

Informe Técnico N° A 6780

# EVALUACIÓN GEOLÓGICA Y GEODINÁMICA DEL DESLIZAMIENTO ACTIVO LLAMACANCHA

Distrito Zurite  
Provincia Anta  
Región Cusco



POR:

BRIANT GARCÍA FERNÁNDEZ BACA

NOVIEMBRE  
2017

SECTOR ENERGÍA Y MINAS  
**INGEMMET**  
INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

# EVALUACIÓN GEOLÓGICA Y GEODINÁMICA DEL DESLIZAMIENTO ACTIVO LLAMACANCHA

Distrito Zurite, Provincia Anta, Cusco

## 1. INTRODUCCIÓN

El Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET), como ente técnico-científico, incorpora dentro de los proyectos de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (DGAR), el apoyo y/o asistencia técnica al gobierno nacional, regional y locales. Su alcance consiste en contribuir con las entidades gubernamentales en el reconocimiento, caracterización y diagnóstico de los peligros geológicos en sus territorios, con la finalidad de proporcionar opinión técnica, además de proponer medidas a implementar en prevención y mitigación ante la ocurrencia de desastres.

El Gobierno Regional Cusco a través del Proyecto especial regional del Instituto de Manejo de Agua y Medio Ambiente (IMA) solicitó a nuestra institución mediante Oficio N°0500-2017-GR CUSCO-PER IMA/DE, la evaluación de riesgo en la cuenca del río Ramuschaca – Zurite, Anta, Cusco. El INGEMMET, por intermedio de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico - DGAR, comisionó al Ing. Briant García Fernández Baca, especialista en movimientos en masa, para realizar las evaluaciones ingeniero - geológicas en los sectores previamente mencionados, la cuales se realizaron los días del 06 al 07 de noviembre del presente año, previa coordinación con personal del Instituto de Manejo de Agua y las autoridades locales de Zurite.

Las tareas desarrolladas en dicha comisión consistieron en una reunión con las autoridades locales y los técnicos del IMA, así como una visita de campo a la subcuenca del río Ramuschaca, visita a la corona del deslizamiento de LlamaccanCHA e inspección técnica geológica a lo largo de toda la quebrada Ramuschaca. En dicha inspección se presentaron los planes de prevención y mitigación, por movimientos en masa y estabilidad de taludes. Por último, se tomaron algunos datos de campo y registro fotográfico.

## 2. ANTECEDENTES-TRABAJOS PREVIOS

Se revisaron informes y reportes realizados anteriormente en la zona de inspección, los que sirvieron como base fundamental para el análisis de riesgos geológicos en este sector, entre los cuales se detallan los siguientes:

- Expediente técnico de Infraestructura del Proyecto: “Instalación y mejoramiento de los servicios de protección ante aluviones en la microcuenca de Ramuschaca del distrito Zurite, provincia Anta – región Cusco”. Realizado por el Gobierno Regional Cusco, Proyecto Especial Regional, Instituto de Manejo de Agua y Medio Ambiente (IMA), con la finalidad de realizar las obras de estabilidad de taludes que se inició en el 2014.
- Artículo: “Geología y Geodinámica del deslizamiento y flujos de detritos que afectaron Zurite-Cusco (2010)”. Realizado por Ronald Concha, Víctor Carlotto, José Cárdenas, Briant Garcia y Igor Astete. XV Congreso Peruano de Geología (2010).
- Informe Técnico: Geología y Geodinámica en la Quebrada Qenqo: Aluviones que afectaron Zurite-Cusco (2010). Emitido por la Dirección de Geología Regional del INGEMMET. Donde se evalúa el peligro por aluviones post evento aluviónico del año 2010 en la quebrada Ramuschaca (Qenqo).

- Informe: Estimación de Riesgo en la localidad de Zurite Anta-Cusco, elaborado por el Ing. Milton Ochoa del Ministerio de Cultura Cusco (2011). Donde se analiza el riesgo y vulnerabilidad del Distrito de Zurite Cusco por movimientos en masa.

### 3. ASPECTOS GENERALES

Los días 28 de enero, 6 y 13 de febrero del 2010 ocurrieron una serie de procesos geológicos que afectaron el distrito de Zurite (figura 01). Se inició como un deslizamiento en el flanco sureste del cerro Llamacancha, el que posteriormente generó un flujo de detritos que llegó a cruzar de manera violenta la localidad de Zurite, dejando a su paso muchos daños en las construcciones ubicadas en las márgenes del cauce del río.

