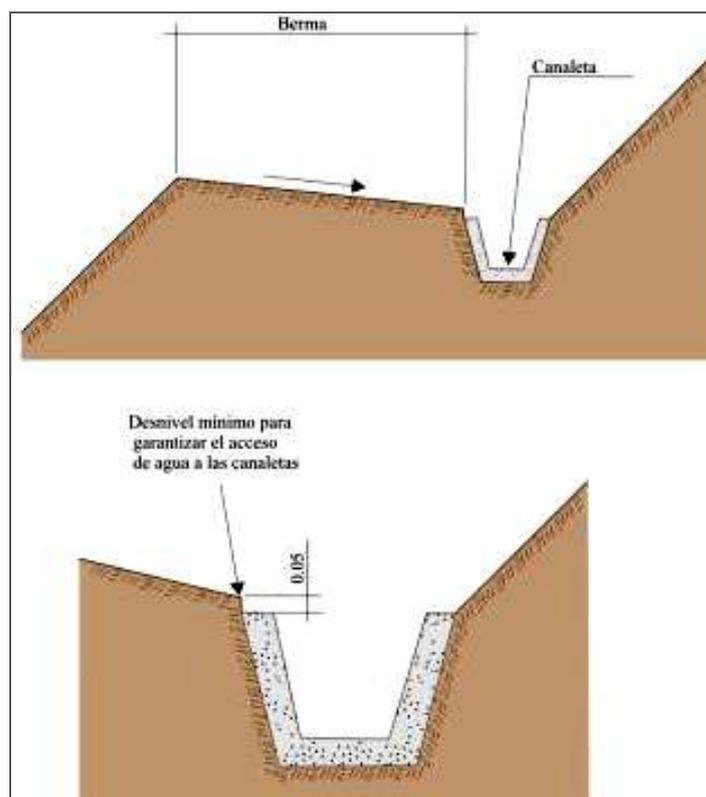


Figura 01: Detalle de una canaleta de drenaje superficial (tomado de INGEMMET, 2000).

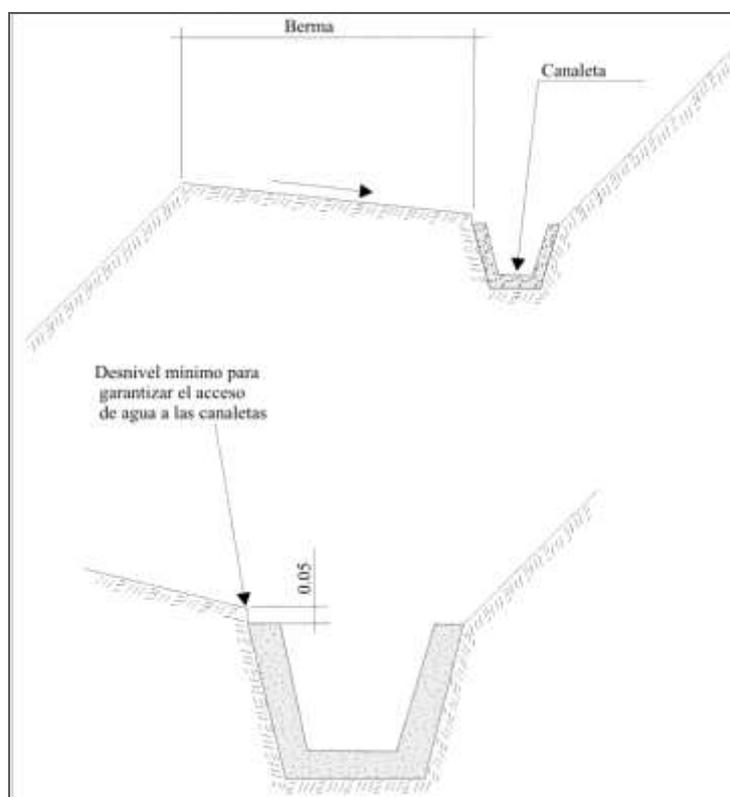


Figura 02: Detalle una canaleta de drenaje superficial (Zanjas de coronación).

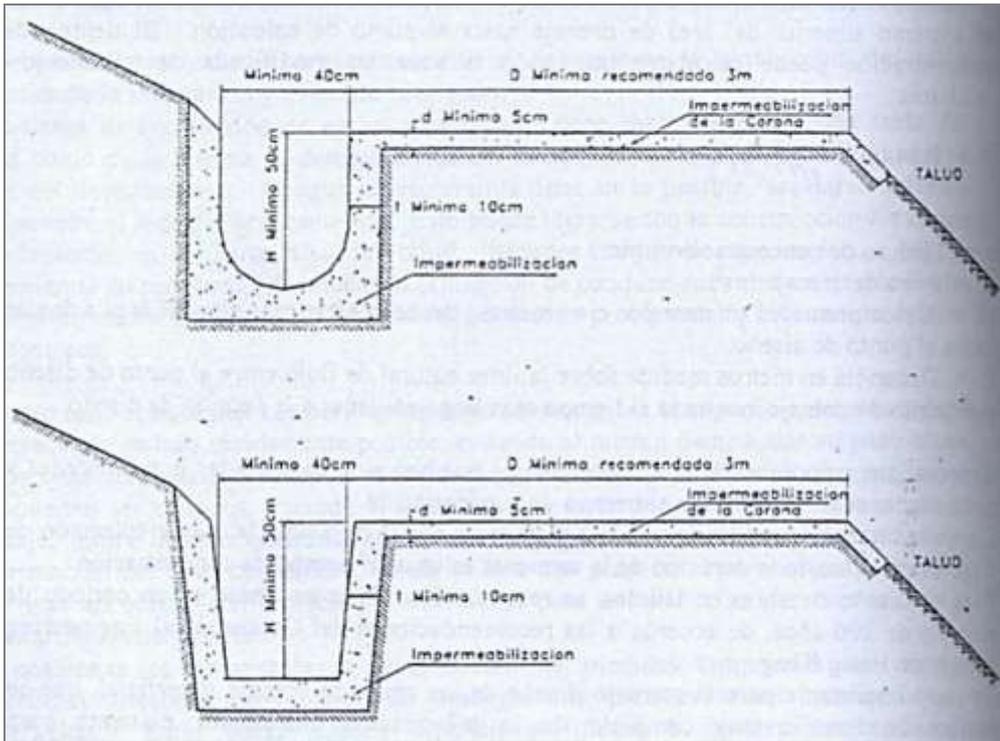


Figura 03: Detalle de zanjas de coronación para el control de aguas superficiales en un talud.

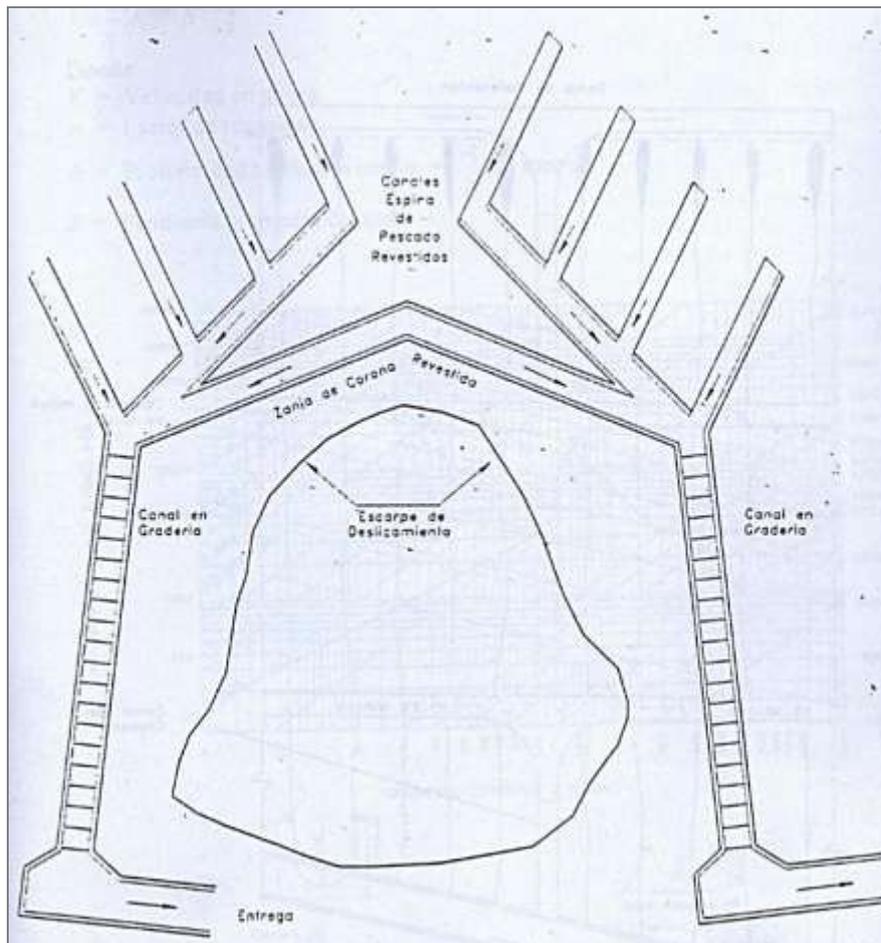


Figura 04: Esquema de planta de canales colectores espina de pescado con canales en gradería

