

Informe de inspección 02

# LAGUNA SALKANTAYCOCHA



**INAIGEM**  
INSTITUTO NACIONAL DE  
INVESTIGACIÓN EN GLACIARES Y  
ECOSISTEMAS DE MONTAÑA

**Elaborado por:**

Ing. Oscar Vilca Gómez  
Especialista en Hidrología y Glaciología

Integrantes de la segunda inspección realizada del 28 de febrero al 02 de marzo

Ing. Jesús Gómez López  
Ing. Alexzander Santiago Martel  
Ing. Harrison Jara Infante  
Ing. Oscar Vilca Gómez  
Blgo. Israel Aragón Romero  
Guarda Parque Isaías Navarrete Quintanilla

Ing. Victor Bustinza Urviola  
Coordinador

Oficina Desconcentrada Macro Región Sur  
Instituto Nacional de Investigación en Glaciares  
y Ecosistemas de Montaña – INAIGEM  
Ministerio del Ambiente

# INFORME DE INSPECCIÓN DE LA LAGUNA SALKANTAYCOCHA

## 1. Antecedentes

El domingo 23 de febrero del 2020 aproximadamente a las 14:42 hrs. se produce el desprendimiento de un bloque de roca desde la zona alta del nevado Salkantay (5,600 msnm), el desprendimiento constituido por una mezcla de rocas y bloques de hielo llegan a depositarse en un zona entre la laguna Salkantaycocha y el Abra Salkantay, un porcentaje del mismo llega a impactar en la laguna produciendo oleajes que ocasionó el aluvión, el primer sector en ser afectado fue Wayraqmachay aproximadamente a las 14:45 hrs.

El 25 de febrero un especialista de la ODMRS del INAIGEM se constituye a la laguna Salkantaycocha emitiendo un primer informe de los sucesos.

Del 28 de febrero al 02 de marzo, un segundo equipo de especialistas del INAIGEM y el SERNANP se dirigen a la zona de interés con la finalidad de realizar el mapeo y reconocimiento de zonas de peligro.

## 2. Objetivo

Evaluar la situación de la laguna Salkantaycocha

## 3. Ubicación

Se ubica en la cabecera de la cuenca Salkantay, perteneciente a la cuenca Urubamba. Políticamente se ubica en el distrito de Santa Teresa, provincia de La Convención del departamento de Cusco, ver Figura 1.

Geográficamente sus coordenadas UTM / WGS84 son: Este - 763,307 y Norte - 8,523,695

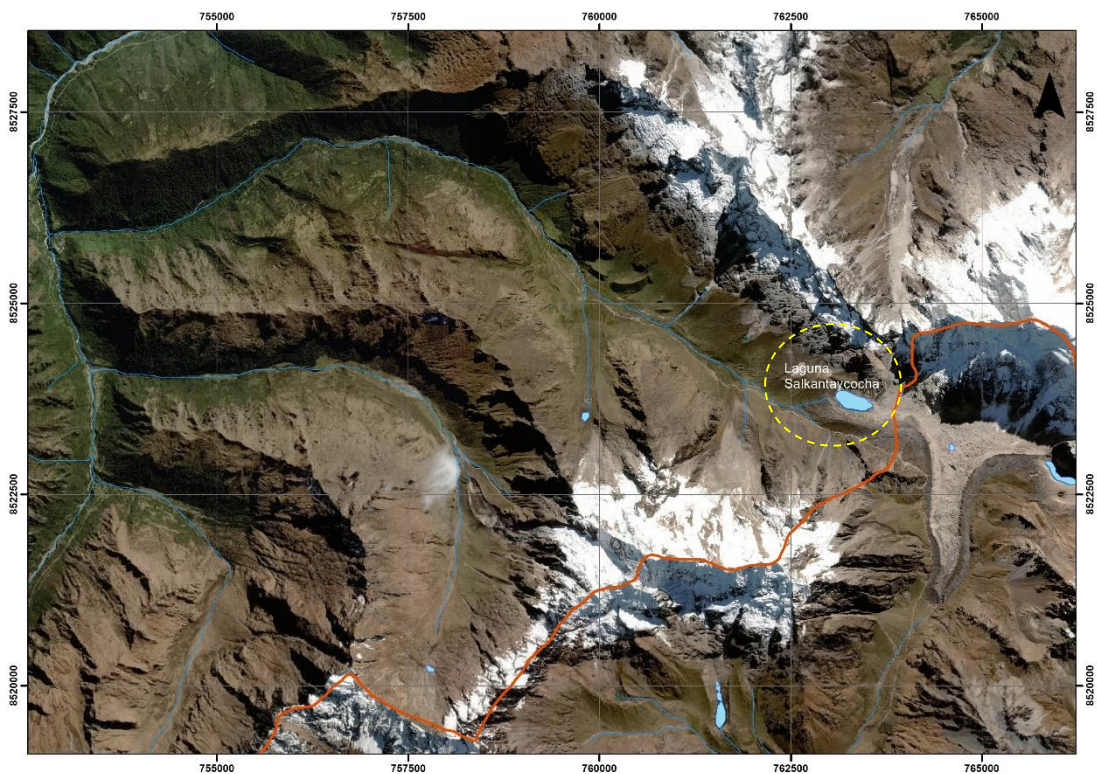


Figura 1. Ubicación de la laguna Salkantaycocha (Fuente: Elaboración propia)