Morfológicamente, Zurite se emplaza sobre un abanico aluvial a una altura de 3400 m.s.n.m.; el cual se encuentra relleno por depósitos aluviales y fluviales, tal como se encuentra descrito en el mapa geológico de INGEMMET (Carlotto *et al.*, 1996 y 2010) (figura 02).

En la zona del deslizamiento, la litología consiste en rocas intrusivas muy fracturadas muy inestables con presencia de agua, siendo susceptibles a generar movimientos en masa. Estructuralmente, Benavente *et al.*, 2013 pone en evidencia la falla geológica activa de Zurite, que está relacionada directamente con la zona del deslizamiento de Llamacancha.

Durante la visita a campo el día 06 de noviembre, en compañía del representante de INDECI del municipio de Zurite, se hizo un reconocimiento previo a la zona; en el segundo día de campo, se realizó la evaluación técnica con presencia de técnicos del IMA-Cusco del Gobierno Regional del Cusco, quienes vienen ejecutando obras de mitigación y prevención a lo largo de la subcuenca del río Ramuschaca. En ambas jornadas de campo, se pudo observar obras como terrazas o banquetas, disipadores de energía, bocatomas, cancha de lodos y sistemas de drenaje. Sin embargo, la preocupación principal se centra en el cerro Llamacancha, exactamente en el cuerpo del deslizamiento del 2010, donde, a pesar de realizar obras de estabilidad de taludes se observan algunas grietas tensionales, derrumbes y reptación de suelos.

Culminada la evaluación se llegó a la conclusión de que se deben realizar obras complementarias para asegurar la estabilidad de dicho deslizamiento, consideradas ya en el expediente técnico del Gobierno Regional, lo cual permitirá culminar con las etapas de reducción de riesgo para la localidad de Zurite.



Figura 1: Imagen Google Earth donde resalta la ubicación de la zona de estudio evaluada.