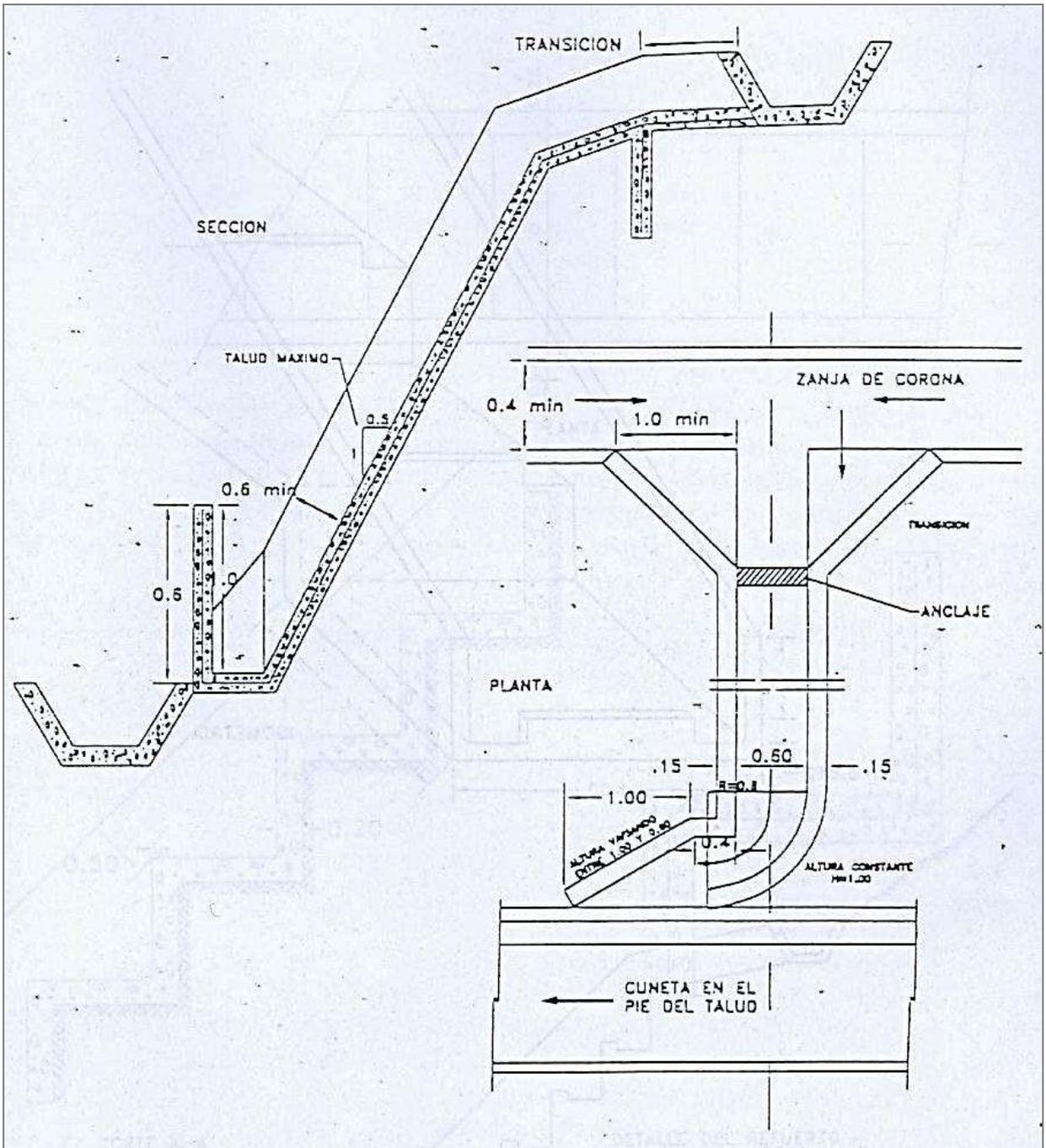


Figura 05: Detalle de un canal rápido de entrega

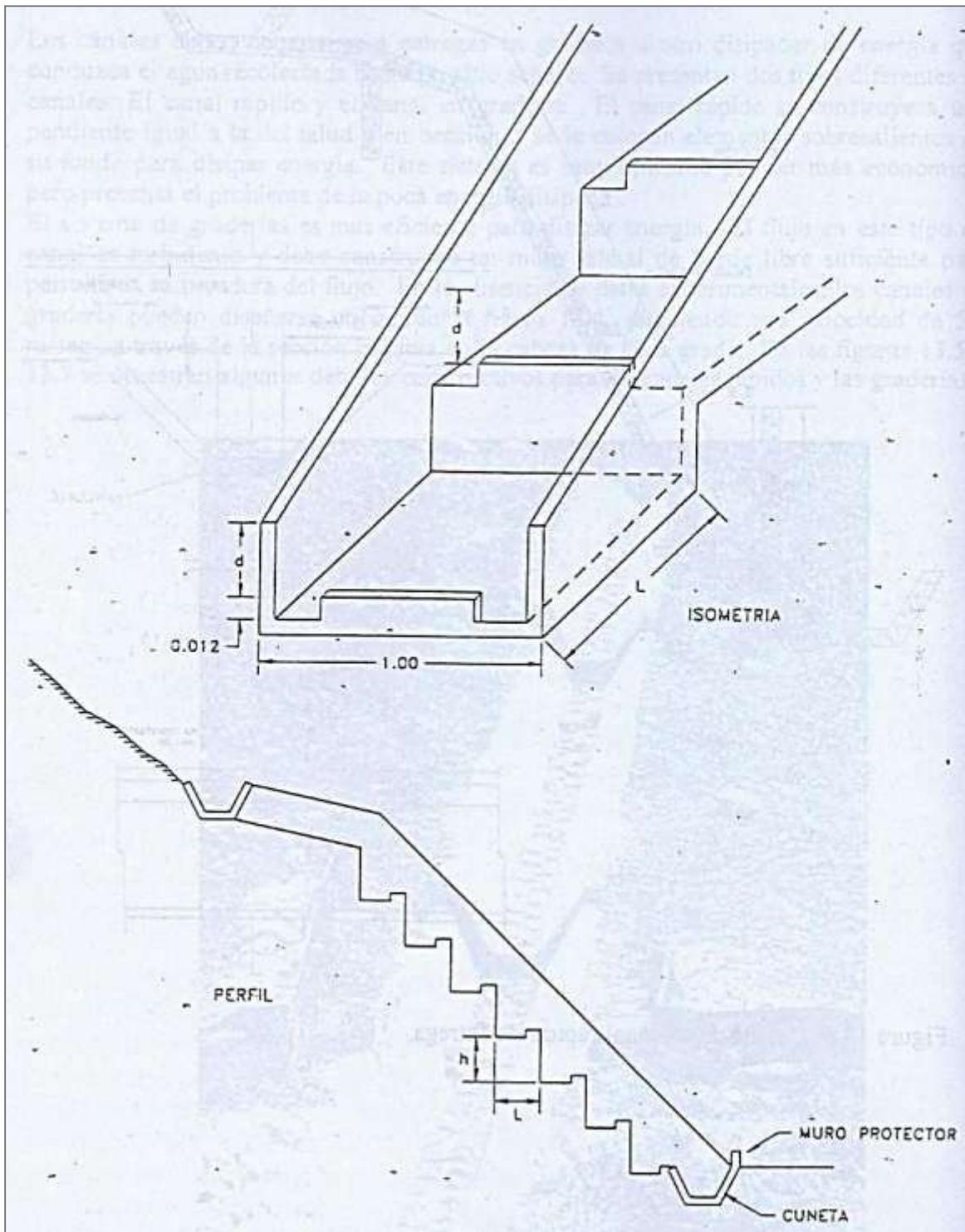


Figura 06: Canal de entrega con gradas de disipación.

4.2. DRENAJE SUBTERRÁNEO

El drenaje subterráneo tiene por objeto disminuir las presiones de poro o impedir que estas aumenten. Para su uso es necesario conocer previamente las características hidrogeológicas del terreno, en el caso de San Luis, es evidente que la napa freática es superficial y que constituye causa principal de la inestabilidad de la ladera. Se recomiendan lo siguiente:

Zanjas con relleno drenante: dispuestas en la superficie del talud o al pie de él. Consisten en zanjas rellenas de material drenante, excavadas en el talud o más allá del pie del mismo y cuya acción drenante se limita a profundidades pequeñas (Figura 07).

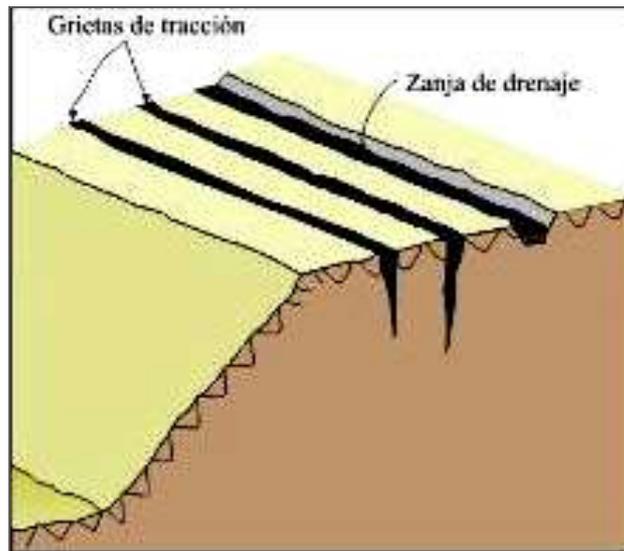


Figura 07: Disposición de zanjas en un talud (Tomado de INGEMMET, 2000)

Pueden ser de dos tipos:

Subdrenes interceptores: Son zanjas excavadas a mano o con retroexcavadora, rellenas de material filtrante y elementos de captación y transporte del agua. Este subdren se recomienda para San Luis y debe tener como máximo 3.50 m de profundidad.

Hay diversas formas: A) Con material de filtro y tubo colector; B) con geotextil como filtro, material grueso y tubo colector; C) con material grueso permeable sin tubo (dren francés); D) tubo colector con capa gruesa de geotextil a su alrededor; E) con geotextil, material grueso sin tubo; F) Dren sintético con geomalla, geotextil y tubo colector. Ver Figura 08.

El uso de cualquiera de los tipos dependerá del material disponible en la zona y costos; así como la necesidad de captación y caudal del dren.

Para San Luis, se recomienda cualquiera de los tipos A), C) y D).

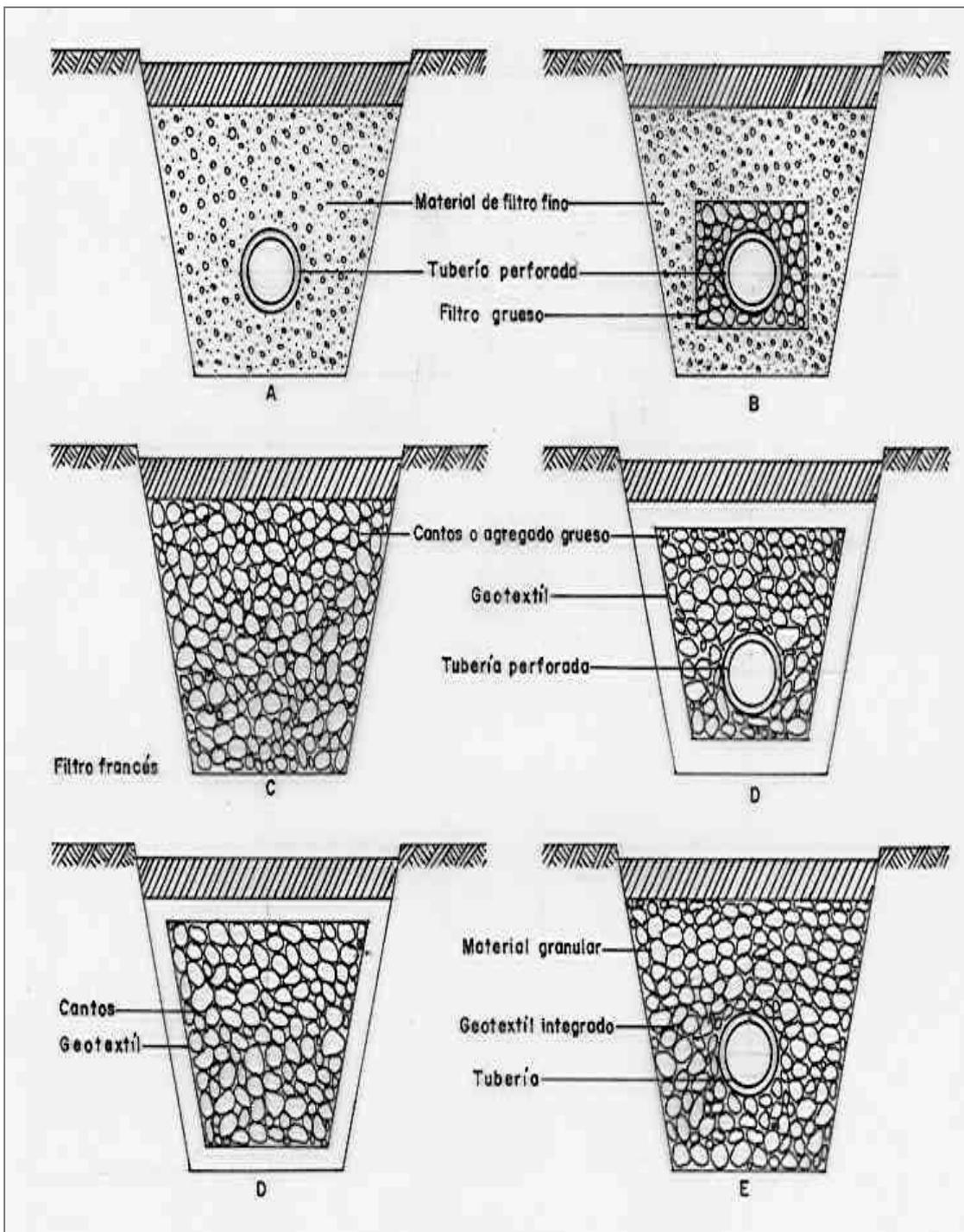


Figura 08: Tipos de subdrenes interceptores (Adaptado de Suárez, 1992)

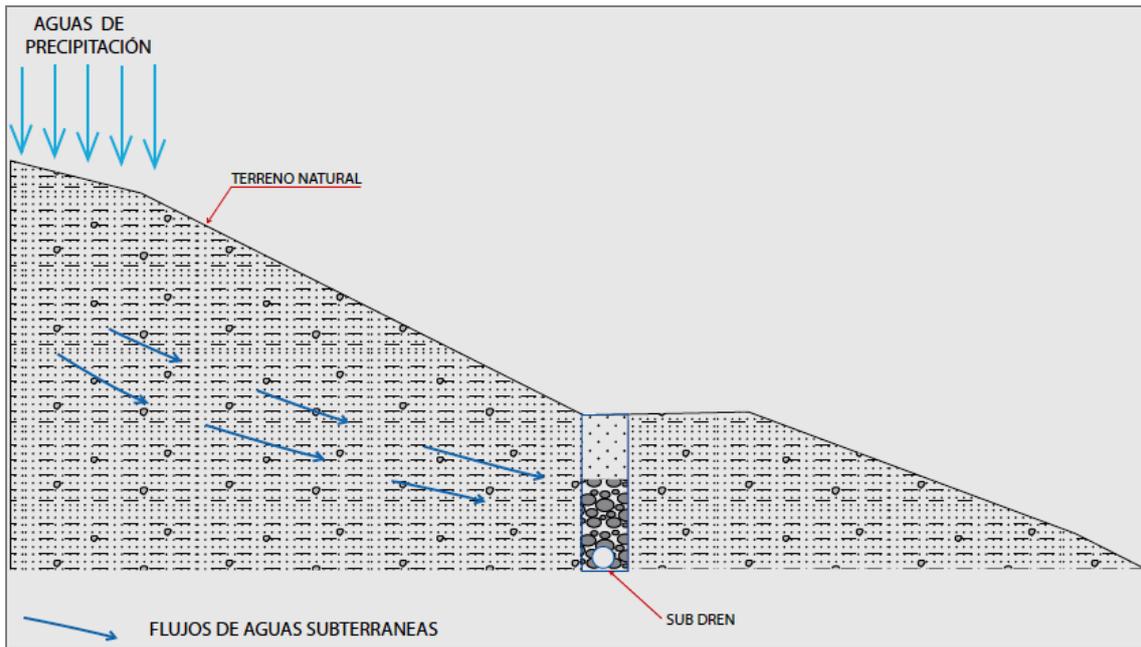


Figura 09: Esquema del subdrén Tipo A) material de filtro y tubo colector.