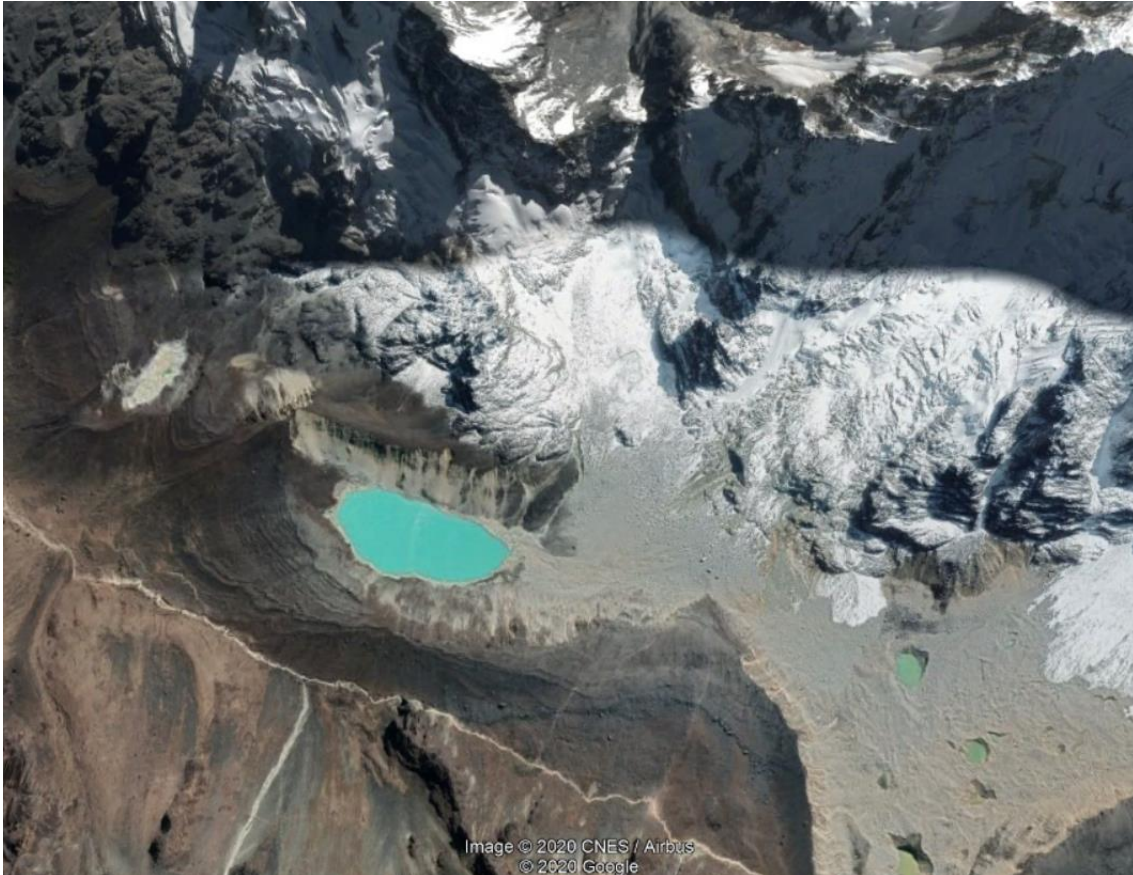
#### 4. Resultados de la inspección inmediata realizada el 24 de febrero del 2020.

##### 4.1 Laguna Salkantaycocha

Es una laguna de origen glaciar situada a 4,500 msnm; ocupa una cubeta que dejó el glaciar durante su retroceso, sus características antes del evento fueron:

Largo	: 506 m
Ancho	: 211 m
Área	: 79,308 m <sup>2</sup>

Esta laguna se encuentra flanqueada en su totalidad por depósitos morrénicos (Ver Figura 2), y su principal fuente de abastecimiento proviene del derretimiento de los glaciares del nevado Salkantay.



**Figura 2.** Imagen satelital de la laguna Salkantaycocha (Fuente: Google Maps).

El entorno de la laguna Salkantaycocha muestra evidencias claras de alteraciones en la superficie del agua, como es el cambio de coloración, también en la dinámica de los taludes internos, aspecto que se corrobora con la observación de deslizamientos y caída de rocas con relativa frecuencia (ver Figura 3).

En la zona posterior y entre el flanco izquierdo es posible apreciar una cantidad significativa de escombros, dispuestos en mayor proporción fuera del vaso lagunar.



**Figura 3.** Imagen de la laguna desde la zona posterior hacia aguas abajo, se observan los flancos izquierdo y derecho con marcadas zona de deslizamientos, así también en primer plano se observa la presencia de escombros, arena y lodo (Fuente: INAIGEM/O.Vilca – 25.02.2020).

La zona frontal que cumple la función de dique natural, está compuesta en su integridad por depósitos morrénicos, aquí se observan marcas que dejó el agua durante el salto u oleaje, sobrepasando los ~15 metros de borde libre (aproximadamente) (Ver Figura 4).