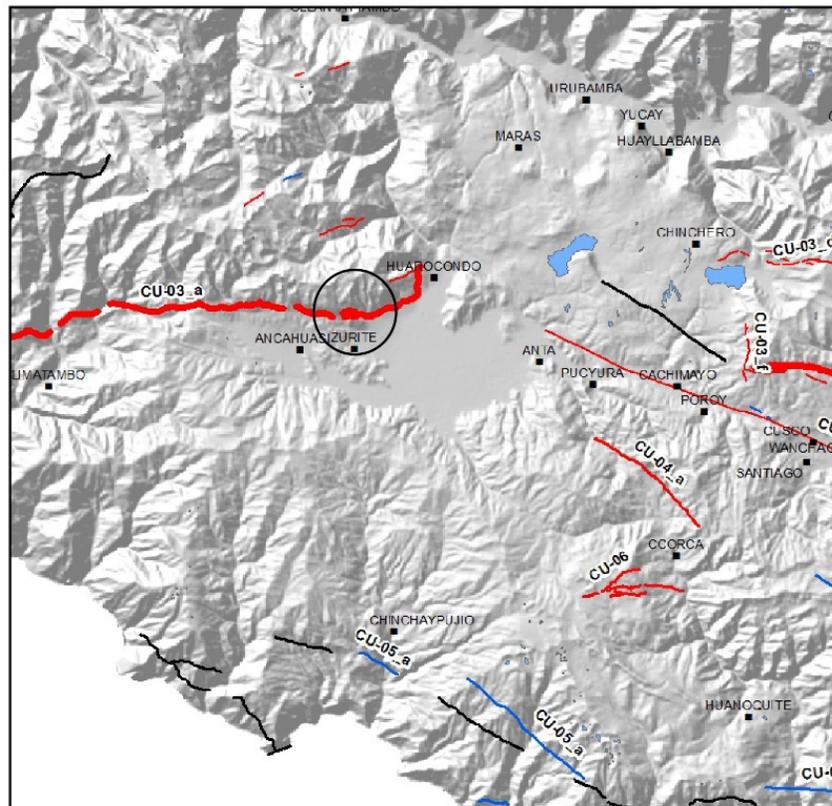
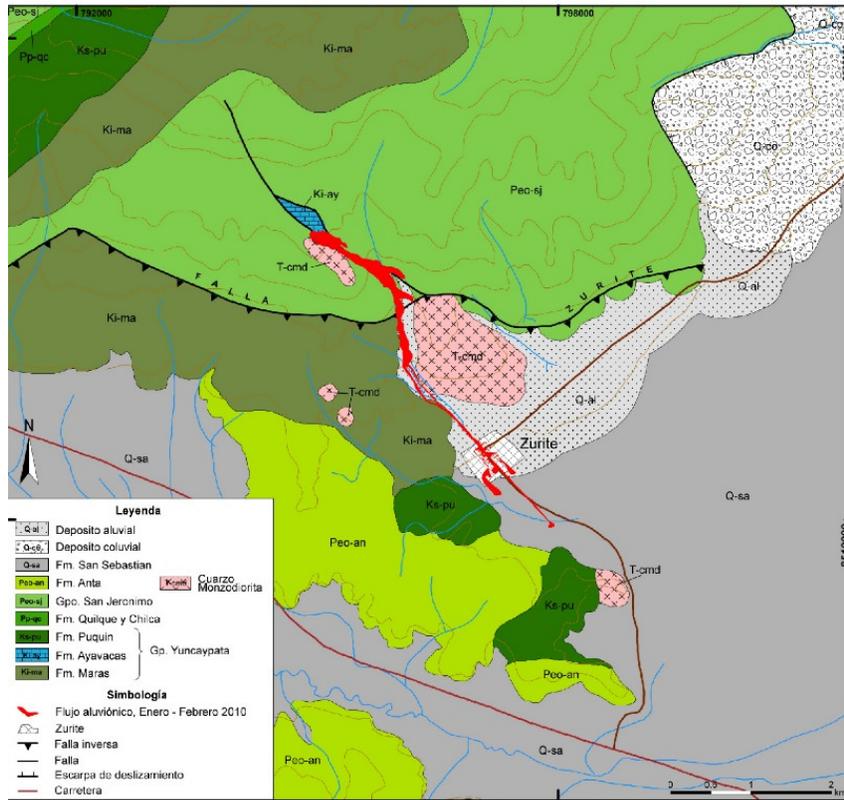


Figura 02. Arriba: mapa geológico (Tomado de Carlotto *et al*, 2010. Abajo: detalle del mapa Neotectónico de la Región Cusco, evidenciando la falla geológica activa de Zurite (Benavente *et al*, 2013).

## **4. PELIGROS GEOLÓGICOS**

### **4.1 DESLIZAMIENTO DE LLAMACANCHA**

Según Carlotto *et al.*, (2010), el fenómeno de movimiento en masa del año 2010 fue de tipo compuesto, es decir, un deslizamiento que se transformó en un flujo de detritos que afectaron a Zurite hasta en tres oportunidades. Por otro lado, Valderrama y Rosado en el 2010, identifican el Cerro Llamacancha como la zona de arranque del flujo compuesto. Las escarpas del deslizamiento principal se hallan en la margen derecha de la quebrada Ramuscancha, en la cabecera del cerro Llamacancha. Este lugar corresponde a un antiguo deslizamiento que afectó principalmente rocas intrusivas muy fracturadas y alteradas, así como a depósitos coluviales que favorecieron el movimiento. Adicionalmente, en la parte alta existen algunos manantes y humedales que fueron destruidos por el deslizamiento. Los materiales deslizados se transformaron en flujos que descendieron por la quebrada en distintos momentos y con intensidades variadas, afectando principalmente la zona urbana de Zurite.

### **4.2 ESTADO ACTUAL DEL DESLIZAMIENTO DE LLAMACANCHA**

Luego de la evaluación de campo, se ha observado los siguientes detalles sobre su estado actual y su relación con la posibilidad de realizar obras complementarias en el deslizamiento Llamacancha, sugerido por el IMA Cusco.