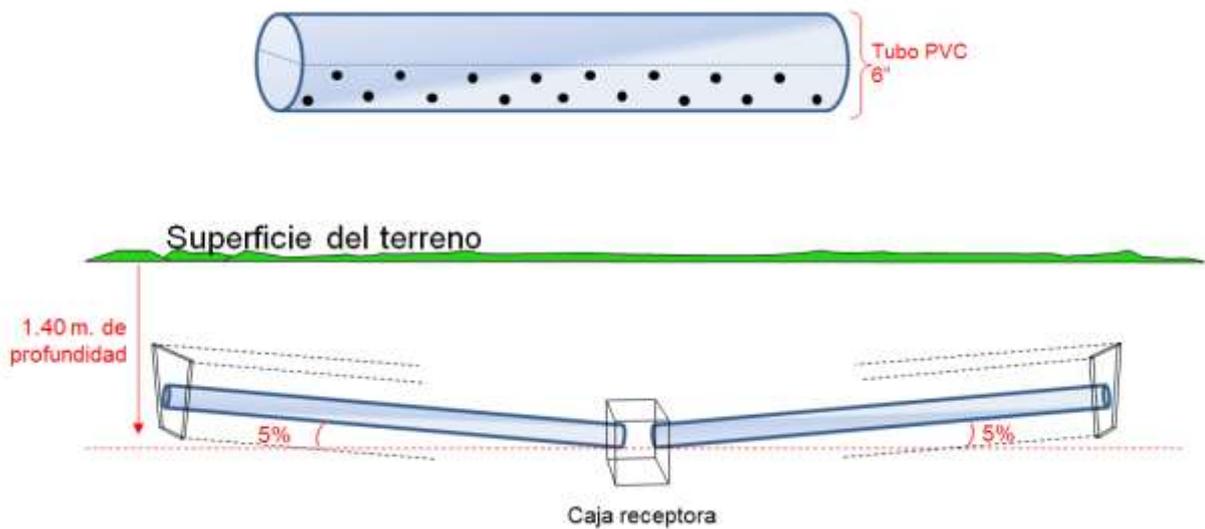


Figura 10: Modelo de tubo ranurado (cribado) y posición en profundidad. La caja receptora también puede estar a los extremos dependiendo de la ruta de evacuación.



Foto 32



Foto 33

Fotos 32 y 33, se observa las partes y el proceso constructivo de un subdren tipo D) con tubería cribada, material grueso (Grava) y geotextil, aplicado para drenaje longitudinal. El geotextil es permeable (Farfan et,al 2010).

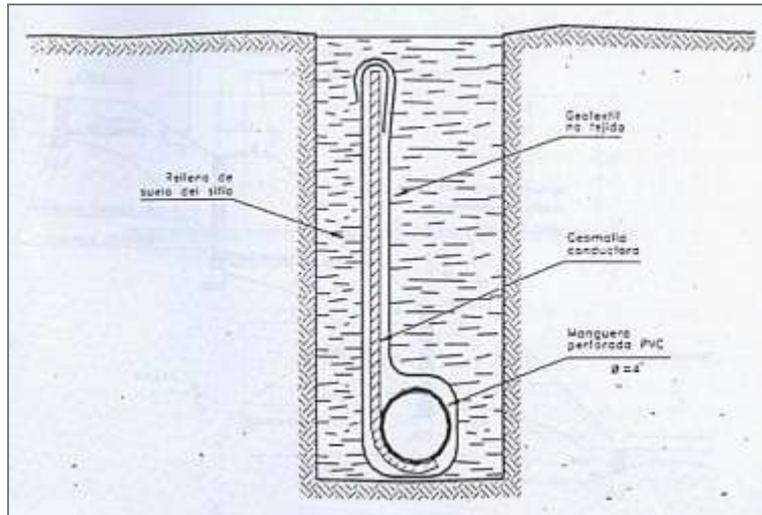


Figura 11: Diagrama de un subdrén 100% sintético, tipo F.

Drenes horizontales o de penetración: Consiste en una tubería perforada colocada a través de una masa de suelo mediante una perforación profunda subhorizontal o ligeramente inclinada, con la cual se busca abatir el nivel freático hasta un nivel que incremente la estabilidad de la ladera. La principal ventaja de estos drenes es que son rápidos y simples de instalar y se puede obtener un aumento importante del factor de seguridad de la ladera en muy poco tiempo. Ver Figuras 12 y 13.

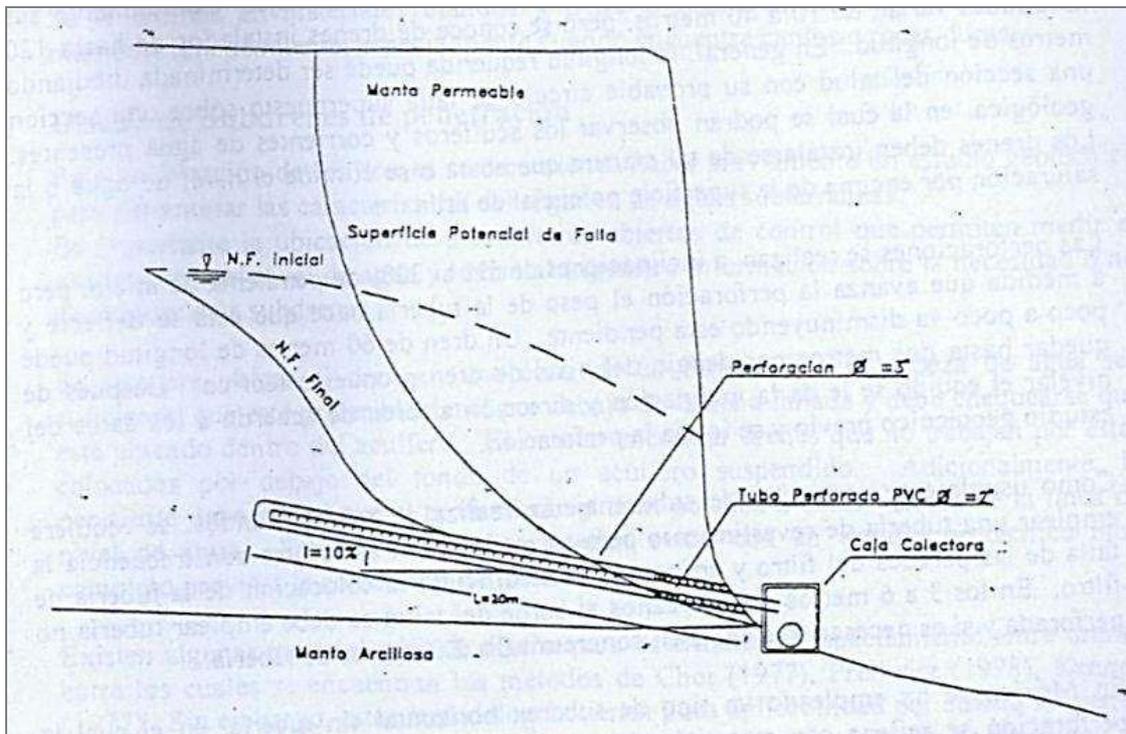


Figura 12: Esquema general de colocación de un subdrén de penetración.

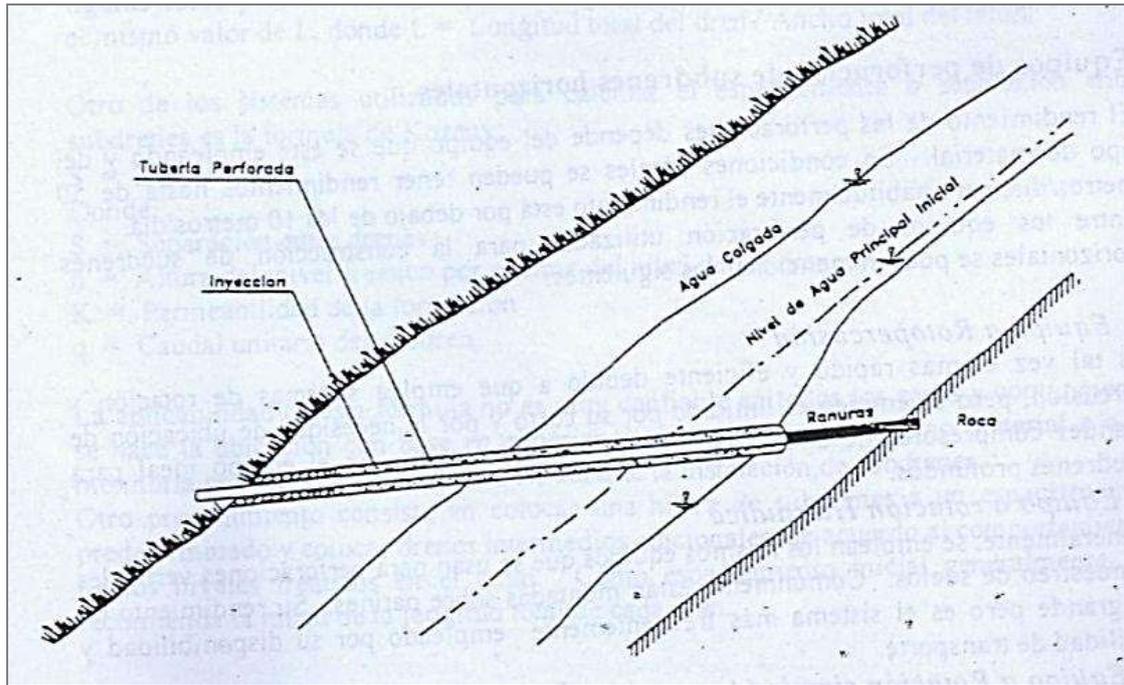


Figura 13: Subdrén de penetración diseñado para captar solamente en la punta interior

Estos tipos de drenaje se recomiendan para el pie de la ladera.

Pantallas de drenaje: Son estructuras similares en apariencia a un muro de contención, las cuales se colocan sobre la superficie de la ladera con el objetivo principal de impedir que se produzca erosión ocasionada por las filtraciones del agua subterránea. Ver Figura 14

4.3. **ESTRUCTURAS DE CONTENCIÓN:**

Es importante trabajar también los taludes y en especial estructuras al pie del deslizamiento. Se recomienda que los muros de contención cuenten con subdrenales. Ver Figura 15. Se recomiendan este tipo de estructuras para el pie de la ladera. En la Foto 34 se muestra un modelo de estructura de contención que se recomienda para estabilizar la base del deslizamiento.