**Figura 4.** Zona frontal, se observa la huella del flujo de agua que sobrepasó la cota de rebose, también la erosión producida en la cara exterior (Fuente: INAIGEM / O.Vilca – 25.02.2020)

La zona posterior de la laguna se muestra con visibles signos de alteración en la superficie, con mayor presencia de escombros, arena y lodo. Esta zona es un depósito de detritos, con la frecuente caída de rocas y hielo proveniente de los frentes glaciares, la zona se encuentra sobresaturada, a la vez cumple la función de dissipador de energía amortiguando así la velocidad de las rocas antes que lleguen a impactar al espejo de agua (Ver Figura 5).



**Figura 5.** Vista de la zona posterior con presencia de abundante escombros, al momento de la inspección se observó caída de roca y hielo desde el frente glaciar (Fuente: INAI GEM / O.Vilca – 25.02.2020)

## **4.2 Descripción de los sucesos**

### ***Avalancha mixta***

Con origen en la cara sur del sector oeste del nevado Salkantay, aproximadamente entre los 5,600 y 5,400 msnm (Ver Figura 6). El desprendimiento de roca y hielo cae en forma vertical y luego se desplaza sobre el glaciar, este último cumple la función de una rampa de hielo debido a que posee una pendiente muy elevada, generando así la energía suficiente para alcanzar un desplazamiento de hasta 1.7 km.

Se estima la caída de un volumen de roca y hielo de aproximadamente 400 mil metros cúbicos, siendo roca más del 90% (Datos preliminares).



**Figura 5.** Zona de origen de la avalancha mixta, se observan las líneas paralelas en la pared rocosa que indican el proceso de fricción ejercido durante el desprendimiento (Fuente: Benito Moncada 24.02.2020).

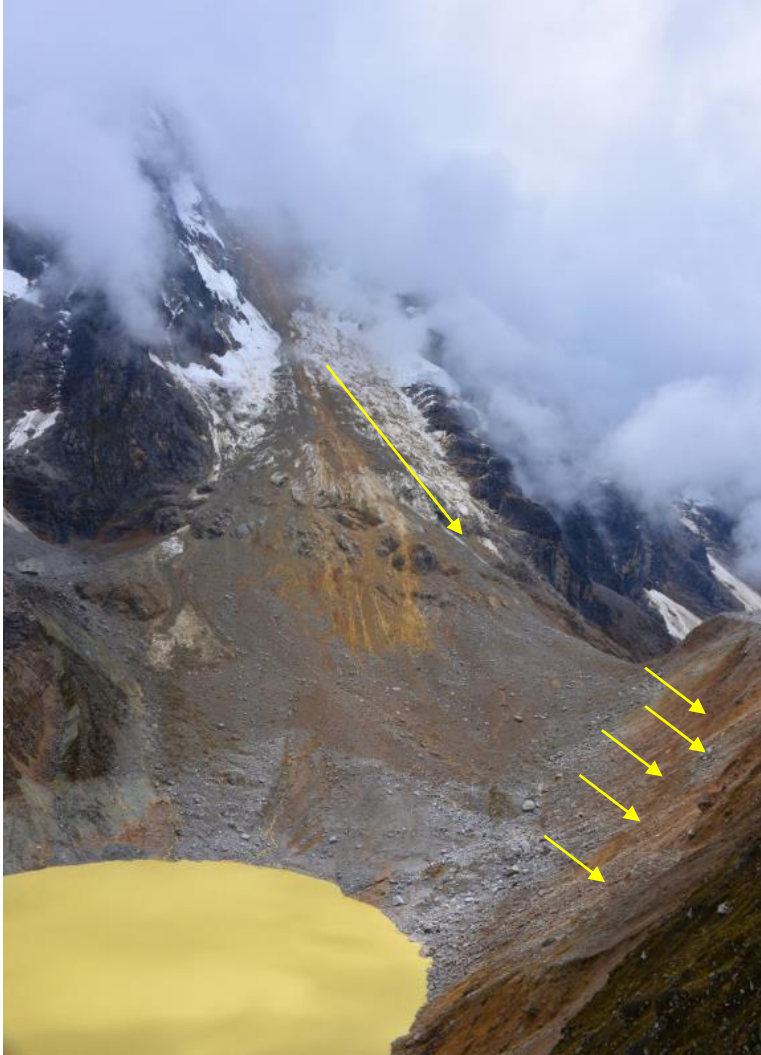
El volumen de escombros de la avalancha mixta, según la línea de flujo principal, se deposita entre la zona posterior de la laguna Salkantaycocha y sobre la línea del divorcio de aguas.



**Figura 6.** Línea de flujo de la avalancha y zona principal de depósito de escombros (Fuente: Benito Moncada – 24.02.2020)

### ***Impacto en la laguna y generación del oleaje***

Se plantea la hipótesis que un porcentaje menor del volumen total de escombros ingresa a la laguna, presumiblemente rocas de volumen considerable (De hasta 12 metros de diámetro), algunos de ellos impactan en el talud interior del flanco izquierdo causando deslizamientos, los mismos que aún se visibilizaron al momento de la inspección, el impacto de este volumen de escombros sobre el espejo de agua ocasiona el movimiento del agua y oleajes sucesivos dentro del vaso, siendo presumiblemente tres olas los que superan la cota de rebose del dique natural.



