



**MINISTERIO DE AGRICULTURA**

**INSTITUTO NACIONAL DE RECURSOS NATURALES  
INRENA**



**INTENDENCIA DE RECURSOS HIDRICOS**

**UNIDAD DE GLACIOLOGÍA Y RECURSOS HÍDRICOS  
UGRH – HUARAZ**



Presa Principal de la  
Laguna Palcacocha

## **INFORME TÉCNICO**

### **ESTADO SITUACIONAL DE LA LAGUNA PALCACOCHA**

**RESPONSABLE : ING. NELSON SANTILLAN PORTILLA**

**Huaraz - Marzo - 2003**

Av. Confraternidad Internacional 167- - Huaraz  
☎ Fax 72-1601  
e-mail: [glaciologiahuaraz@terra.com.pe](mailto:glaciologiahuaraz@terra.com.pe)

Calle Diecisiete N° 355 Urb. El Palomar, San Isidro, Lima-27  
Teléfono (51 1) 224-3298 Fax (51 1) 224-3218  
Apartado Postal 4452

## ESTADO SITUACIONAL DE LA LAGUNA PALCACOCHA

### EVALUACION DE LA LAGUNA PALCACOCHA DESPUES DEL EVENTO OCURRIDO

#### INDICE

I.	OBJETIVO.....	01
II.	UBICACIÓN .....	01
III.	ACCESO .....	01
IV.	ANTECEDENTES .....	01
V.	SECUENCIA DE ACTIVIDADES REALIZADAS .....	02
VI.	CARACTERISTICAS GENERALES DE LA LAGUNA .....	03
VII.	DESCRIPCION Y ESTADO DE LA LAGUNA DESPUES DEL DESBORDE .....	03
VIII.	ESTADO DE LAS ESTRUCTURAS HIDRAULICAS, DESPUES DEL DESBORDE..	05
	8.1.- Presa principal .....	05
	8.2.- Conducto cubierto .....	05
	8.3.- Canal de ingreso .....	06
	8.4.- Canal de salida .....	06
	8.5.- Presa Auxiliar .....	06
IX.	ESTADO DE LA SUB CUENCA COJUP .....	07
X.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	08
XI.	PANEL FOTOGRAFICO .....	11
XII.	MAPAS Y PLANOS. ....	19
	• Mapa delimitación de la Sub Cuenca Río Quilcay	
	• Esquema de obras construidas	
	• Plano Levantamiento Topográfico General	

## I. OBJETIVO

El objetivo de la inspección de la Laguna Palcacocha, es determinar y evaluar el estado situacional en el que se encuentran las obras civiles de seguridad, su grado de operatividad, la estabilidad de sus paredes, la influencia de las áreas glaciares adyacentes, así como la verificación del estado en que se encuentra la quebrada Cojup, después del evento ocurrido el día 19 de Marzo del 2,003.

## II. UBICACIÓN

La laguna Palcacocha, se ubica a los 4,566 msnm, en la cabecera de la quebrada Cojup, debajo del nevado Pucaranra, en la vertiente Occidental de la Cordillera Blanca.

Cuenca	:	Río Santa
Sub Cuenca	:	Rio Quilcay
Distrito	:	Huaraz
Provincia	:	Huaraz
Departamento	:	Ancash

### COORDENADAS GEOGRAFICAS:

LAT. SUR	:	9° 23' 50''
LONG. OESTE	:	77° 22' 50''

## III. ACCESO

Se asciende a la laguna desde la ciudad de Huaraz hacia el Este, con vehículo motorizado utilizando la trocha carrozable en dirección a Pitec hasta llegar a una zona de derrumbe, antes de la portada de la quebrada de Cojup, cubriendo una distancia aproximada de 23 Km. De este punto se continúa a pie por camino de herradura, hasta llegar a la laguna en un tiempo de 4 a 4.5 horas, cubriendo una longitud de 12 Km.