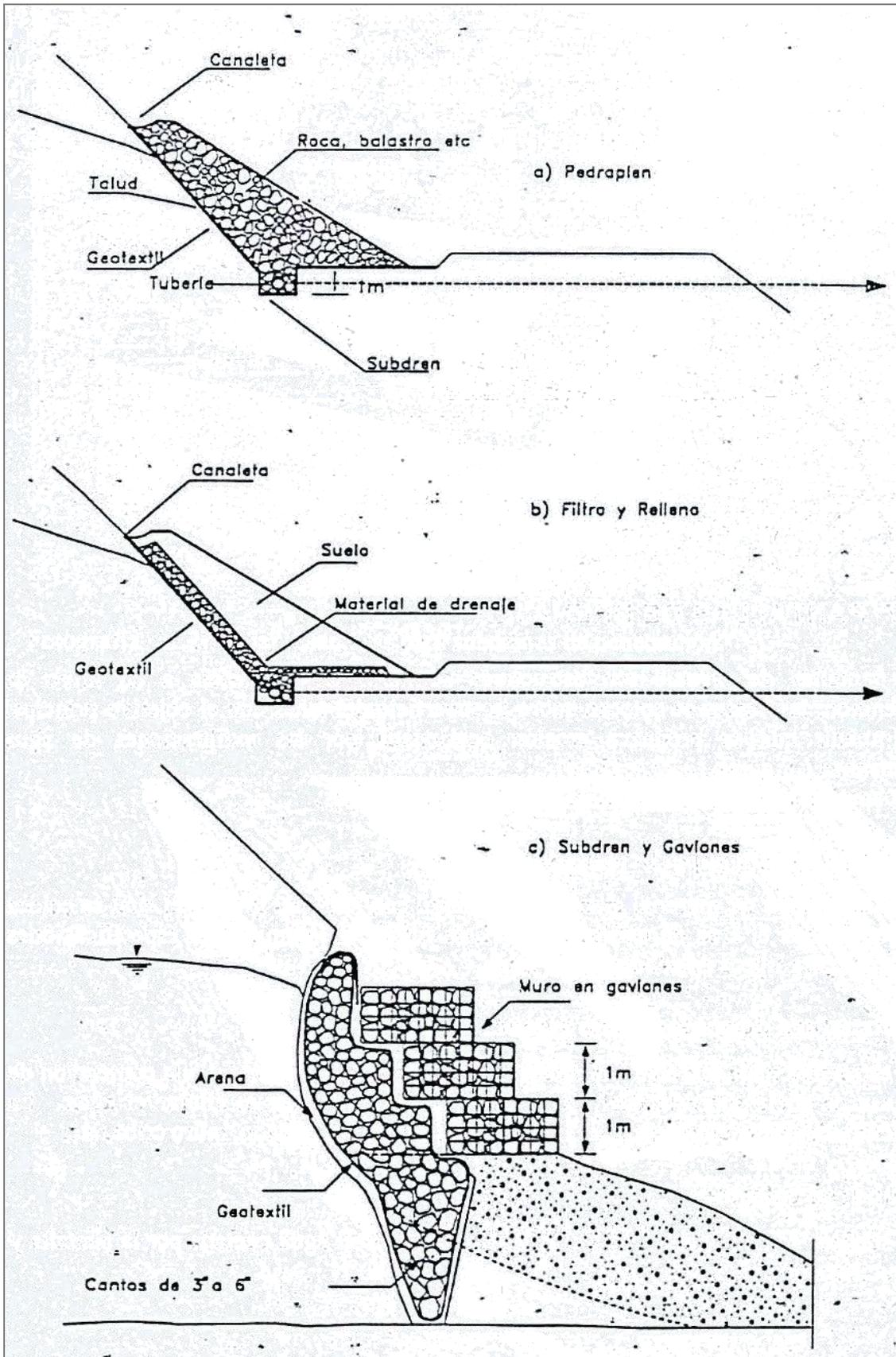


Figura 14: Ejemplos de subdrenes de pantalla

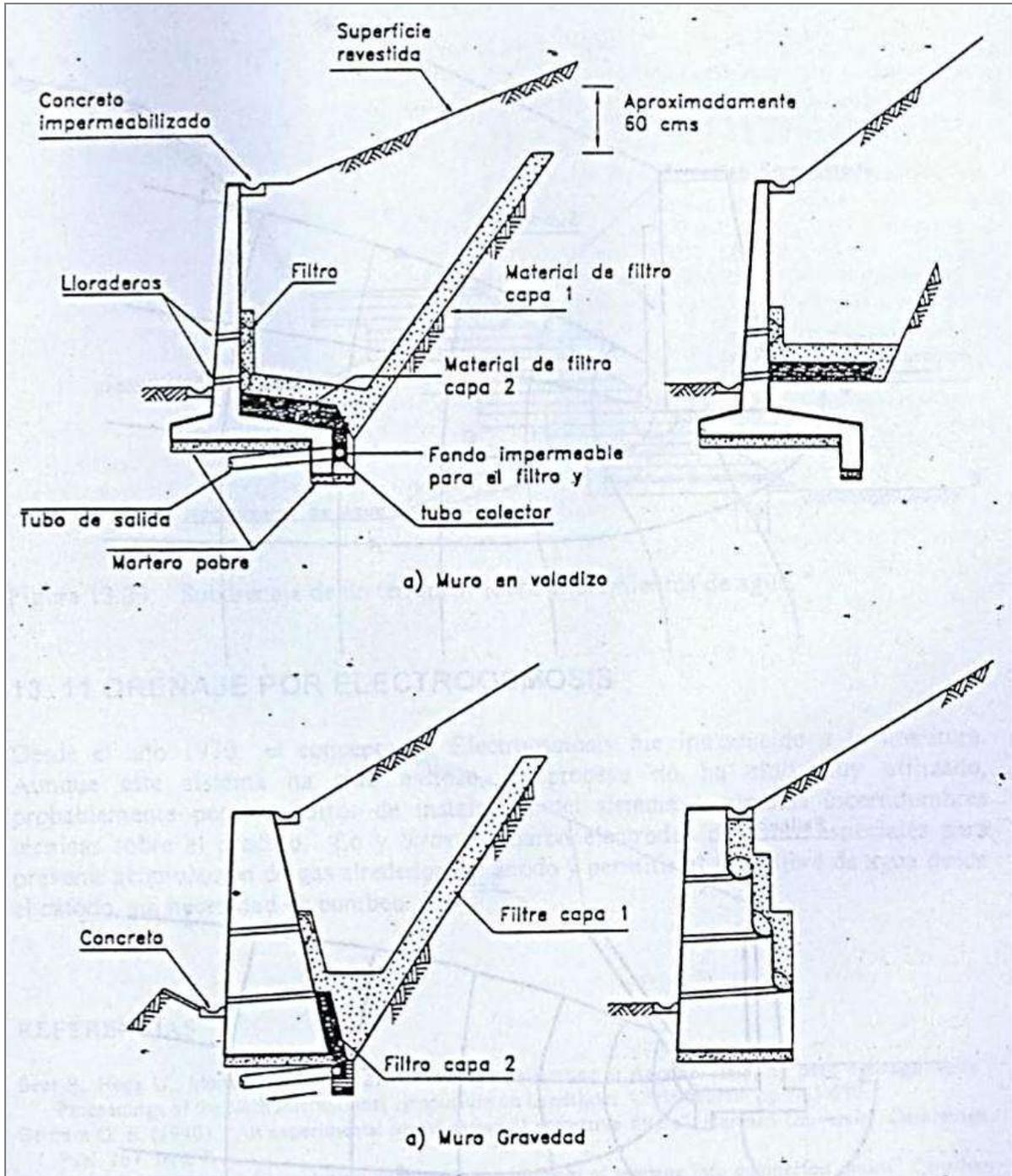


Figura 15: Ejemplos de subdrenajes con muros de contención.

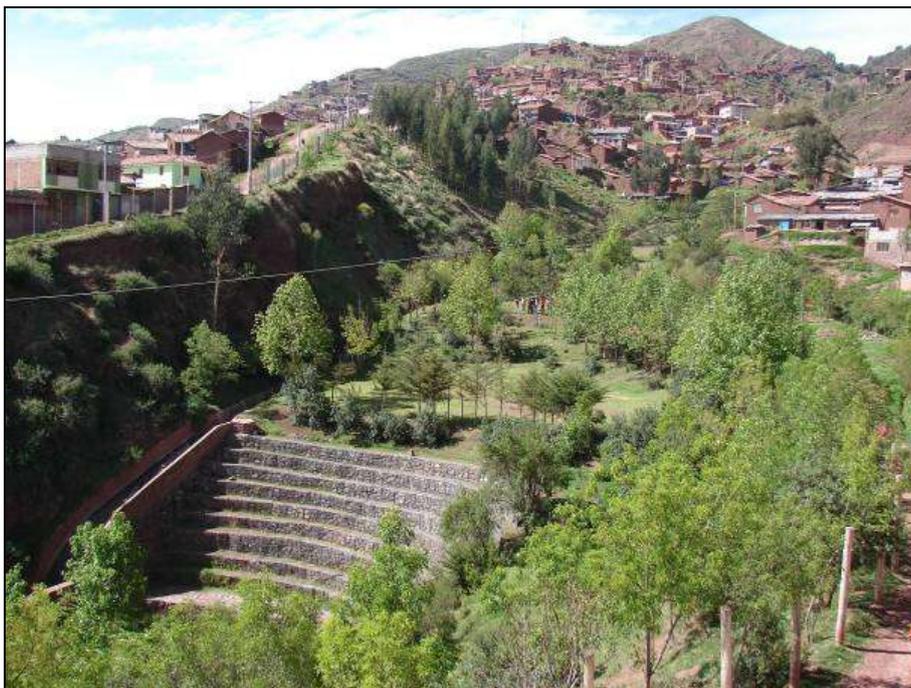
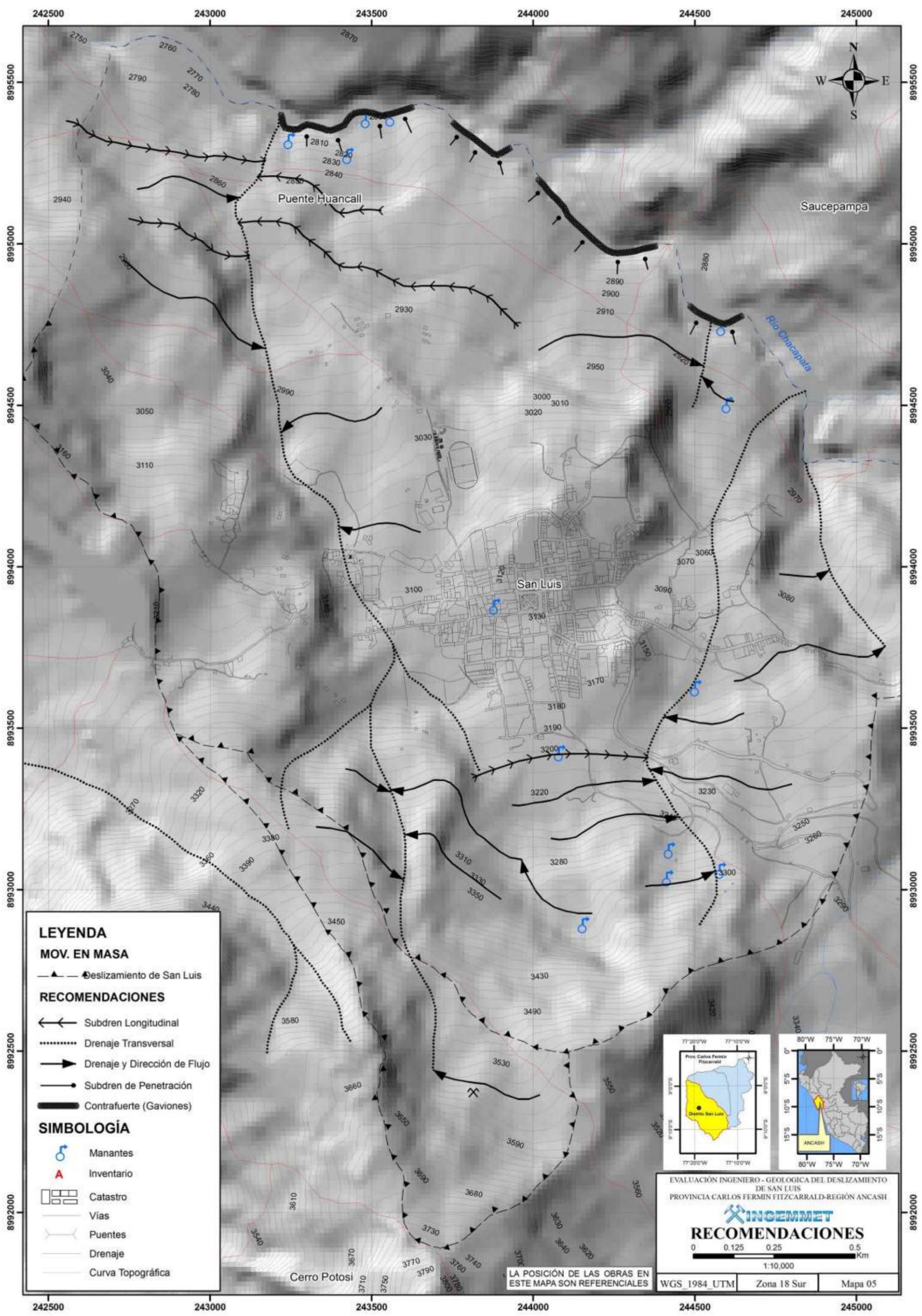


Foto 34: Combinación de muro de contención o contrafuerte en el pie de deslizamiento activo (con gaviones) y canalización de quebrada en la margen derecha (vista aguas arriba).