**Figura 7.** Se aprecia zonas significativamente alteradas en el talud interior del flanco izquierdo de la laguna, esto nos permite asumir la hipótesis sobre el impacto de los escombros (Fuente: INAIGEM / O.Vilca – 25.02.2020)

La dirección del flujo hidrodinámico llega ligeramente hacia la derecha del dique natural, zona donde se observa el mayor impacto con un deslizamiento de magnitud considerable y en constante dinámica, tal como se evidenció al momento de la inspección, se observó continuos desprendimientos de roca y material morrénico (Ver Figura 8).





**Figura 8.** Dirección del flujo durante el oleaje (Fuente: INAIGEM / O.Vilca – 25.02.2020)

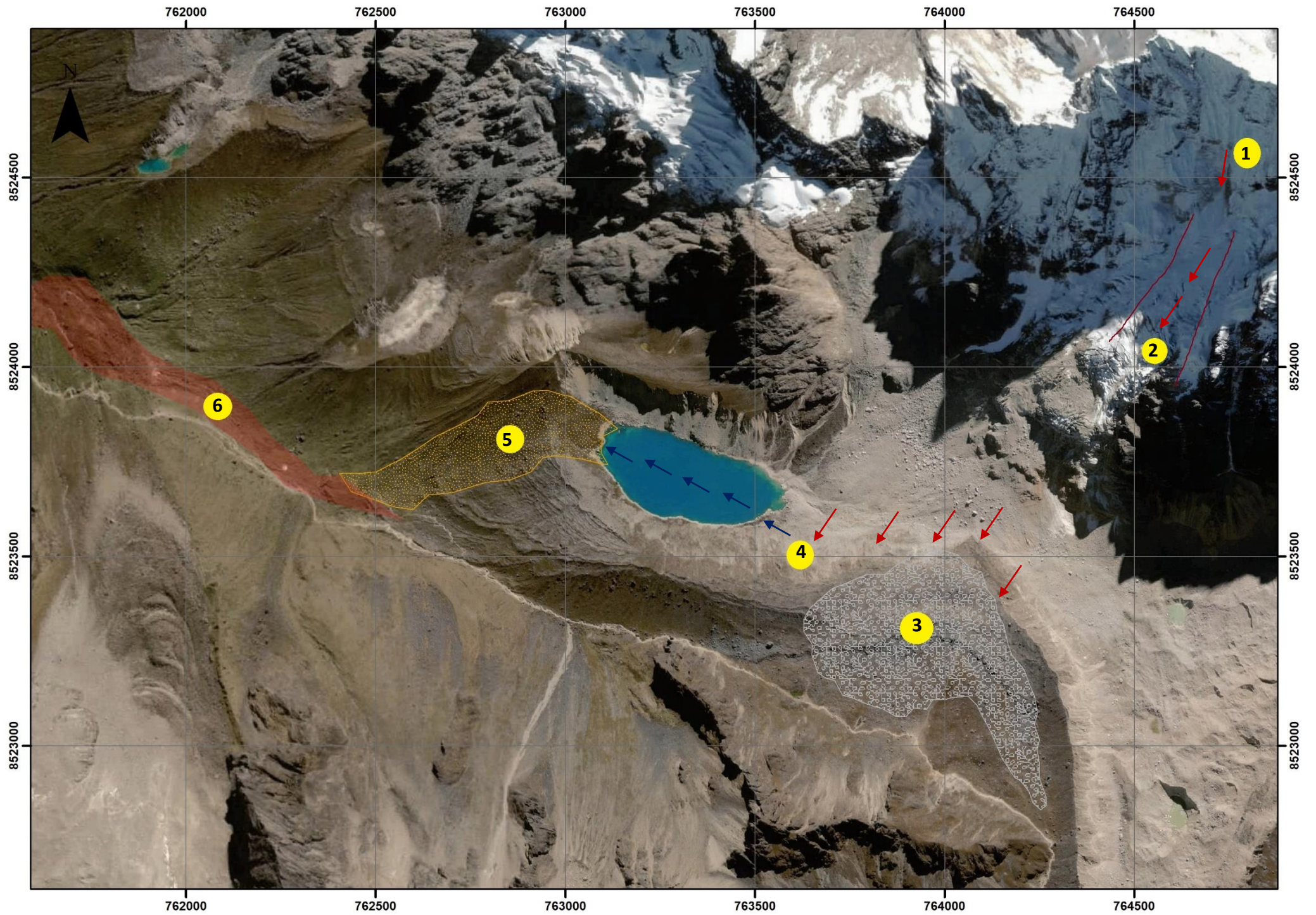
El proceso en cadena que desata la avalancha de tipo mixto (ver figura 9), tuvo como factores condicionantes lo siguiente:

- Días consecutivos con precipitaciones intensas.
- Laguna con el espejo de agua en su máximo nivel (sin rebose).
- Pendiente elevada sobre el glaciar en la zona baja del desprendimiento, lo que facilitó que los escombros acumulen suficiente energía para sobrepasar la morrena de fondo y alcanzar así, hasta inmediaciones del abra Salkantay.