## IV. ANTECEDENTES

La laguna Palcacocha de origen glaciar, forma parte del conjunto de lagunas consolidadas de la Cordillera Blanca. El 13 de Diciembre de 1941, se produjo la ruptura del dique natural morrénico como consecuencia del desprendimiento de grandes masas de hielo del nevado Pucaranra, hacia el espejo de agua. La energía del oleaje generado, superó la resistencia del dique natural frontal, produciéndose el rompimiento y el desborde aproximado de 2'500,000 M3 de agua. (Ver foto 01)

El material de arrastre generado por éste volumen, se calcula que estuvo alrededor de 4`000,000 de m<sup>3</sup>, deslizándose por toda la quebrada Cojup y conformando conos aluviónicos a la salida de la laguna así como en el ingreso de la ciudad. Los daños producidos en la ciudad de Huaraz, fueron de tipo material y de vidas humanas , superando éstas últimas a 4,000. A raíz de éste suceso, se construyen obras civiles de seguridad, que garantizaban en parte los eventos extraordinarios en forma optima hasta el año 1,970, fecha en que sufren algunos deterioros las estructuras como consecuencia del terremoto ocurrido. Finalmente el año 1974, la Unidad de Glaciología y Seguridad de Lagunas de ElectroPerú S.A. termina la construcción de la sección de tajo abierto de la morrena frontal, bajando en 1m. el nivel del espejo de agua, evacuando gradualmente un volumen de 60,000 m<sup>3</sup> mediante un sistema de canalización que comprende 12 m. de canal de ingreso, 33 m. de conducto cubierto y 10 m. de canal de salida, obra que fue reforzada con una presa artificial principal de 8m. de altura, y una presa secundaria de contención ubicada en el extremo derecho del dique natural frontal.

Para el año 2,002, la Unidad de Glaciología y Recursos Hídricos, programó y ejecutó un conjunto de trabajos de mantenimiento de lagunas consolidadas, en previsión al Fenómeno del Niño 2,003, una de las cuales correspondió a la Laguna Palcacocha, donde se realiza la reconstrucción del conducto cubierto, el emboquillado del talud interior y corona de la presa secundaria, así como la construcción de 2 aleros en el canal de ingreso.

El día 19 de Marzo del presente año, se produce el derrumbe de material morrénico de un talud de la parte posterior y lateral izquierda, gran parte del cual hace impacto en la parte terminal de la lengua glaciar, y otra en el espejo de agua, provocando oleajes que superaron ampliamente la altura de las presas y dique morrénico natural de la laguna, ocasionando algunos deterioros en las mismas, así como el aumento del caudal y la turbidez del agua escurrida por la quebrada Cojup, parte del cual es captada y tratada para el consumo poblacional en la ciudad de Huaraz. (Ver foto 08 - 09)

## **V. SECUENCIA DE ACTIVIDADES REALIZADAS :**

- Día Jueves 20 de Marzo : Inspección aérea de la zona, en compañía de todas las Autoridades Regionales. (ver foto 06)
- Día Viernes 21 de Marzo : Inspección terrestre en compañía de brigadas del Ejército, Policía de Salvataje y Defensa Civil. (Ver foto 07)
- Día Sábado 22 y Domingo 23 de marzo : Análisis de la información recogida y coordinaciones con otras instituciones para las medidas a tomarse.
- Día Lunes 24 de Marzo : Segunda inspección aérea de la zona.(Ver foto 15)

- Día Martes 25 de Marzo : Segunda inspección terrestre por la UGRH.
- Días Miércoles 26 y Jueves 27 de Marzo : Análisis de la información recogida y coordinaciones con otras instituciones.
- Día Viernes 28 de Marzo : Elaboración de informes y por la noche conferencia de prensa.

## VI. CARACTERISTICAS GENERALES DE LA LAGUNA

Tiene forma alargada, con longitudes aproximadas de 560 por 200 m. en el largo y ancho respectivamente, almacenando un volumen aproximado de 514,800 m<sup>3</sup> hasta antes del evento. Es de baja profundidad (13 m. máximo) y se encuentra en pleno desarrollo por estar todavía el espejo de agua en contacto glaciar y encontrarse el mismo en acelerado proceso de retiro, lo cual hace que el incremento de la superficie continúe. (Ver foto 15)

La dinámica de todo el sistema (aporte, almacenamiento, evacuación), se encuentra controlado por las estructuras hidráulicas construidas en la morena frontal, garantizando parcialmente el equilibrio y normal funcionamiento de la laguna. Morfológicamente, la laguna cuenta con dos flancos morrénicos de fuerte pendiente y una pared frontal de baja potencia, lugar donde se ubican las dos presas de seguridad.