LEYENDA

MOV. EN MASA

—▲— Deslizamiento de San Luis

RECOMENDACIONES

←← Subdren Longitudinal

..... Drenaje Transversal

→ Drenaje y Dirección de Flujo

—●— Subdren de Penetración

▬ Contrafuerte (Gaviones)

SIMBOLOGÍA

♂ Manantes

A Inventario

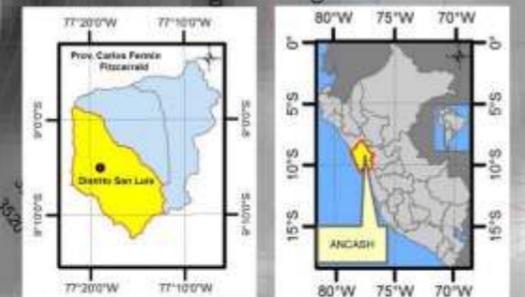
▭ Catastro

— Vias

— Puentes

— Drenaje

— Curva Topográfica



EVALUACIÓN INGENIERO - GEOLOGICA DEL DESLIZAMIENTO DE SAN LUIS
 PROVINCIA CARLOS FERMIN FITZCARRALD-REGION ANCASH

INGEMMET
RECOMENDACIONES



1:10,000

WGS_1984_UTM Zona 18 Sur Mapa 05

LA POSICIÓN DE LAS OBRAS EN ESTE MAPA SON REFERENCIALES

CONCLUSIONES

1. En el área de estudio afloran rocas intercalaciones lutitas y areniscas finas (Formación Chicama) y areniscas, arcillitas, lutitas y calizas (con intercalaciones de mantos de carbón) del Grupo Goyllarizquizga; se presentan estratificadas con orientación entre N145° - 18SW y N102° - 24°SW. Las rocas se encuentran alteradas, meteorizadas, así como deformadas, falladas, fracturadas y diaclasadas producto de la tectónica regional. En conjunto, las rocas son de mala calidad geomecánica, debido a la naturaleza de las rocas y a la presencia de mantos de carbón, así como a la sobresaturación de las mismas. Factores que facilitan la ocurrencia de procesos de movimientos en masa: derrumbes, deslizamientos, caída de rocas y reptación de suelos); así como procesos de erosión hídrica (cárcavas).
2. La ciudad de San Luis, está afectada por reactivaciones en el cuerpo de un deslizamiento rotacional antiguo de forma semicircular, cuyas dimensiones abarcan, desde el cerro Potosí al río Chacapata. El movimiento es lento y continuo, observándose grietas tensionales en la ladera y terreno. En la ciudad, muchas viviendas presentan hundimientos y agrietamientos en los pisos y paredes. En la base de este deslizamiento se observan procesos de reptación de suelos, derrumbes y erosión fluvial.
3. La causa principal de la desestabilización de la ladera, es el agua, producto de las precipitaciones pluviales, manantiales de agua subterránea, así como por la rotura de las tuberías de agua y desagüe de la ciudad San Luis. Cabe mencionar el “aporte” de agua a la ladera, proveniente de las galerías mineras en el cerro Potosí. Como consecuencia, el nivel freático que presenta la zona es superficial, evidenciándose varios puntos de surgencias de agua, bofedales y zonas de acumulación (estacionarias), que vienen infiltrándose e inestabilizando la ladera.
4. Para una mejor descripción del área de estudio, se dividió en tres zonas críticas: **ZONA 1**, que corresponde a la parte alta o cabecera del deslizamiento, donde se observan reactivaciones hacia la parte media y a los flancos, evidenciándose derrumbes y deslizamientos, también se identificaron numerosas surgencias de agua; **ZONA 2**, que corresponde a la parte media del antiguo deslizamiento y al poblado de San Luis, presentando reactivaciones como reptación de suelos y deslizamientos, que afectan la ciudad; agrietando viviendas, escuelas, etc.; **ZONA 3**, zona que corresponde a la parte baja del deslizamiento, presenta reactivaciones que vienen afectando principalmente terrenos de cultivo y la carretera que une los distritos de San Luis y Yauya, el terreno se encuentra sobresaturado, generando algunos procesos como reptación de suelos. Se observan también procesos de erosión en surcos (cárcavas).
5. Los reactivaciones que se producen en el cuerpo del antiguo deslizamiento de San Luis, tienen como factores condicionantes o causas los siguientes: 1) Presencia de agua subterránea superficial, saturando rocas y suelos, 2) Naturaleza del substrato rocoso (rocas de mala calidad, falladas, muy fracturadas, diaclasadas y alteradas; presencia de mantos de carbón); 3) La naturaleza del material del antiguo deslizamiento (depósitos heterogéneos, medianamente consolidados, permeables); 4) La pendiente de la ladera (25-30%). Los procesos de reptación de suelos y erosión en surcos pueden ser

aceleradas por lluvias de gran intensidad (erosión superficial), presencia de manantes en la quebrada, y la erosión fluvial. Todos estos movimientos y/o procesos pueden ser acelerados por sismos, precipitaciones pluviales excepcionales y la acción del hombre (antrópica).

6. De lo anterior, la ciudad de San Luis, está afectada por un movimiento lento y constante, que viene afectando a gran parte de las viviendas e infraestructura (desagües, carreteras, etc.), evidenciándose en forma de agrietamientos, hundimientos y en algunos casos el colapso de estas.
7. Por lo expresado líneas arriba, el distrito de San Luis se encuentra en **peligro Inminente** por la presencia de deslizamientos y reptación de suelos que comprometen su estabilidad.

RECOMENDACIONES

Las recomendaciones principales están abocadas al drenaje de la zona:

1. Una de las principales medidas de estabilidad, a aplicar en este tipo de fenómenos, es el control del agua superficial y subterránea, que son sistemas tendientes a controlar el agua y sus efectos, disminuyendo fuerzas que producen movimiento y/o aumentando las fuerzas resistentes.
2. Realizar un levantamiento topográfico detallado a escala 1:5 000 de San Luis incluyendo el deslizamiento, herramienta que servirá para el desarrollo de las obras de estabilización recomendadas.
3. Para el control del agua superficial, se debe de buscar controlar la presión producida por las aguas subsuperficiales y regular las fluctuaciones del nivel freático, brindando estabilidad y garantizando la permanencia de las obras que se adelanten en la superficie del terreno, así como mejorando la aireación del suelo en favor de las coberturas vegetales; este control se hace a través de filtros o subdrenes interceptores, consistentes en zanjas rellenas de material filtrante y elementos de captación y transporte de agua (Ver Capítulo 4). Los diseños de las obras recomendadas deben ser realizadas por personal especializado.
4. Construir zanjas de coronación (impermeabilizadas) sobre la cabecera del deslizamiento, con la finalidad de coleccionar las aguas de las lluvias y drenarlas hacia una quebrada alterna o por canales de derivación, evitando que estas se infiltren en las grietas y escarpes. Ver Capítulo 4.
5. Construcción de zanjas de desvíos de aguas en los flancos del deslizamiento con la finalidad de coleccionar las aguas de las lluvias y las transporte hacia la parte externa del deslizamiento, de manera que no se vea afectado el deslizamiento propiamente dicho.
6. Se debe construir drenajes tipo espina de pez, con canales revestidos. Un primer canal en la parte superior con la finalidad de interceptar el escurrimiento en la zona de mayor pendiente (cambio de pendiente); el segundo canal en la parte media con la finalidad de evitar la infiltración de las aguas en la masa que se viene desplazando, las que podría detener en parte el avance de los deslizamientos. Los canales revestidos deben desembocar a un canal longitudinal con la finalidad de conducir el agua de escorrentía hacia el río Chacapata.
7. Construir subdrenajes longitudinales tipos A), C) y D), para captar las aguas subterráneas y reducir el nivel freático en el subsuelo, protegiendo así la ladera (Ver Capítulo 4).
8. En la parte baja o base del deslizamiento es necesario construir obras flexibles que se amolden a la deformación de los deslizamientos activos, estas obras pueden ser gaviones los cuales estarán impermeabilizados.
9. Se debe de canalizar el río Chacapata construyendo muros de gaviones para controlar el socavamiento causado en la margen izquierda, que viene debilitando la base del terreno y generando la inestabilidad.

10. Se deberá construir diques escalonados de madera en las cárcavas para controlar su avance. Ya colmatados estos diques se procederá a repoblar con árboles y/o arbustos como medida de estabilización.
11. Se deberá de controlar y cambiar constantemente las líneas de agua y desagüe que vienen siendo dañadas por el movimiento del terreno, evitando así que se siga infiltrando el agua en el subsuelo.
12. Capacitar y concientizar a los habitantes de San Luis sobre los peligros a los que están expuestos.
13. Se recomienda el uso de nuevas técnicas de conservación de tierras agrícolas: cultivos de contorno, barreras vivas, estacas, cultivos de cobertura (pastos), aislamiento de quebradas y cárcavas con fajas protectoras de vegetación ribereña, empleo de surcos de contorno o nivel en la zona comprometida por el fenómeno.
14. Se debe mejorar el método de construcción de las viviendas y entidades públicas, empleando para ello técnicas modernas recomendadas por SENCICO.
15. Se deberá de controlar y cambiar constantemente las líneas de agua y desagüe que vienen siendo dañadas por el movimiento del terreno, evitando así que se siga infiltrando el agua en el subsuelo y contribuya a los hundimientos y/o asentamientos de las viviendas. Una vez controlado el movimiento, se procederá a cambiar todo el sistema de agua y desagüe de San Luis.

REFERENCIAS

CASAGRANDE, A., (1936), Characteristics of cohesionless soils affecting the stability of slopes and earth fills, Contributions to soil mechanics: Boston Society of Civil Engineers, p. 1925-1940.

CRUDEN, D. M., VARNES, D. J., (1996) Landslide types and processes, en Turner, K., y Schuster, R. L., ed., Landslides investigation and mitigation: Washington D. C, National Academy Press, Transportation Research Board Special Report 247, p. 36-75.

FIDEL, L & VALENZUELA, G (1996), Inspección Geológico-Geodinámico del Deslizamiento de San Luis, Prov. C.F.Fitzcarrald-Dpto. Ancash. INGEMMET, 17 p.

Grupo GEMMA (PMA: GCA, 2007), Movimientos en Masa en la Región Andina: Una guía para la evaluación de amenazas. Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las comunidades Andinas, Canada, 404 p.

SUAREZ, J. (1998). Deslizamiento y estabilidad de taludes en zonas tropicales. Instituto de Investigaciones sobre Erosión y Deslizamientos. Bucaramanga, Colombia. 548 p.

WILSON J., REYES L. & GARAYAR J. (1995), Geología de los Cuadrángulos de Pallasca, Tayabamba, Corongo, Pomabamba, Carhuaz y Huari, escala 1:100 000 INGEMMET, Boletín, Serie A: 60, 64 p.

VARNES, D.J. (1978), Slope movements types and processes, en Schuster R.L., y Krizek R.J., ed, Landslides analysis and control: Washington D.C, National Academy Press, Transportation Research Board Special Report 176, p. 9-33.

LISTADO DE FOTOS, FIGURAS Y MAPAS

FOTOS

- Foto 01: En A se observa las Lutitas fuertemente intemperizadas de la formación Chicama, trocha San Luis-Cerro Potosí. En B los estratos de la formación Chicama, en la Carretera San Luis-Puente Suteq, tienen como medida N145° - 18°SW, que indica una estratificación en contra de la pendiente.
- Foto 02: Se observa los mantos de carbón de la formación Chimu
- Foto 03: Calizas de la formación Santa
- Foto 04: Se observa los depósitos del deslizamiento antiguo (Depósitos coluviales Q-co), sobre el cual se emplazó el poblado de San Luis, las flechas rojas delimitan dicho deslizamiento.
- Foto 05: Depósitos fluviales a lo largo del río Chacapata, mostrando pequeñas terrazas en ambos márgenes del río.
- Foto 06: Las flechas rojas demarcan la corona del deslizamiento antiguo y las flechas de color negro delimitan la corona de la reactivación del deslizamiento, constituyendo el derrumbe C-1.
- Foto 07: Las flechas rojas delimitan la cabecera del deslizamiento C-2 y la flecha punteada indica la orientación del movimiento del terreno.
- Foto 08: Medida de estrías para determinar el la dirección del movimiento, las flechas rojas demarcan el flanco derecho del deslizamiento C, en la ampliación se muestra en línea punteada la dirección de las estrías.
- Foto 09: a) Escarpes simultáneos, debido al movimiento del terreno, b y c son las medidas de desnivel y abertura generadas debido al movimiento del terreno.
- Foto 10: En la foto se observa el trazo de la carretera y el trazo final de la carretera desplazada 9.10 m, generando un desnivel de 3 m, las flechas rojas demarcan el flanco derecho del deslizamiento flujo C-2.
- Foto 11: Las flechas rojas demarcan el flanco izquierdo del deslizamiento C-2, se observa los antiguos trazos de las carreteras de 1983 y 2003 que en la actualidad presenta un desnivel de 14.30 m con relación a la carretera de 1983.
- Foto 12: Derrumbe C-3 en rocas de la Formación Santa (calizas).
- Foto 13: Caída de rocas E y F ubicadas al Suroeste de San Luis.
- Foto 14: Se observan los deslizamientos G-1, G-2 y G-3, y las direcciones del movimiento de terreno en líneas punteadas.
- Foto 15: Las imágenes A, B y C muestran los agrietamientos y desplazamientos que se dan en el centro educativo Badiali Marisoni.
- Foto 16: Se observan los deslizamientos H-1, H-2 y H-3, los cuales viene afectando viviendas, presentando agrietamientos y hundimientos.
- Foto 17: Vivienda afectada por el deslizamiento H-3, la abertura que presenta es de 0.08 m.
- Foto 18: Las flechas rojas marcan el flanco derecho del deslizamiento C que afecta la mitad de San Luis, presenta un desnivel de 0.20 m y la dirección de movimiento del terreno es N140°.
- Foto 19: Muro de gaviones del vivero Chuyayacu afectados por el deslizamiento C.
- Foto 20: En flechas de color negro se ve el deslizamiento antiguo, las flechas rojas muestran las reactivaciones, las flechas azules demarcan la corona de los derrumbes y también se pueden ver los procesos de carcavamiento y la dirección del movimiento del terreno en flecha punteada.
- Foto 21: En flechas de color negro se ven los antiguos deslizamiento, en flechas de color rojo se observan los deslizamientos activos (reactivaciones) con sus direcciones de movimiento del terreno, algunos derrumbes en flechas color azul, procesos de carcavamiento y por la coloración del terreno se observa la sobresaturación del terreno.
- Foto 22: Las flechas rojas indican los deslizamientos de P con sus respectivas direcciones de movimiento, las flechas azules indican los derrumbes y los procesos de carcavamiento en color verde.
- Foto 23: Se observan los deslizamientos P-1 y P-3 con sus direcciones de movimiento de terreno, en la base se observan los derrumbes (flechas azules) y en flechas negras el socavamiento producto de la erosión fluvial causada por el río Chacapata.