**Figura 9.** Descripción gráfica del proceso en cadena.

La avalancha mixta inicia en la cara sur del nevado Salkantay entre los 5,600 y 5,400 m de altitud **(1)**, se estima que cae un volumen de 400 mil metros cúbicos, estos escombros se transportan sobre el glaciar ubicado en la parte baja haciendo la función de rampa y con dirección de flujo hacia el divorcio de aguas **(2)**, la fuerte pendiente de la rampa incrementa la velocidad del flujo haciendo que estos se depositen en mayor proporción sobre la línea de divorcio de agua y parte de la morrena lateral izquierda **(3)**, una parte de los escombros impactan en el talud interior del flanco izquierdo logrando alcanzar el espejo de agua y desestabiliza la laguna al punto de generar oleajes dentro del vaso **(4)**, algunas olas sobrepasan el nivel de rebose de la laguna, erosionando la cara exterior del dique morrénico **(5)** El flujo de escombros se desplaza aguas abajo, ganando volumen con las escorrentías producto de las precipitaciones intensas de los últimos días **(6)**

(Fuente: Elaboración propia).

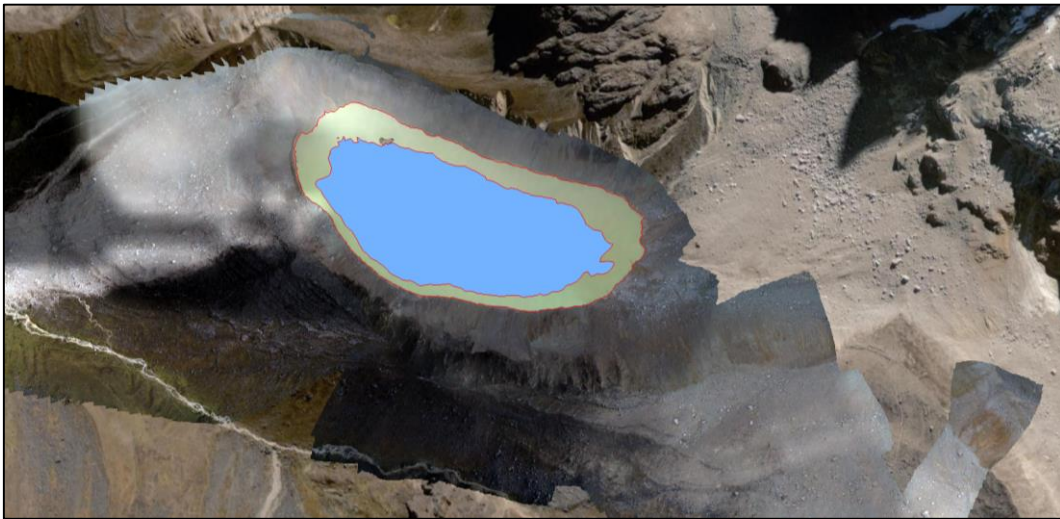


## 5. Resultados de la inspección realizada del 28 de febrero al 02 de marzo del 2020

### 5.1 Características físicas de la laguna Salkantaycocha

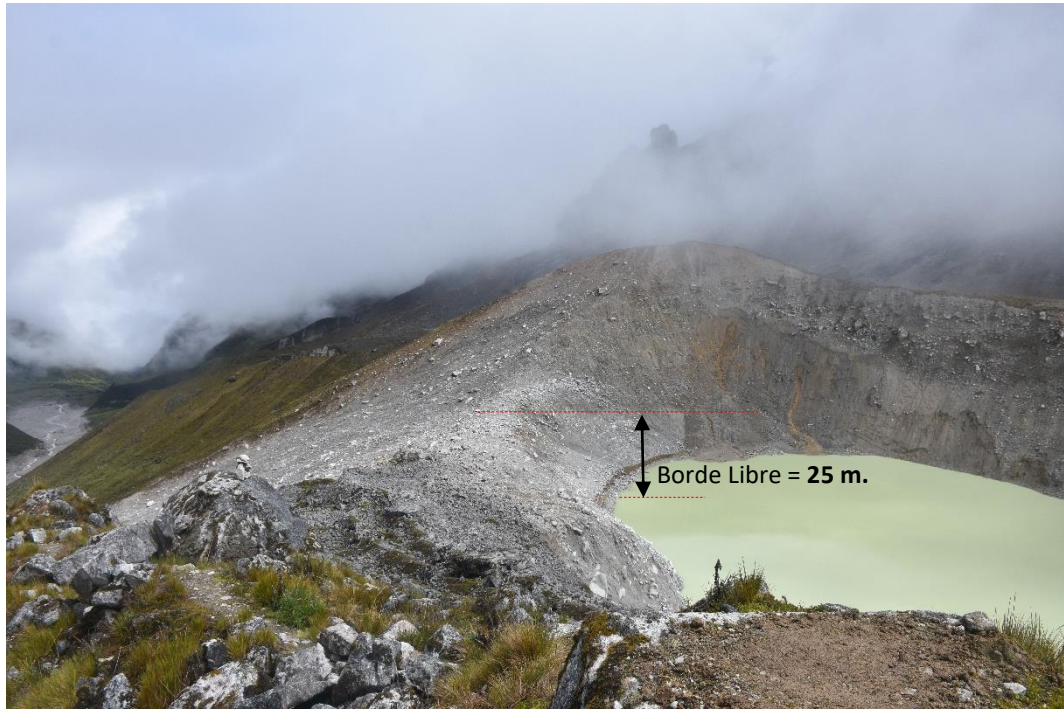
Después de la avalancha, la laguna Salkantaycocha ha incrementado el nivel de espejo de agua en aproximadamente 3.00 m de altura (Ver Figura 10), modificando sus dimensiones así:

Largo : 609 m  
Ancho : 264 m  
Área : 118,955 m<sup>2</sup>



**Figura 10.** Incremento del nivel de espejo de agua (Fuente: INAIGEM / A. Santiago, H.Jara, E. Melgarejo – 01.03.2020)

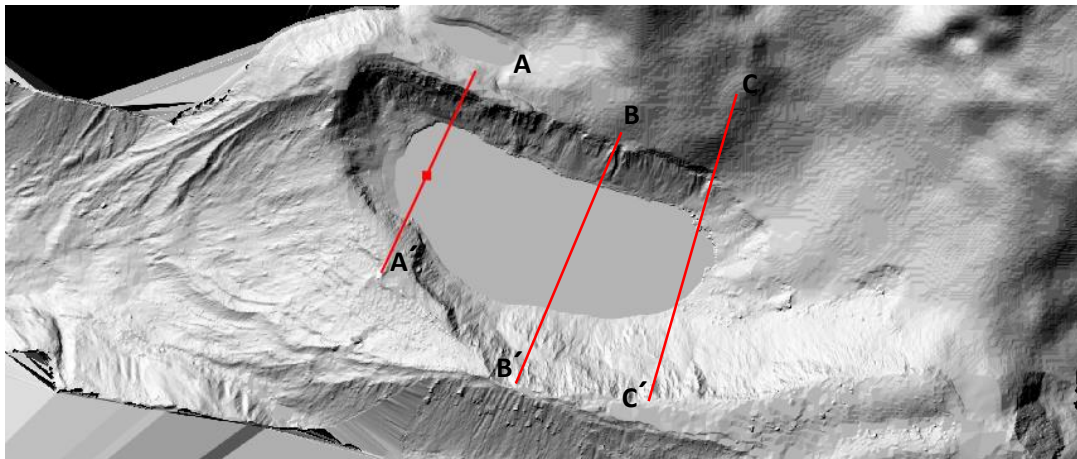
El borde libre registrado en la laguna Salkantaycocha al día de la inspección es de 25.00 m. de altura, obtenido de la cota más baja en la coronación del dique frontal y el nivel del espejo de agua actual de la laguna (Ver Figura 11).



**Figura 11.** Borde libre registrado al momento de la inspección (Fuente: INAIGEM / A. Santiago, H.Jara – 01.03.2020)

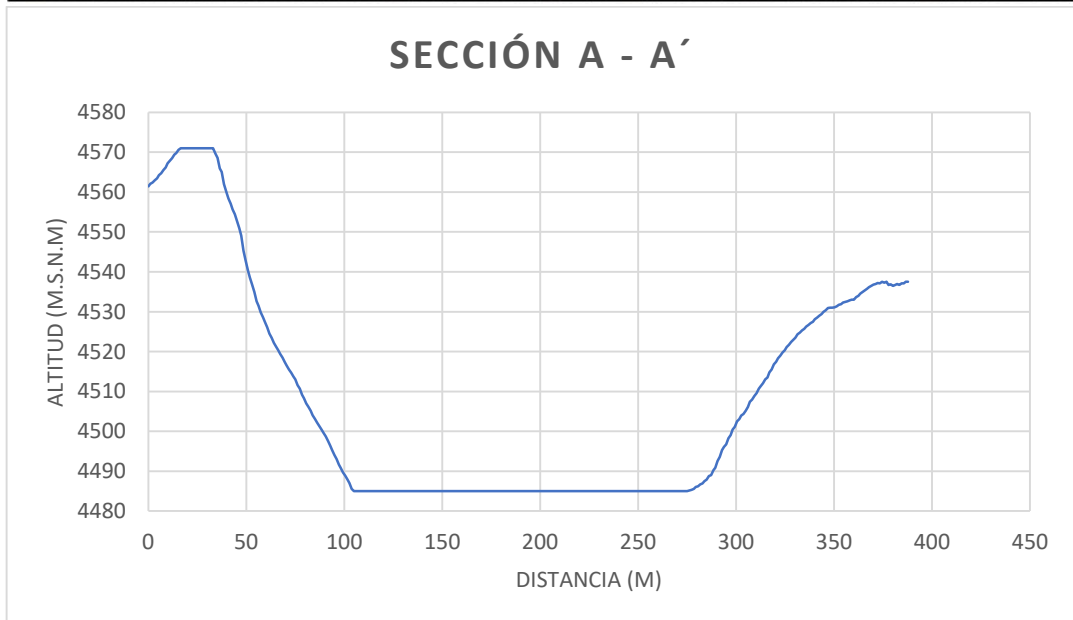
### Sobre los taludes internos de las morrenas

El análisis de las secciones obtenidas mediante el modelo de elevación digital (Ver Figura 12), que a su vez fueron resultados del vuelo drone, nos indican lo siguiente:



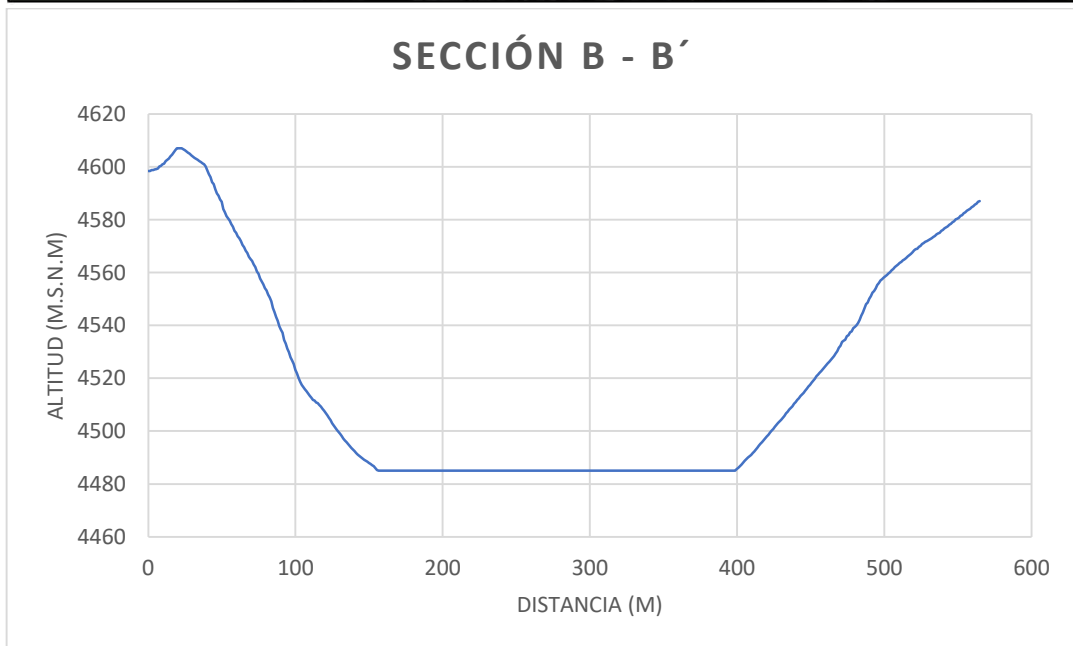
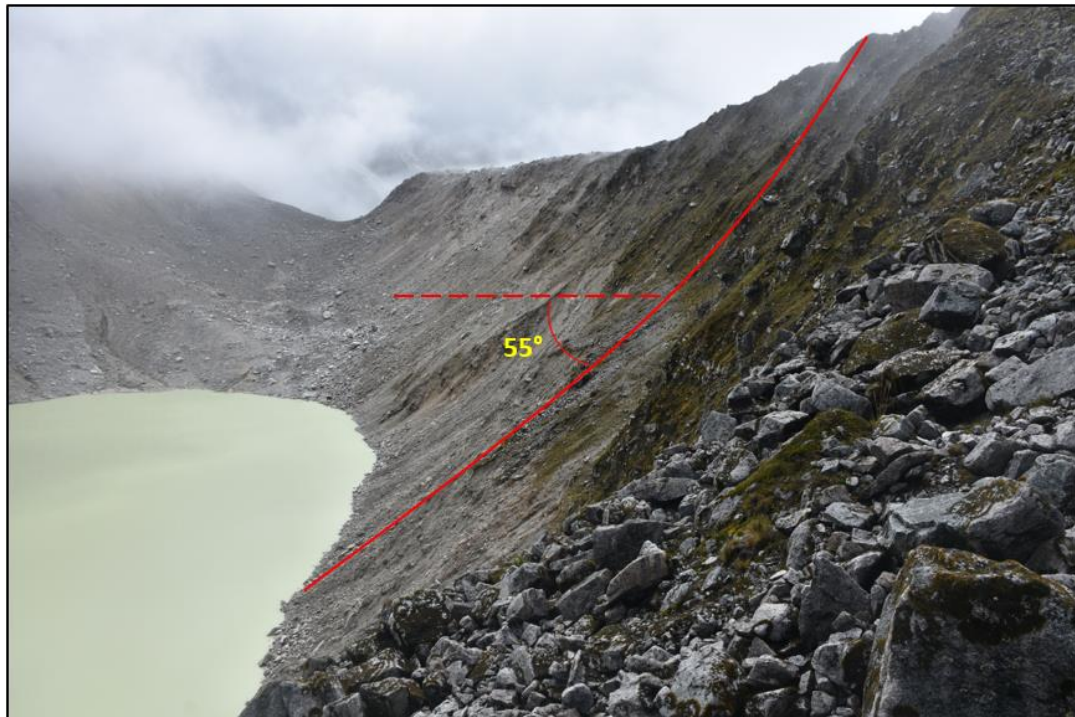
**Figura 12.** Modelo de elevación digital y secciones transversales para el análisis de los taludes internos (Fuente: INAIGEM / A. Santiago, H. Jara – 01.03.2020)

**Sección A – A’:** Sobre el talud de la morrena lateral derecha se observa pendientes muy pronunciadas, además la parte baja del talud se encuentra visiblemente erosionada, debido al oleaje generado por el desprendimiento de la avalancha mixta que cayó sobre la laguna. Todo ello hace que esta zona del talud morrénico sea altamente inestable y represente un nivel de peligro alto ante un eventual desplome sobre la laguna (Ver Figura 13).