En la parte posterior, el espejo de agua de la laguna, se encuentra en contacto con el glaciar proveniente del nevado Pucaranra, notándose dos niveles de proyección del mismo. A un desnivel aproximado de 150 m. del espejo de agua, se observa una franja de afloramiento rocoso, que evidencia los inicios de una desconexión total del glaciar, rompiéndose por lo tanto la continuidad del mismo ( una área glaciar en contacto con la laguna, y otra por encima de las superficies rocosas en afloración.-Ver foto 02)

Los aportes a la laguna, son básicamente las precipitaciones pluviales y por la fusión glaciar proveniente del nevado Pucaranra y Palcaraju.

## VII. DESCRIPCION Y ESTADO DE LA LAGUNA DESPUES DEL DESBORDE

Como se indicó en los antecedentes, el día 19 de Marzo (aproximadamente a las 21:30 hrs), se produce el desprendimiento de una masa morrénica de la zona de arranque de la pared lateral izquierda hacia el área de contacto de la parte terminal de la lengua glaciar y el espejo de agua. Esta superficie de acuerdo a una evaluación preliminar estaría en el orden de 98 m. de altura, 95 m. de ancho y un espesor estimado promedio de 9m. haciendo un volumen aproximado de 83,800 m<sup>3</sup> de material morrénico depositados en la laguna. El impacto de esta masa sobre la zona terminal de la lengua glaciar, hace que una parte de ésta se fragmente en bloques de

diferentes tamaños, los mismos que se esparcen, llegando a cubrir todo el espejo de agua y una parte importante de ellos son transportados por el oleaje hacia la corona de la presa y dique natural frontal, así como fuera de la laguna aguas abajo. (Ver foto 08)

La evaluación preliminar, también nos indica, que el desprendimiento de la masa morrénica de la pared lateral izquierda, es debido a los siguientes factores: La fuerte pendiente del talud interior, el escurrimiento permanente, proveniente de la fusión del nevado ubicado en las partes altas, complementados con las fuertes precipitaciones pluviales de esta temporada, que logran cubrir toda el área indicada, llegando al límite de sobresaturación, produciéndose el deslizamiento.

De la observación al área de desprendimiento, se puede advertir claramente, que ésta aun no ha encontrado el ángulo de reposo necesario, como para evitar futuros deslizamientos, notándose al mismo tiempo algunos bloques de roca en la arista superior de la morrena lateral izquierda, que a manera de "crestas" están próximos a desprenderse.

Como consecuencia del deslizamiento, se originó el movimiento de la masa de agua de la laguna, produciéndose los oleajes que logran superar ampliamente el dique morrénico natural y las presas de seguridad, provocando un aumento importante del caudal aguas abajo. Se ha determinado también, que los oleajes de mayor energía (intensidad máxima de onda) han repercutido en la presa auxiliar, debido a la ubicación angular en que se encuentra, habiéndose por lo tanto producido los mayores daños en esta estructura hidráulica.

El comportamiento dinámico del fluido, nos muestra que el incremento del nivel producido, está en función de la energía contenida en el volumen del agua acumulada durante el periodo del evento, por lo tanto ésta se estabilizará en la medida que los factores que lo originaron permanezcan o desaparezcan después del impacto. Estando en el segundo caso, se infiere que el régimen se fue estabilizando hasta alcanzar un estado de evacuación uniforme, tal como se pudo observar en las inspecciones realizadas.

Se ha observado también, como consecuencia del evento, la sedimentación de un área ubicada aproximadamente a 20m del canal de aducción, situación tal que eleva el nivel del espejo de agua en  $\pm 0.80m$ .