*“Evaluación Ingeniero – Geológica del deslizamiento de San Luis”
Provincia Carlos Fermín Fitzcarrald – región Ancash*

- Foto 24: Se observan los movimientos que se vienen dando de los deslizamientos inventariados Q, R, S
- Foto 25: En a) se observa la Casa Parroquial dañada, en b) se observa a detalle los esfuerzos y la dirección del agrietamiento. Plaza de armas de San Luis. L. Fidel 1996
- Foto 26: en la figura a) se observa vivienda agrietada y en b) además del agrietamiento presenta un combamiento en la pared. L. Fidel 1996.
- Foto 27: Desnivel plaza de armas de San Luis, producto de los esfuerzos existentes. L. Fidel 1996.
- Foto 28: En a) se observa el teatrín del colegio agrietado, en b) columnas afectadas debido al empuje del terreno y en c) las aulas de inicial completamente deterioradas. Centro Educativo Badiali Marisoni.
- Foto 29: En a) se observa las grietas en el comedor y en b) se muestra en flechas rojas evidencias de hundimiento en la vivienda ubicada en la Av. Fitzcarrald.
- Foto 30: Vivienda afectada por el deslizamiento H-3, la abertura que presenta es de 0.08m. Vivienda ubicada en la Av. Tupac Amaru.
- Foto 31: En a) y b) se observa el desnivel en la plaza de armas debido al movimiento del deslizamiento C, la grieta pasa toda la plaza de armas, afectando la casa parroquial y la Iglesia de San Luis.
- Fotos 32 y 33, se observa las partes y el proceso constructivo de un subdrén tipo D) con tubería cribada, material grueso (Grava) y geotextil, aplicado para drenaje longitudinal. El geotextil es permeable (Farfan et,al 2010).
- Foto 34: Combinación de muro de contención o contrafuerte en el pie de deslizamiento activo (con gaviones) y canalización de quebrada en la margen derecha (vista aguas arriba).

FIGURAS

- Figura 01: Detalle de una canaleta de drenaje superficial (tomado de INGEMMET, 2000).
- Figura 02: Detalle una canaleta de drenaje superficial (Zanjas de coronación).
- Figura 03: Detalle de zanjas de coronación para el control de aguas superficiales en un talud.
- Figura 04: Esquema de planta de canales colectores espina de pescado con canales en gradería
- Figura 05: Detalle de un canal rápido de entrega
- Figura 06: Canal de entrega con gradas de disipación.
- Figura 07: Disposición de zanjas en un talud (Tomado de INGEMMET, 2000)
- Figura 08: Tipos de subdrenes interceptores (Adaptado de Suárez, 1992)
- Figura 09: Esquema del subdrén Tipo A) material de filtro y tubo colector.
- Figura 10: Modelo de tubo ranurado (cribado) y posición en profundidad. La caja receptora también puede estar a los extremos dependiendo de la ruta de evacuación.
- Figura 11: Diagrama de un subdrén 100% sintético, tipo F.
- Figura 12: Esquema general de colocación de un subdrén de penetración.
- Figura 13: Subdrén de penetración diseñado para captar solamente en la punta interior
- Figura 14: Ejemplos de subdrenes de pantalla
- Figura 15: Ejemplos de subdrenajes con muros de contención.

MAPAS

- Mapa 01: Ubicación.
- Mapa 02: Geológico.
- Mapa 03: Movimientos en Masa.
- Mapa 04: Dirección de Movimiento.
- Mapa 05: Recomendaciones.

ANEXO

Informe Técnico 1996

A 5075

INGEMMET
ARCHIVO TECNICO
CODIGO: A 5075
FECHA: 09/07/99

REPÚBLICA DEL PERÚ

SECTOR ENERGÍA Y MINAS

INSTITUTO GEOLOGICO MINERO Y METALÚRGICO

DIRECCION GENERAL DE GEOLOGIA

RESUMEN

1. INTRODUCCION

2. INSPECCION GEOLOGICO-GEODINAMICO DEL

3. ASPECTOS INGENIERIA GEOLOGICA

DESLIZAMIENTO DE SAN LUIS

4. ALTERNATIVAS DE SOLUCION

CONCLUSIONES PROV. C. F. FISTZCARRAL - DPTO. ANCASH

RECOMENDACIONES

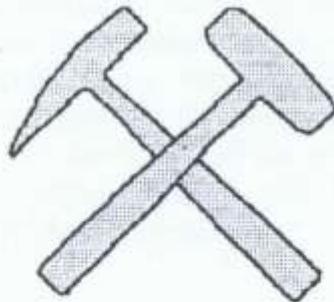
FOTOGRAFIAS

POR:

MAPAS

LIONEL FIDEL SMOLL
GERMAN VALENZUELA ORTIZ

MANUALES



LIMA-PERU

DIRECCION DE GEOTECNIA

ABRIL 1996

SUMARIO

El 19 de Marzo de 1963, una brigada de especialistas en Riesgos Geológicos, del Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET), se hizo presente en San Luis (Departamento de Ancash) a solicitud del Instituto de Defensa Civil (INDEC) para efectuar el diagnóstico Geológico-Geotécnico de la zona que se ampara dicha ciudad.

RESUMEN

1. INTRODUCCION	1
2. ASPECTOS GEOLOGICOS	1
3. ASPECTOS INGENIERO-GEOLOGICOS.....	2
4. ALTERNATIVAS DE SOLUCION	3
CONCLUSIONES	4
RECOMENDACIONES	5

FOTOGRAFIAS

MAPAS

MANUALES

La medida más efectiva para solucionar este problema es diseñar y construir sistemas de drenaje tanto superficiales como subterráneos; dentro de los primeros se encuentran canales de captación y conducción revestidos con mortero (piedra y cemento) y dentro de los segundos las zanjas drenantes tipo dren francés. En el caso de las bocaninas el drenaje debe ser controlado tanto en interior como en superficie conduciendo las aguas hasta los colectores principales. Complementando estos trabajos con la forestación del área drenante, mediante la protección de arroyos.

RESUMEN

INSPECCION GEOLOGICO-GEODINAMICO DEL DESLIZAMIENTO

El 19 de Marzo de 1996, una brigada de especialistas en Riesgos Geológicos, del Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET), se hizo presente en la ciudad de San Luis (Departamento de Ancash) a solicitud del Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI) para efectuar el diagnóstico Geológico-Geodinámico del área donde se emplaza dicha ciudad.

Los problemas que afronta San Luis son originados por un antiguo deslizamiento en proceso de reactivación, mediante un movimiento lento e imperceptible, lo cual trae como consecuencia que en algunas edificaciones y en la Plaza de Armas de la ciudad, se produzcan fuertes agrietamientos.

La morfología del área corresponde a una zona deslizante, donde son observables cuatro sectores: a) de arranque (bocaminas), b) subducción o hundimiento (Yahuarcocha), c) zona de combamiento (donde está ubicado San Luis) y d) pie del deslizamiento (margen izquierda del río San Luis o Chacapata).

Las reactivaciones del deslizamiento son producto de la saturación y sobrecarga del suelo y roca, por las aguas de precipitación pluvial e infiltraciones de estas, por el uso de inadecuados sistemas de conducción de riego (canales sin revestir) y mal drenaje de las aguas provenientes de las labores de la Mina La Perla (paralizada).

La medida más efectiva para solucionar éste problema es diseñar y construir sistemas de drenaje tanto superficiales como subterráneos; dentro de los primeros se encuentran canales de captación y conducción revestidos con mortero (piedra y cemento) y dentro de los segundos las zanjas drenantes tipo dren francés. En el caso de las bocaminas el drenaje debe ser controlado tanto en interior mina como en superficie conduciendo las aguas hasta los colectores principales. Complementando estos trabajos con la forestación del área deslizante, mediante la plantación de eucaliptos.

La dirección y buzamiento del plano de estratificación es de $N31^{\circ}O - 25^{\circ}SO$, siendo de buzamiento contrario al bienal. Las rocas son alteradas por 4 principales familias de fracturamiento: $N33^{\circ}O-89^{\circ}NE$, $N58^{\circ}E-62^{\circ}NO$, $N77^{\circ}O-50^{\circ}NE$ y $N75^{\circ}E-62^{\circ}NO$. Una falla regional se localiza en la cabecera del deslizamiento ($N25^{\circ}O-80^{\circ}NE$), Foto 1.

En la actualidad, el deslizamiento comprende también a suelos colapsados, compuestos por grujas bien gradadas (GW), de color (tono) oscuro en estado húmedo y beige en estado seco, con óxidos laminares y cilíndricos, angulosos de naturaleza sedimentaria (principalmente cuarzos, feldes, feldes carbonosos).

INSPECCION GEOLOGICO-GEODINAMICO DEL DESLIZAMIENTO DE SAN LUIS

(PROV. DE FITZCARRALD - DPTO. DE ANCASH)

1. INTRODUCCION:

Con Oficio N° 2331 INDECI /ONP 8.2, el 07/03/96, el Jefe del Instituto Nacional de Defensa Civil, solicitó a INGEMMET, como miembro del Sistema Nacional de Defensa Civil, su apoyo técnico para efectuar un Diagnóstico Geológico-Geodinámico de la Ciudad de San Luis. Atendiendo a dicha solicitud, la Alta Dirección del INGEMMET dispuso el viaje a la zona problema, de una brigada de especialistas, entre los días 18 al 22 de Marzo del presente.

Los problemas en el área de San Luis son generados por un antiguo deslizamiento en proceso de reactivación, donde el movimiento es extremadamente lento a lento. Ubicándose la ciudad en la zona de combamiento del fenómeno, donde generalmente se producen grietas de tensión (agrietamientos observables en la Plaza de Armas).

En el área del problema, desde 1972, se vienen realizando varios estudios, pero ninguno de carácter definitivo.

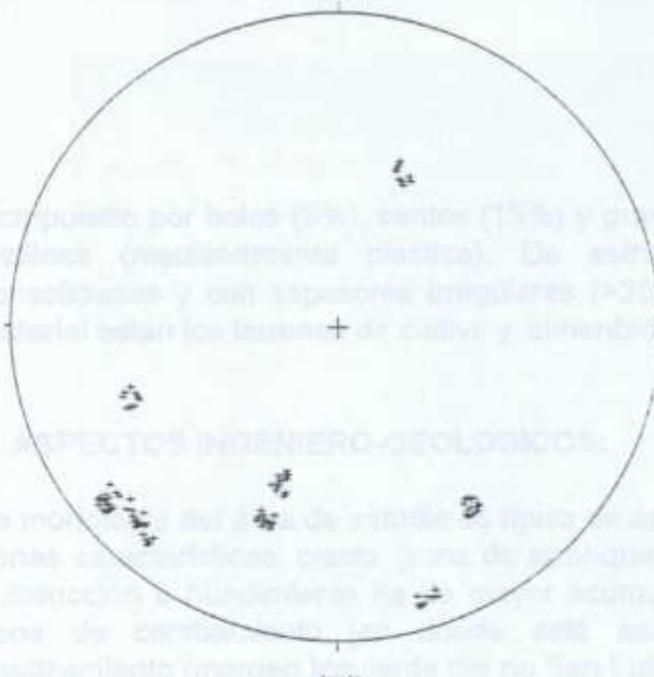
2. ASPECTOS GEOLOGICOS:

El deslizamiento compromete rocas sedimentarias de la Formación Chicama: areniscas cuarzosas de tonalidades blanquecinas que se presentan en bancos de 0.80 - 1.00 m, fracturadas, moderadamente meteorizadas, falladas, con resistencias entre 100 a 1000 kg/cm², alternadas con areniscas lutáceas, lutitas carbonosas y lodolitas en capas 0.02 a 0.15 m, muy meteorizadas, muy fracturadas, fisibles, húmedas, de resistencia entre 25 a 60 kg/cm² y mantos de carbón molidos y húmedos. Foto 5.

La dirección y buzamiento del plano de estratificación es de N31°O - 25°SO, siendo de buzamiento contrario al talud. Las rocas son afectadas por 4 principales familias de fracturamiento: N38°O-69°NE, N58°E-62°NO, N70°O-50°NE y N75°E-82°NO. Una falla regional se localiza en la cabecera del deslizamiento (N28°O-80°NE). Foto 1.