- El deslizamiento Llamacancha presenta grietas tensionales de hasta cinco metros de longitud en su corona principal, con un desnivel de hasta 30 cm, dichas grietas incluso formaron un pequeño derrumbe encima de la última banquetta construida para estabilizar el deslizamiento (figura 3c).
- Las obras de estabilidad de taludes, construidas a finales del anterior año (banquetas o terrazas), muestran en la mayoría de ellas, grietas y asentamientos ocasionados por la falta de drenajes superficiales e impermeabilización ante la ocurrencia de precipitaciones.
- Las obras de estabilidad de taludes (banquetas o terrazas) fueron construidas dentro del cuerpo del deslizamiento, en material rocoso ígneo altamente fracturado; se conoce que del expediente técnico solo fue ejecutado el 10% de estas banquetas, siendo realizadas solo las de la parte superior del cerro Llamacancha (figura 3).
- En los alrededores del deslizamiento se observa infiltraciones de aguas subterráneas, presencia de manantes y ojos de agua que no se encuentran canalizadas aún.
- En la zona deslizada y alrededores se observa reptación de suelos.
- El cerro Llamacancha, aún con la pérdida de material por el deslizamiento, conserva una pendiente moderada.
- El material deslizado y redepositado en la zona proximal del deslizamiento, al pie de este, presenta rasgos de reptación de suelos.

Del análisis del expediente técnico presentado por el Gobierno Regional Cusco para la prevención y mitigación de peligros por movimientos en masa, considerando únicamente el deslizamiento de Llamacancha y alrededores, se debe resaltar lo siguiente:

- Se hizo un tratamiento en una superficie del deslizamiento de 4.78 has.

- La curva hipsométrica señala que la subcuenca del río Ramuschaca es joven con presencia de factores geológicos que lo condicionan.
- Los caudales del río medidos para el año 2010 de forma directa e indirecta señalan caudales de tiempos de retorno de 50 años.
- Las precipitaciones pluviales en el año 2010, superaron los 880 ml.
- Las terrazas fluvio-aluviales ubicadas al pie del deslizamiento muestran al menos tres eventos aluviónicos que en total suman un volumen cercano a los 2'000,000 de metros cúbicos.
- Las mediciones microtectónicas coinciden con el sistema de fallas regional que a su vez tienen relación con el plano de falla del deslizamiento de Llamacancha. Asimismo, los datos de dirección y buzamiento en las familias de fracturas tienen relación con la dirección de la falla geológica local.
- El valor de la permeabilidad a lo largo de la falla es moderado.
- El deslizamiento se encuentra dentro de un cuerpo ígneo altamente fracturado y alterado por el contacto fallado del cuerpo intrusivo con calizas de la Formación Ayabacas.
- El deslizamiento tiene forma semi elíptica con un área de 39 900 m<sup>2</sup> y un volumen aproximado de 200 mil m<sup>3</sup> de material inestable.
- El factor morfológico o de pendiente del cerro Llamacancha llega a 32°, lo cual es un rasgo importante a considerar para trabajos de estabilización.
- El factor estructural en el deslizamiento está evidenciado en el alto fracturamiento en la roca intrusiva que lo contiene. Este fracturamiento con RQD de menos de 5%, lo asemejaría a suelos gravosos arenosos con escasa cohesión.
- El factor litológico está representado por un cuerpo intrusivo alterado y altamente fracturado por la tectónica local; la alta fracturación de esta roca lo hace un factor muy importante a considerar (figura 3b).
- El desencadenante principal es la alta saturación de agua en un cuerpo altamente fracturado, ubicado en una geoforma con pendiente media y afectado por una falla geológica activa.
- La geofísica elaborada con el método SEV (9 secciones en total) nos indica que aún existe material altamente fracturado saturado en agua, íntimamente relacionado con la falla geológica (figura 3b).