Las áreas de mayor deterioro se han producido en la presa auxiliar (erosión general en el talud exterior y corona), y una mayor erosión en el dique natural morrénico ubicado entre la presa principal y la secundaria en una longitud aproximada de 78 m.

## VIII. ESTADO DE LAS ESTRUCTURAS HIDRAULICAS, DESPUES DEL DESBORDE

### 8.1.- Presa principal

Se encuentra ubicada, en el extremo izquierdo de la morrena frontal, y está concebida para soportar altas cargas hidrostáticas e hidrodinámicas eventuales (no permanentes) y brindar seguridad en situaciones de llenado y vaciado violento de la laguna (movimiento extremo del agua).

Esta estructura de sección trapezoidal, tiene 33 m. de ancho por 8 m. de altura comprendido desde la rasante del ducto, hasta la corona de presa. La inclinación del talud, aguas arriba y aguas abajo es de 3:1 (H-V), siendo su construcción de tierra homogénea compactada por capas con una cortina de rocas y acabados (mampostería) en toda su superficie. Ésta cubierta, a pesar de su rigidez (sin juntas de dilatación) no presenta agrietamientos, garantizando por otro lado la impermeabilidad al cuerpo de presa. (Ver foto 04)

Al producirse el derrumbe de la masa morrénica hacia la laguna, ésta eleva su nivel, superando la altura de la presa y desbordándose aguas abajo, para luego ir descendiendo una vez disipada la energía del oleaje y la fusión del hielo en la laguna. La evaluación realizada a éste cuerpo, indica que no se observan daños significativos, mas bien superficiales como : Pequeñas fisuras y levante de los acabados en el talud interior de la capa superficial de mampostería de piedra, así como el desprendimiento de una pequeña área superficial del pie de presa del talud exterior, con lo que se concluye que ésta estructura, ha trabajado satisfactoriamente en el evento ocurrido, y que la concepción y objetivos del proyecto estuvieron bien concebidos.

### 8.2.- Conducto cubierto de desagüe

Esta estructura, que se encuentra debajo de la presa principal, tiene una longitud de 33 mt. de largo, es de sección circular de 1.2 m. de diámetro con una pendiente uniforme de  $S=0.01$  . Está construido de concreto armado, con una cubierta metálica tipo ARMCO y tiene una capacidad máxima de evacuación de 5 a 5.5 m<sup>3</sup>/seg, Trabajando a máxima carga (tipo orificio ó tubería a presión).

El año 2002 se hicieron obras de mantenimiento en ésta estructura, reparando las áreas erosionadas y optimizando su operatividad con concreto armado. Esta estructura, no ha sufrido

daños visibles, a pesar de haber transportado abundante material rocoso, sedimentos y haber trabajado como se ha indicado anteriormente a plena carga, sometido a grandes presiones y fuerzas hidrodinámicas. En la inspección realizada el día 25 de Marzo, el ducto se encontraba trabajando al 50% de su capacidad siendo el promedio de evacuación en situaciones normales de 1/3 de sección.

### **8.3.- Canal de ingreso**

Es de sección trapezoidal de 12 m. de largo y con aletas de orientación en el área de contacto con el espejo de agua. El material con el que se encuentra construido, es la mampostería de piedra, con acabados de mortero (cemento y arena): La evaluación realizada después del evento arroja lo siguiente : Pequeñas fisuras y la erosión de los acabados en la corona de ambos muros, con una pequeña área de desprendimiento. El último día de la inspección (25 de Marzo), se observó una fuerte acumulación de rocas de diferentes diámetros en el entorno y la incrustación de dos rocas en la sección del canal, cuyos diámetros promedios están en el orden de 1.5 m, las mismas que están ubicadas a 2.80 m. y 6 m. de la sección de ingreso (ducto). (Ver foto 11)