En la actualidad, el deslizamiento compromete también a suelos colapsados, compuestos por gravas bien gradadas (GW), de color marrón oscuro en estado húmedo y beige en estado seco, con clastos laminares y cilíndricos; angulosos de naturaleza sedimentaria (areniscas cuarzosas, lutitas, lutitas carbonosas).

DESPLAZAMIENTO DE SAN LUIS
NORTH



EQUAL AREA PROJECTION

DESPLAZAMIENTO DE SAN LUIS (ANCASH) ESTACION E01
DESPLAZAMIENTO DE SAN LUIS (ANCASH) ESTACION E01

120 Points
120 Points
240 Points Total

Symbol

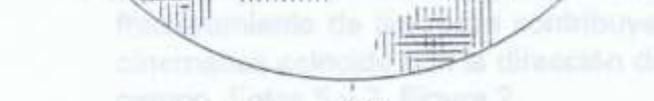
PIE y letra letters

3. ASPECTOS INGENIERO-GEOLÓGICOS.

La morfología del relieve de esta zona se caracteriza por ser una zona de colinas bajas, con alturas que oscilan entre 200 y 300 metros sobre el nivel del mar. El relieve es suave y no presenta grandes pendientes. La zona de estudio se encuentra en la zona de colinas bajas de la zona de San Luis y por el desplazamiento (imagen tomada desde el cerro San Luis a Chacabambas). Foto 1 y 2.

El desplazamiento comienza del tipo rotacional cuando las fallas de gran escala comienzan a moverse. Los bloques de terreno comienzan a moverse contra la pendiente. En esta época se intensifica la producción de movimientos lentos, como se puede observar en la zona de estudio y comprobamos el desplazamiento de las rocas, que se ve en la morfología actual.

Las zonas de inclinación se deben a la subsistencia y subsistencia de las zonas de inclinación y a la inclinación de las rocas y suelos. La zona de inclinación se debe a la inclinación de las rocas y suelos.



LEGEND (for first 4 intervals)
1-4
5-8
9-10
11-12
13-14
15-16
17-18

240 Points
Contour Method: Schmitt (1925)
Counting Area: 0.010
Contour Interval: 20 Points per 10 Area
Maximum Contours: 22

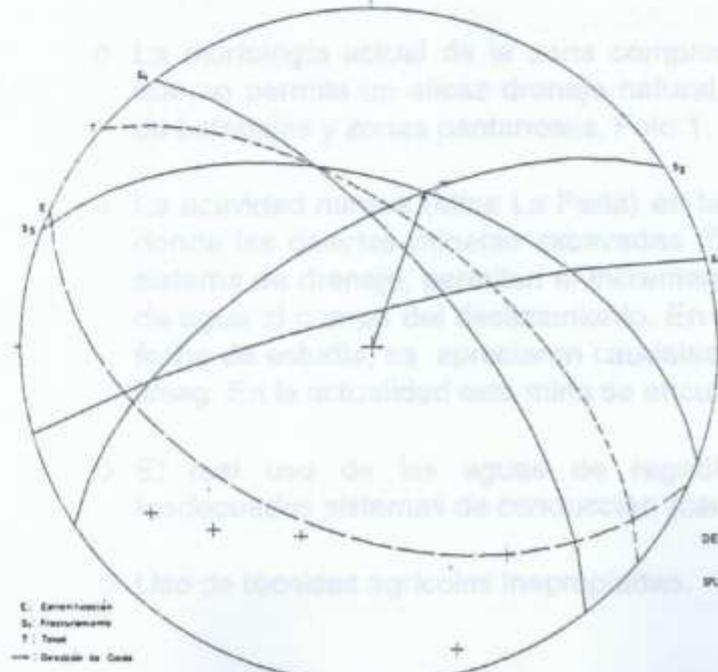
NOTE: Contour Patterns Repeat Every 4 Intervals

El desplazamiento de las rocas contribuye a la inclinación de las rocas y suelos en la zona de estudio. Foto 2.

La inclinación actual de las rocas comprobada por el desplazamiento, permite un eficaz drenaje natural, dando lugar a la formación de zonas pantanosas y zonas pantanosas.

La actividad más reciente (La Pared) es la cabecera del desplazamiento, donde las rocas se encuentran en un estado de equilibrio. Si no contar con un buen sistema de drenaje, se produciría un aumento de volúmenes apreciables de agua subterránea. En la galería "El Polvorín", en la zona de estudio se observan caudales de escorrentía entre 1 a 2 m³/seg. En la actualidad se observa un desplazamiento.

El uso de las aguas de riego (riego por gravedad), a través de sistemas de conducción, ha permitido el cultivo de diversas especies agrícolas.



E: Embarcadero
S: Aserradero
T: Torre
C: División de Cose

EQUAL AREA PROJECTION
DESPLAZAMIENTO DE SAN LUIS

PIE y letra letters

ANÁLISIS CINEMÁTICO
MODELO DE RUPTURA

Symbol
Points
Points Total

Fig. 2

Compuesto por bolos (5%), cantos (15%) y gravas (60%) en una matriz arenociliosa (medianamente plástica). De estructura masiva, medianamente consolidados y con espesores irregulares (>20.0 m por sectores). Sobre este material están los terrenos de cultivo y cimentada parte de la ciudad. Foto 4.

3. ASPECTOS INGENIERO-GEOLOGICOS:

La morfología del área de estudio es típica de áreas deslizantes, con sus cuatro zonas características: cresta (zona de arranque del deslizamiento: bocaminas), subducción o hundimiento (la de mayor acumulación de agua: Yahuarcocha), zona de combamiento (en donde está asentada San Luis) y pie del deslizamiento (margen izquierda del río San Luis o Chacapata). Plano 1, Figura 1, Fotos 1 y 2.

El deslizamiento primario del tipo rotacional ocurrió cuando los paquetes de areniscas cuarzosas, lutitas y mantos de carbón colapsaron, a pesar de buzar contra la pendiente, bien en una época de intensa precipitación o de movimientos sísmicos, coadyuvados por el fallamiento existente, el intenso fracturamiento y comportamiento diferencial de las rocas; generando la morfología actual.

Las posteriores reactivaciones se deben: a la saturación y sobrecarga producidas por las fuertes precipitaciones y a las infiltraciones en roca y suelos de las aguas de los bofedales existentes en el cuerpo del deslizamiento, aunadas a:

- ◇ Intenso fracturamiento y agrietamiento de los materiales: El fracturamiento de las rocas contribuye a la formación de cuñas, cuya cinemática coincide con la dirección de los esfuerzos localizados en el campo. Fotos 5 y 7, Figura 2.
- ◇ La morfología actual de la zona comprometida por el deslizamiento, que no permite un eficaz drenaje natural, dando lugar a la formación de bofedales y zonas pantanosas. Foto 1.
- ◇ La actividad minera (Mina La Perla) en la cabecera del deslizamiento; donde las galerías mineras excavadas (5), al no contar con un buen sistema de drenaje, permiten el incremento de volúmenes apreciables de agua al cuerpo del deslizamiento. En la galería "El Polvorín", en la fecha de estudio, se apreciaron caudales de escurrimiento entre 1 a 2 lt/seg. En la actualidad esta mina se encuentra paralizada.
- ◇ El mal uso de las aguas de regadío (riego por gravedad), e inadecuados sistemas de conducción (canales sin revestir).
- ◇ Uso de técnicas agrícolas inapropiadas.



infiltración y la erosión superficial.

b) De tipo subterráneo, como zanjas drenantes (tipo dren francés), que ayudan a captar y evacuar el agua de infiltración.

VISTA AEREA DEL DESLIZAMIENTO DE SAN LUIS

En el caso de las bovinas, el drenaje debe ser controlado permitiendo que sus conductos y sin obstruirlos (19 NOV. 62 - ESC. : 1/25,000) en superficie hasta los conductos principales.

El drenaje superficial incluye la construcción de curvetas longitudinales con desagüe en el río San Luis o Chacapala (aprovechando dos quebradas de drenaje natural, A y B) y zanjas de drenaje perforadas periódicamente. Ver Plano 2.



Deslizamiento reactivado

Deslizamiento antiguo

Es importante evitar la protección de las taludes afectadas mediante forestación, porque además de evitar la erosión tiene un efecto de drenaje, ya que la evapotranspiración y la misma absorción de agua por las plantas de crecimiento rápido (succulias), desecan apreciablemente el suelo y sus raíces le dan mayor cohesión, otro trabajo a realizar es el sellado de grietas con material arcilloso.

Fig. 1

En la actualidad, producto de su reactivación el deslizamiento, es lento, comprometiéndolo a terrenos de cultivo y a sectores de la ciudad, encontrándose fuertes agrietamientos en algunas viviendas y locales comunales, así como desplazamientos verticales muy notorios en la Plaza de Armas de San Luis. Fotos 8, 9, 10, 11 y 12.

4. ALTERNATIVAS DE SOLUCION:

Las soluciones al problema presentado pueden ser extremadamente variadas, pero estas deben ser adaptadas a las circunstancias locales (costos, mano de obra, materiales).

En éste sentido los sistemas de drenaje (captación y conducción), aunados a su bajo costo, representa la medida más efectiva para solucionar los problemas de San Luis.

Se recomienda los drenajes porque aumentan la estabilidad del área de dos formas: disminuye las fuerzas de filtración a través de la masa inestable, pero también, al descender la napa freática, introduce efectos de cohesión dentro de la misma masa. Todo esto altera la distribución interna de los esfuerzos de manera que, casi siempre, es favorable.

Los drenajes recomendados, serán:

- a) De tipo superficial: canales revestidos con mortero (piedra y cemento), que captan las aguas de escurrimiento superficial, impidiendo su infiltración y la erosión superficial.
- b) De tipo subterráneo: como zanjas drenantes (tipo dren francés), que ayudan a captar y evacuar el agua de infiltración.

En el caso de las bocaminas, el drenaje debe ser controlado permitiendo que sea continuo y sin obstáculos, tanto en interior mina como en superficie hasta los colectores principales.

El drenaje superficial incluye la construcción de cunetas longitudinales con desagüe en el río San Luis o Chacapata (aprovechando dos quebradas de drenaje natural: A y B) y transversales que deben ser mantenidas periódicamente. Ver Plano 2.

Es importante efectuar la protección de los taludes afectados mediante forestación, porque además de evitar la erosión tiene un efecto de drenaje, ya que la evaporación y la misma absorción de agua por las plantas de crecimiento rápido (eucalipto), desecan apreciablemente el suelo y sus raíces le dan mayor cohesión, otro trabajo a realizar es el sellado de grietas con material arcillolimoso.

CONCLUSIONES:

- La ciudad de San Luis está siendo afectada por la reactivación de un deslizamiento rotacional de movimiento extremadamente lento a lento, que afecta a rocas y suelo, y compromete su seguridad física.
- La causa principal de la inestabilidad lo constituyen la infiltración de las aguas de precipitación pluvial y los volúmenes apreciables de agua que drenan de las galerías mineras abandonadas hacia la zona problema.
- La reactivación del deslizamiento compromete a sectores de la ciudad, sin afectar seguridad física del área total que ocupa, al extremo de tener que reubicarla, como se ha sido propuesto en otros estudios; siempre y cuando se realicen las obras de drenaje necesarias para estabilizar el fenómeno.

RECOMENDACIONES:

- Realizar las obras de drenaje necesarias para estabilizar el fenómeno (Plano 2), para lo cual se debe contar con un Estudio Geológico-Geotécnico e Ingeniería de Detalle, que contemple el diseño de los drenajes propuestos como las medidas de estabilización más apropiadas y que incluirá el Ordenamiento Territorial (Planificación Urbana) del área de San Luis.
- Al reiniciarse las labores mineras en la Mina Perla, se recomienda el control del sistema de drenaje en interior mina, así como de los sistemas de voladura, de forma tal, que no tengan incidencia en la zona problema.
- Como una medida complementaria se recomienda la forestación del área del deslizamiento, mediante la plantación de eucaliptos.
- Se recomienda el uso de nuevas técnicas de conservación de tierras agrícolas: cultivos de contorno, barreras vivas, estacas, cultivos de cobertura (pastos), aislamiento de quebradas y cárcavas con fajas protectoras de vegetación ribereña, empleo de surcos de contorno o nivel en la zona comprometida por el fenómeno.
- Se debe mejorar el método de construcción de las viviendas y edificios públicos, empleando para ello las técnicas recomendadas por la Universidad Católica y SENCICO, en zonas de similares características. Se adjunta folletos explicativos.