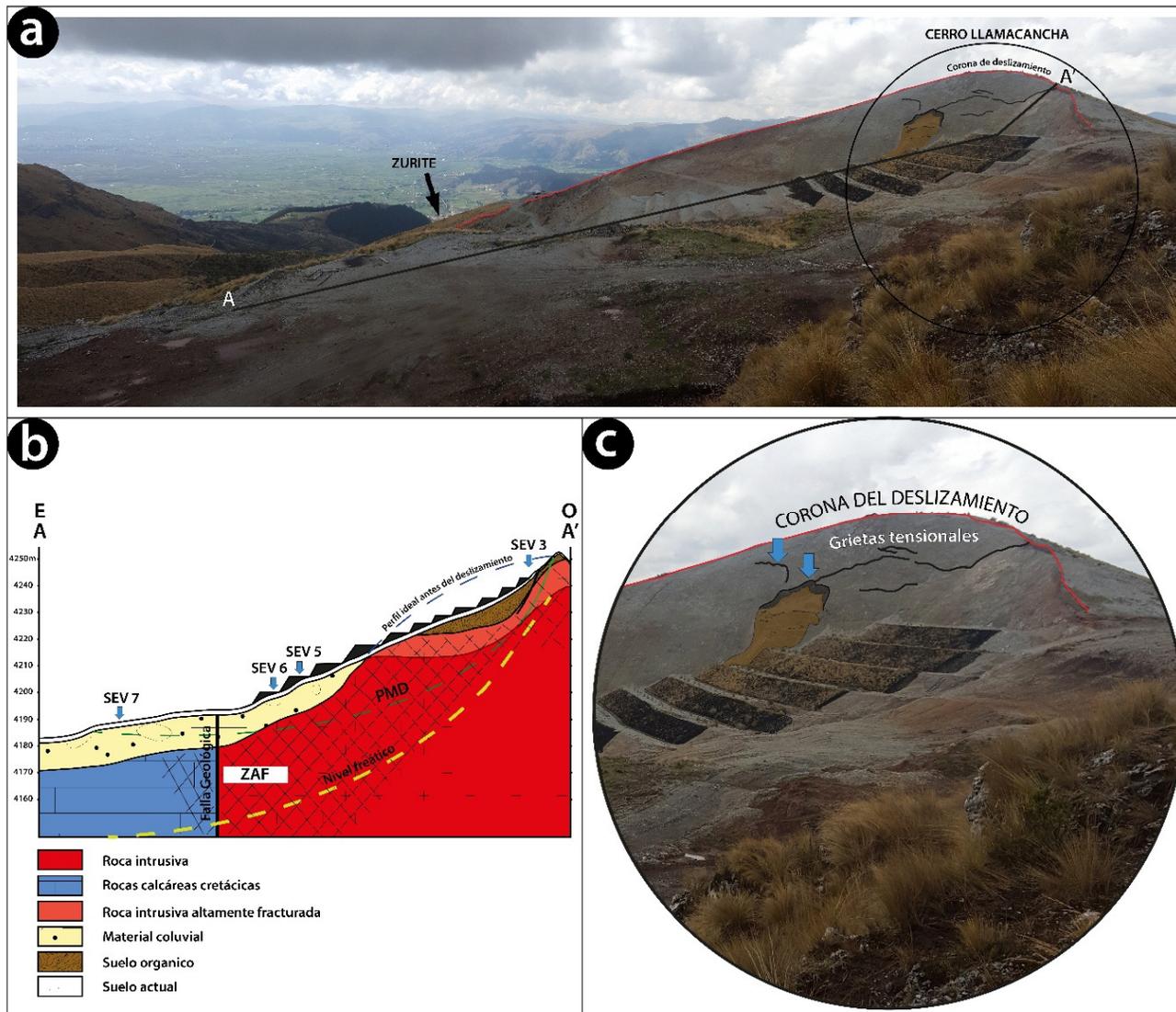


Figura 03. a) Vista al sur del deslizamiento del cerro Llamacancha; corona de deslizamiento marcado con una línea roja y la presencia de banquetas para la estabilidad del talud. La línea negra AA' que corresponde a la sección-perfil (b) y en círculo negro la zona actualmente afectada. b) Sección-perfil AA' con dirección EO, basado en la topografía y geofísica obtenida del expediente técnico del IMA. Se observa la ubicación de puntos de sondeo eléctrico vertical (SEV), la falla geológica, el perfil idealizado pre-deslizamiento, el perfil modelado del plano de deslizamiento (PMD), la línea del nivel freático observado en la geofísica y la zona altamente fracturada (ZAF) debido al comportamiento de cizalla de la falla geológica. c) Detalle de la zona más afectada en la actualidad del cerro Llamacancha, observe el registro de movimientos en masa más pequeños asociados a grietas tensionales ubicados a escasos metros de la corona del deslizamiento.