### **8.4.- Canal de salida**

Es de sección trapezoidal variable, que diverge hacia la parte terminal de evacuación, ésta estructura tiene 10 metros de largo y su construcción es de mampostería de piedra con acabados de mortero y cemento. Después del evento, presenta al igual que el canal de ingreso, pequeñas fisuras en la corona de ambos muros, así como algunas áreas erosionadas y desprendidas en la parte terminal del canal. Dada la naturaleza del fenómeno y a las presiones sometidas por el caudal, el enrocado de disipación que existía el final del canal de salida, ha sido erosionado completamente, creándose un área de empuje de agua confinada, observándose inmediatamente después de esta estructura, una zona de acumulación de sedimentos y rocas, quedando por lo tanto en un nivel mas alto el lecho del río en un tramo aproximado de 15 m. Se hace necesario restituir las condiciones anteriores del lecho, realizándose la limpieza necesaria, rellenando las áreas erosionadas y haciendo coincidir la pendiente del lecho con la rasante del canal de salida. (Ver foto 12)

### **8.5.- Presa Auxiliar**

Esta estructura que no tiene conducto de evacuación, fue construido con fines de seguridad, para alcanzar un borde libre de altura uniforme con el dique morrénico natural y la presa



principal . Hasta el año 2002 estuvo cubierto con una capa de roca seca en toda su superficie, año en el cual se realiza el emboquillado con mortero de cemento y arena en el talud interior y corona, en un área de 673.68 m<sup>2</sup>, proporcionándolo por lo tanto una mayor resistencia e impermeabilidad a los fuertes oleajes producidos por la caída de avalanchas de hielo y desprendimientos de material morrénico de los taludes interiores de la laguna. ((Ver foto 13 - 14)

Esta estructura por su ubicación (extremo derecho de la morrena frontal) es la que ha soportado los oleajes de mayor intensidad, llegándose a producir la erosión total del cuerpo de presa correspondiente al talud exterior. Este estado de fragilidad de la presa auxiliar no representa en la actualidad ninguna garantía de seguridad, de producirse un evento de similar magnitud, debiéndose por lo tanto restituir los daños causados o la construcción de nuevas estructuras de refuerzo y/o contrafuertes.

## **IX. ESTADO DE LA SUB CUENCA COJUP**

Morfológicamente la Sub-Cuenca Cojup, que tiene en promedio una pendiente de 5%, se encuentra flanqueado por formaciones rocosas de alta potencia, observándose en la mayor parte de su trayectoria los estrechamientos y algunas áreas de valle. Del mismo modo se puede decir que contiene en ambas márgenes del río una fuerte cobertura vegetal (Quenual), hecho que le da una mayor consolidación a la Sub Cuenca.

La quebrada Cojup, en épocas normales transporta en promedio caudales de 0.40 m<sup>3</sup>/seg a 1.5 m<sup>3</sup>/seg, por lo tanto tiene un lecho definido y consolidado. Al producirse el desborde, este mismo lecho a soportado caudales momentáneos de hasta 10 m<sup>3</sup>/seg, que por las características mencionados de la Sub Cuenca no ha tenido capacidad de arrastre de grandes rocas.

En la parte intermedia de la quebrada, encontramos una explanada tipo valle, lugar donde el caudal confinado se dispersa, produciéndose la máxima disipación, hasta alcanzar velocidades mínimas.

La erosión producida en todo el recorrido, hizo posible que el agua en régimen turbulento, transportara una cantidad importante de sedimentos, hecho reflejado en la turbidez de la misma, lo cual imposibilitó su tratamiento por parte de la empresa abastecedora de agua potable de la ciudad de Huaraz.

Por otra parte podemos decir que en toda la quebrada Cojup, no se encuentra ninguna área agrícola, por lo tanto, daños de este tipo no han existido, tampoco se ha reportado la muerte de ningún animal ovino, vacuno o caballar, cuya población es mínimo en la quebrada.

Por las consideraciones expuestas, podemos decir que la Sub Cuenca Quilcay ha soportado con suficiencia los caudales transportados durante el evento, produciendo erosión en algunas áreas, adquiriendo mayores velocidades en las zonas encañonadas y disipando su energía (velocidad) a niveles mínimos en las áreas del valle.