**Figura 13.** Sección A – A', talud interno en el flanco derecho afectado por los oleajes en la laguna (Fuente: INAIGEM /H. Jara – 01.03.2020)

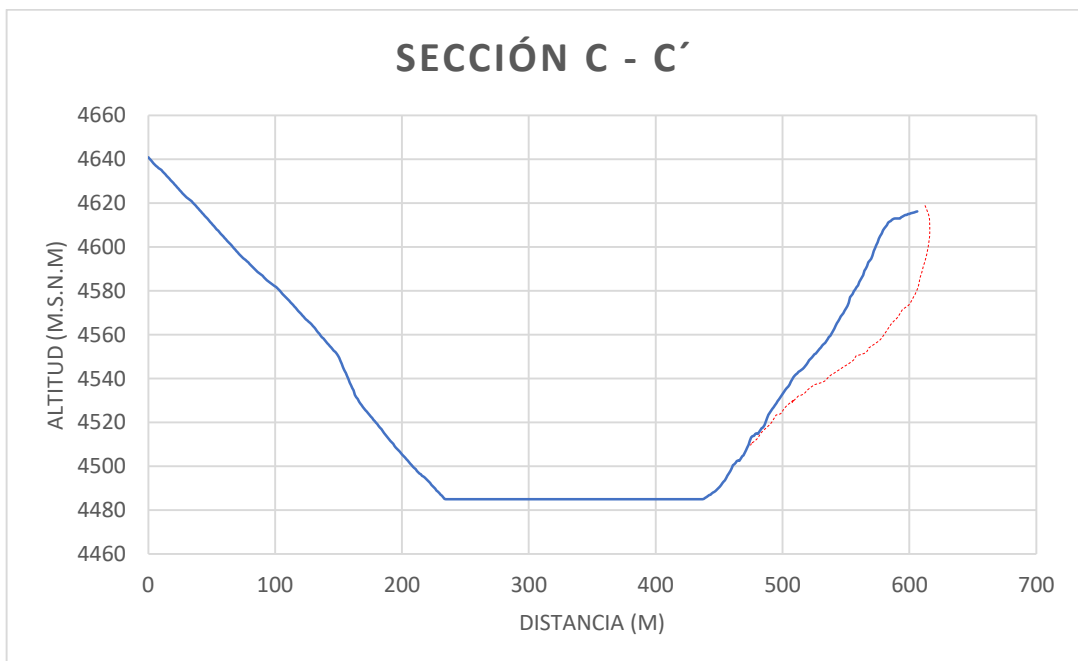
**Sección B - B´:** Aquí se observa que la pendiente del talud en el flanco izquierdo no es tan abrupta como el del lado derecho, en este sector los taludes se muestran más estables luego de los oleajes debido principalmente a las pendientes que está en el orden de  $55^\circ$  en la base (Ver Figura 14).



**Figura 14.** Sección B - B´, talud interno en el flanco izquierdo (Fuente: INAIGEM /H. Jara – 01.03.2020)

**Sección C – C’:** Ubicado en la parte posterior y perpendicular al eje de la laguna Salkantaycocha, también se visualiza erosión en la parte baja de ambos taludes internos tanto de la morrena lateral derecha como de la izquierda. Es en el talud interno de la morrena lateral izquierda donde se produce el impacto de la avalancha, quedando afectada y con una alta probabilidad de deslizamiento (Ver Figura 15).

El desprendimiento de esta masa de morrena podría comprometer la estabilidad de la laguna.



**Figura 15.** Sección C – C’, foto del talud interno en el flanco izquierdo, se observa un agrietamiento y ligero asentamiento en este sector, esta zona recibió el impacto más severo de la avalancha dentro de la laguna (Fuente: INAIGEM /O. Vilca, H. Jara – 01.03.2020)

## **6. Conclusiones**

- El fenómeno que originó el aluvión producto del desborde de la laguna Salkantaycocha fue una “avalancha mixta”.
- El borde libre en la zona frontal es de 25.0 metros.
- Las características geométricas de la laguna al día de la inspección fueron:
  - Largo: 609 m
  - Ancho: 264 m
  - Área: 118,955 m<sup>2</sup>
- La avalancha mixta estuvo compuesta predominantemente por roca.
- Los taludes interiores están visiblemente afectados, en especial en la zona de impacto de la avalancha.
- El peligro es latente, considerando que la laguna mantiene un volumen importante de agua, y se observan desprendimientos de roca y hielo de manera constante.

## **7. Recomendaciones**

### **A corto plazo:**

- Realizar el estudio de batimetría en el vaso de la laguna Salkantaycocha.
- Estimar el volumen de hielo y roca con potencial de peligro.
- Monitorear los taludes interiores, en especial el talud en la morrena lateral izquierda (zona de impacto de la avalancha).

### **A mediano plazo:**

- Realizar un estudio de evaluación de riesgos en la cuenca Salkantay.
- Realizar estudios de geofísica a detalle, con la finalidad de determinar la estabilidad del vaso.
- Implementar un sistema de alerta temprana, para que la población actúe con suficiente tiempo y de modo adecuado para reducir daños de orden personal y material.
- Sensibilizar y preparar a la población de la sub cuenca Salkantay, fundamentalmente en aspectos de prevención.