## 5. CONCLUSIONES SOBRE LA POSIBILIDAD DE DESEMBALSE DEL RÍO MANTARO EN LA LOCALIDAD DE CUENCA

Por lo observado en campo y lo detallado en el presente informe se puede concluir que:

- Las obras de estabilidad de taludes propuestos en el expediente técnico del Gobierno Regional, se encuentran amenazadas por la aún actividad del deslizamiento, la cual podría ser de mayor importancia en época de precipitaciones (diciembre-marzo); esto se evidencia en las grietas tensionales observadas en la corona del deslizamiento, la cantidad de material fracturado en la zona y el espesor de suelo reportado en los estudios de geofísica.
- Si bien es cierto, el deslizamiento de Llamacancha no ha presentado otras reactivaciones desde el año 2010, el aumento de precipitaciones pluviales y/o precipitaciones excepcionales, podrían generar su reactivación.
- Las grietas tensionales identificadas cerca de la corona del deslizamiento, nos indican algunas reactivaciones producto principalmente de la combinación de factores morfológicos (pendiente moderada), factores antrópicos (construcción de banquetas a la base) y litológicos (roca altamente fracturada), que combinadas con el ingreso de aguas superficiales vienen desestabilizando esta parte del talud.
- La falla geológica Zurite, es una continuación de la falla geológica activa de Tambomachay, por lo que actualmente presenta sismicidad, siendo este último factor una clara evidencia de actividad de estas estructuras. El deslizamiento Llamacancha, por su ubicación, se encuentra en una zona de cizalla relacionada a esta falla.
- Mediante la prospección geofísica se evidencia que el nivel freático se encuentra a una profundidad promedio de 30 metros, lo que lo hace más importante y peligroso por todo el volumen saturado en agua que contiene el cerro Llamacancha (figura 3b).
- El alto grado de fracturamiento (ZAF) (figura 03b) del macizo rocoso intrusivo, está íntimamente relacionado con la falla geológica, presentando un mayor fracturamiento al sur de la falla, al ser el buzamiento de la falla el sur, esta genera la zona de debilidad en esta zona.
- Litológicamente el afloramiento de calizas cretácicas hace que estas se comporten a manera de acuíferos que almacenan importantes cantidades de agua, creando aún más una zona altamente saturada en agua en épocas de lluvias.
- Considerando la existencia de grietas tensionales, cantidad de agua, litología y comportamiento del deslizamiento se infiere un modelo de plano de deslizamiento (PMD), que finalmente delimita un volumen de material colapsable bastante importante de aproximadamente 200 000 m<sup>3</sup>. Sin embargo, el factor pendiente reduce este volumen a ~125 000 m<sup>3</sup> de material que podría colapsar en caso se den las condiciones para la ocurrencia de un nuevo deslizamiento.

## RECOMENDACIONES

- Realizar un cartografiado litológico al detalle en el cerro Llamacancha y alrededores, con la finalidad de obtener mejor información geológica para la implementación de obras de mitigación y prevención.
- Obtener un mejor mapa topográfico a detalle con métodos modernos y exactos (Lidar, RPAS, Imágenes satelitales) para el análisis de pendientes y su relación con el tipo de suelo y roca, además de la obtención de otras zonas vulnerables.
- **Ampliar las obras de “balconería” en el cerro Llamacancha, especialmente en longitud, para garantizar la estabilidad de todo el cuerpo del deslizamiento y no solo del interior del cuerpo, tal y como se muestra en la figura 4.**
- Mejorar las obras de balconería ya realizadas con un sistema de drenaje superficial capaz de captar las aguas de las precipitaciones pluviales con tiempos de retorno muy amplios (50 a 25 años) (Figura 04).
- Reducir a una planicie la corona del deslizamiento, extrayendo el material (EM) encima de la banqueta superior (B1) tal y como se muestra en el modelo esquemático de la figura 4, con la finalidad de quitar carga de material altamente fracturado y agrietado que puedan afectar a las banquetas ubicadas inmediatamente debajo.
- Realizar zanjas de coronación y **cunetas impermeabilizadas**, que eviten la infiltración de aguas de escorrentía. Las obras de drenaje son importantes para que las banquetas cumplan con su función.
- Reforestar con plantas autóctonas y evitar utilizar los suelos ubicados en la parte superior del deslizamiento y alrededores para cultivos.
- **Realizar las obras de mitigación y prevención de riesgos lo más pronto posible**, considerando la proximidad a la época de precipitaciones pluviales en la zona, con la finalidad de reducir la vulnerabilidad y evitar posibles pérdidas humanas y materiales.
- Realizar un monitoreo permanente del deslizamiento y alrededores, reportando a los entes involucrados cualquier suceso o actividad anómala.
- A mediano plazo se recomienda realizar diques con sistema de alcantarillado en la quebrada que conserva material del flujo deslizado del 2010, para estabilizar dicho tramo, que en la actualidad presenta algunos pequeños deslizamientos.
- Cualquier obra de estabilidad de taludes en el deslizamiento deberá tener en consideración todo lo anteriormente detallado, para que se garantice el éxito de una estabilidad de un deslizamiento que presenta muchos factores por analizar.