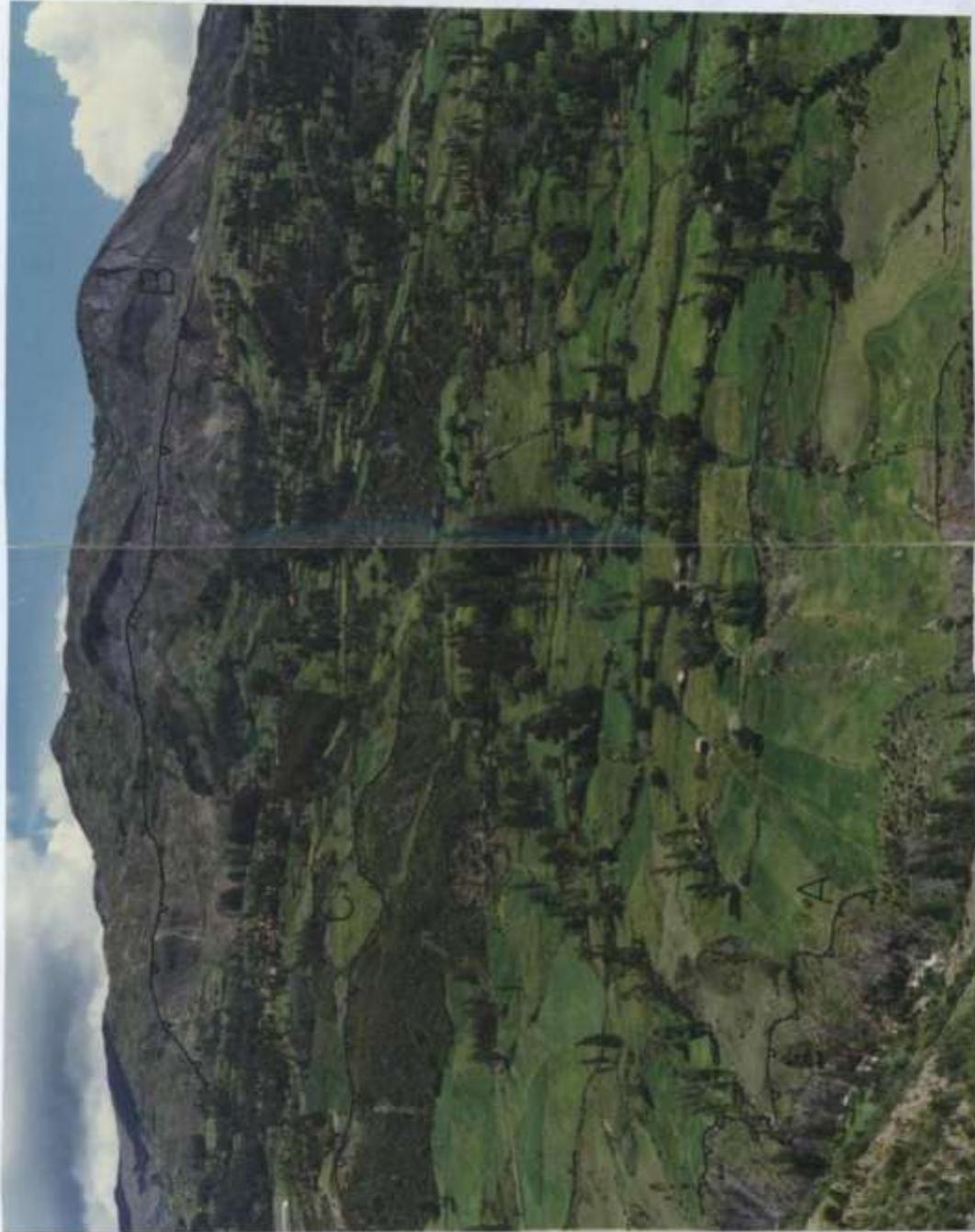


Foto 1: Deslizamiento de San Luis: Se observa la cresta del deslizamiento antiguo y sus reactivaciones: en la parte inferior los empujes hacia el río San Luis (A), al fondo la traza de la falla regional (B) y el pueblo de San Luis (C).

Foto 2: Fracturamiento del Cauce del río San Luis en el sector de San Luis: observados en fricción de las fallas de San Luis.



Foto 2: Escalonamientos en la parte Este del deslizamiento de San Luis (A) y canchas de labores antiguas (B).



Foto 3: Reactivaciones al Oeste del cuerpo del deslizamiento, la vegetación observable es producto de las filtraciones de agua.



Foto 4: Talud de corte de la trocha carrozable hacia la Mina La Perla. Obsérvese los materiales que constituyen el depósito coluvio-proluvial.



Foto 5: Estado de las areniscas cuarzosas en el deslizamiento. Bocamina



Foto 6: Agua ácida descargando hacia el cuerpo del deslizamiento, desde la bocamina "Polvorín"



Foto 7: Filtraciones en rocas muy fracturadas y meteorizadas (lutitas carbonosas).



Foto 8: Fuertes agrietamientos en el local Parroquial (Plaza de Armas). A: Detalle en Foto 9.



Foto 9: A: Se observa los esfuerzos y la dirección del agrietamiento (ventana)



Foto 11: Detalle de la vivienda anterior. A: combamiento de la pared y agrietamientos.

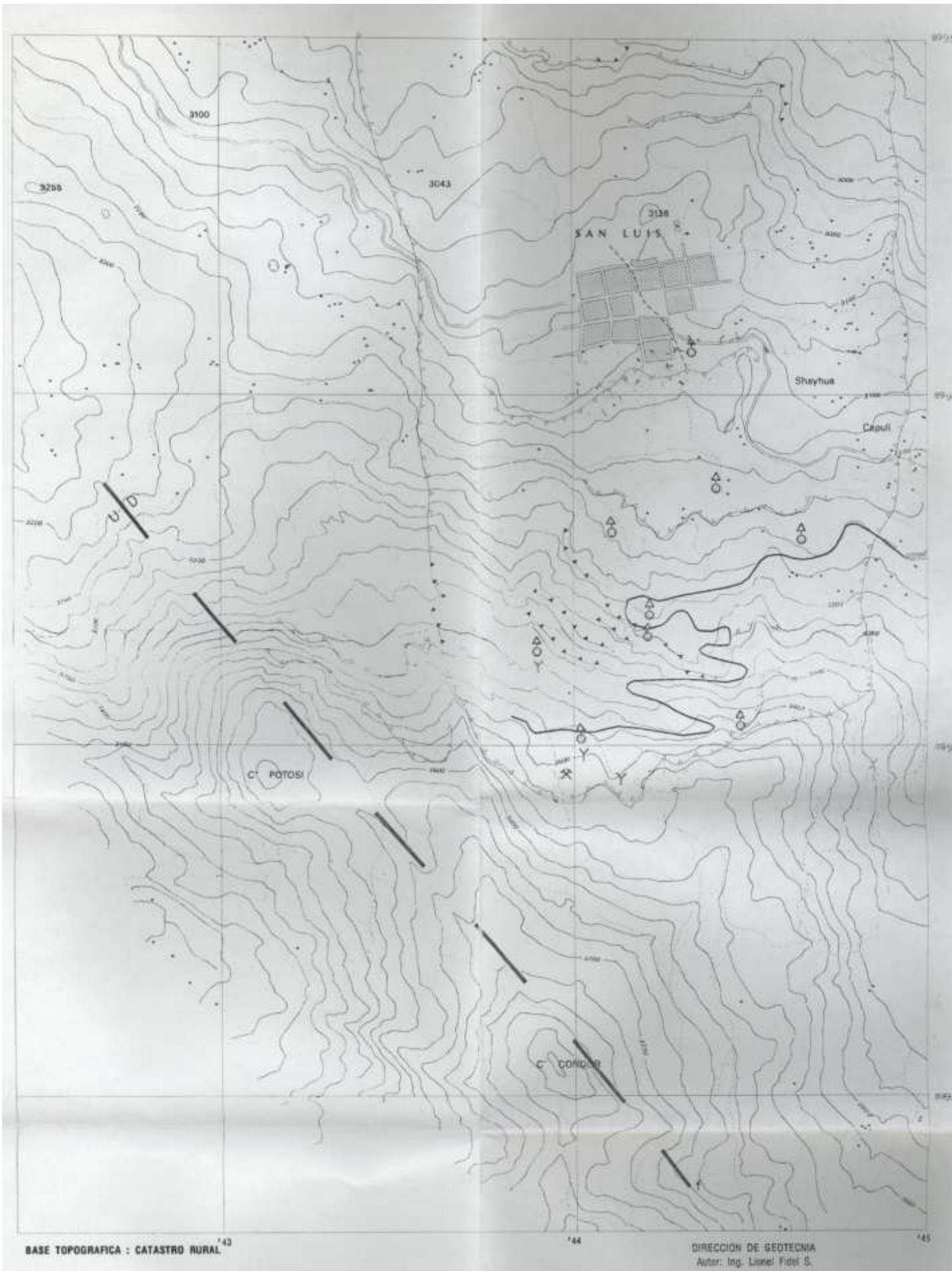


Foto 10: Fuertes agrietamientos en vivienda abandonada a la entrada a San Luis.

Foto 12. Detalles observados en la Plaza de Armas de San Luis producidos en los procesos anteriores.

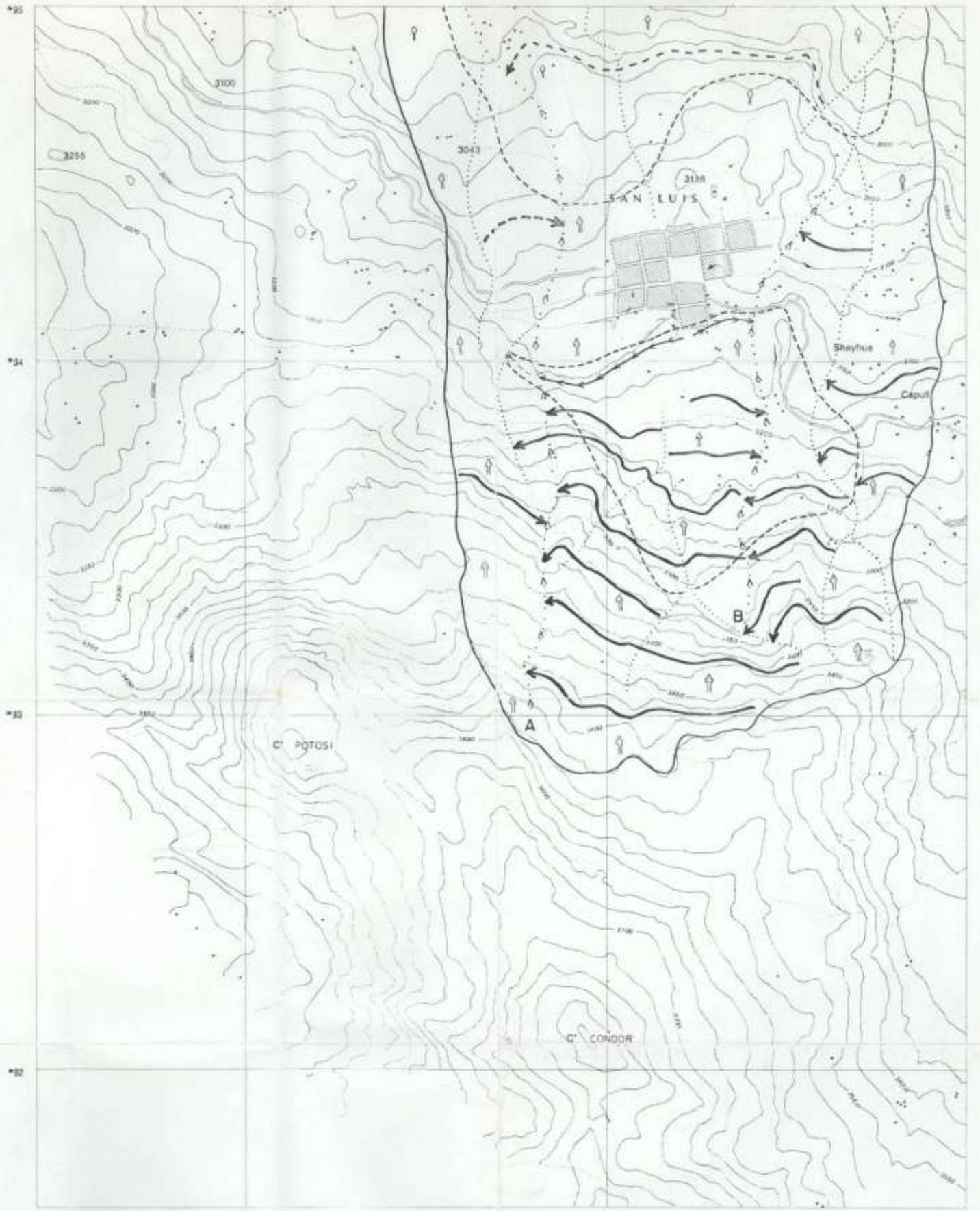


Foto 12: Desnivel observado en la Plaza de Armas de San Luis, productos de los empujes existentes.



BASE TOPOGRAFICA : CATASTRO RURAL

DIRECCION DE GEOTECNIA
Autor: Ing. Lancel Fidal S.



BASE TOPOGRAFICA : CATASTRO RURAL '43

DIRECCION DE GEOTECNIA
 Autor : Ing. Lionel Fidel S.