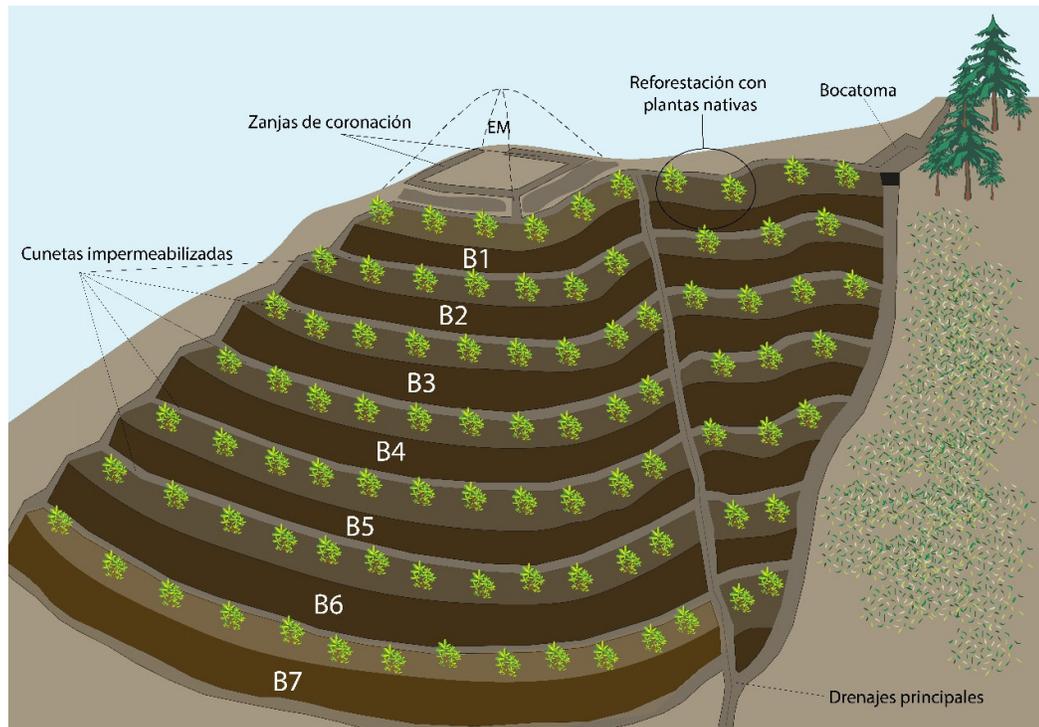


Figura 4. Modelo esquemático de obras de estabilidad de taludes por desarrollarse en el cerro Llamacancha.

## REFERENCIAS

- Carlotto, V., Gil, W., Cárdenas, J., & Chàvez, R. (1996). Geología de los cuadrángulos de Urubamba y Calca. Hojas 27-r y 27-s. Inst. Geol. Min. Metal. Bol. Ser. A: Carta Geol. Nac., 65, 245 p.
- Carlotto, V., Concha, R., Cardenas, J., García, B., Villafuerte, C. (2010). Geología y Geodinámica en la quebrada Genqo: aluviones que afectaron Zurite-Cusco (2010). Informe Técnico INGEMMET. 23 p.
- Benavente, C., Delgado, G., Taipe, E., Laurence, A., Pari., W. (2013). Neotectónica y peligro sísmico en la Región Cusco. INGEMMET. Boletín Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, n. 55, 261 p., 2013.
- Valderrama, P. & Rosado, M. (2011). Inspección Geológica al Deslizamiento de Zurite 28 de enero de 2010, Distrito de Zurite, Provincia de Anta, Región Cusco. Informe técnico A6557 – INGEMMET.