## **X. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

- 10.1. El 19 de Marzo del 2003, se produce el desborde de la laguna Palcacocha, como consecuencia del impacto ejercido por una masa morrénica desprendida de la pared lateral izquierda, hacia la parte terminal de la lengua glaciar que contacta con el espejo de agua.
- 10.2. Una evaluación preliminar nos indica que el desprendimiento de la masa morrénica se debió principalmente a los siguientes factores : La fuerte pendiente del talud, la saturación y sobrecarga de la morrena, por efecto de las lluvias, que originó un desequilibrio gravitacional del talud interior, produciéndose el derrumbe.
- 10.3. La superficie del desprendimiento, según la evaluación preliminar, estaría en el orden de 98 m. de altura, 95 m. de ancho y un espesor estimado promedio de 9 m., haciendo un volumen aproximado de 83,800 m<sup>3</sup> de material heterogéneo (escombros) depositados finalmente en la base de la laguna, cuya modificación del vaso solo será posible conocerse con un nuevo levantamiento batimétrico.
- 10.4. De la observación del área de desprendimiento, se puede advertir claramente, que ésta aún no ha encontrado el ángulo de reposo necesario, por lo que van a seguir produciéndose derrumbes, pero de pequeña magnitud. Todavía existen algunos bloques morrénicos en la arista superior de la pared lateral izquierda, que a manera de "crestas" están próximas a desprenderse
- 10.5. Como consecuencia del impacto del material morrénico hacia el área de contacto de la parte terminal de la lengua glaciar y el espejo de agua, se desprenden del cuerpo matriz del glaciar, fragmentos y bloques de hielo de diferentes tamaños, los que se esparcen llegando a cubrir todo el espejo de agua y una parte importante de ellos son transportados por el oleaje hacia fuera de la laguna (aguas abajo) así como en la corona de las presas y dique natural frontal.
- 10.6. La agitación del agua producto del impacto, producen los oleajes que elevan el nivel del agua que logran superar ampliamente el dique morrénico natural y las presas de seguridad, provocando un aumento importante del caudal agua abajo. Se ha determinado, que los oleajes de mayor energía (intensidad máxima de onda) han

repercutido en la presa auxiliar, debido a la ubicación angular en que se encuentra, llegándose a producir la erosión total del cuerpo de presa correspondiente al talud exterior. Este estado de fragilidad de la presa auxiliar no representa en la actualidad ninguna garantía de seguridad, de producirse un evento de similar magnitud, debiéndose por lo tanto restituir los daños causados o la construcción de nuevas estructuras de refuerzo y/o contrafuertes.

10.7. La evaluación realizada a la presa principal, indica que no se observan daños significativos, mas bien superficiales como : Pequeñas fisuras y levante de los acabados en el talud interior de la capa superficial de mampostería de piedra, así como el desprendimiento de una pequeña área superficial del pie de presa del talud exterior, con lo que se concluye que ésta estructura, ha trabajado satisfactoriamente en el evento ocurrido, y que la concepción y objetivos del proyecto estuvieron bien concebidos.

10.8. Del mismo modo que la presa principal, podemos decir que el conducto cubierto no ha sufrido daños visibles debido en gran parte a las obras de mantenimiento que se ejecutaron el año 2002. Esta estructura ha resistido el evento, a pesar de haber transportado abundante material rocoso y sedimentos en condiciones de plena carga y sometido además a grandes presiones y fuerzas hidrodinámicas.

En la última evaluación realizada (25 de marzo), el ducto se encontraba trabajando al 50% de su capacidad, siendo el promedio de evacuación en condiciones normales de 1/3 de sección.

10.9. El canal de ingreso presenta pequeñas fisuras y la erosión de los acabados en la corona de ambos muros, con una pequeña área de desprendimiento en el muro derecho. También se observó la acumulación de rocas de diferentes tamaños en el entorno y la incrustación de dos rocas en la sección del canal, cuyos diámetros promedios están en el orden de 1.5 m, las mismas que están ubicadas a 2.8 m. y 6 m. de la sección de ingreso (ducto). La posición y ubicación de estas rocas en la sección del canal, han servido en un primer momento para evitar el ingreso de bloques de hielo y rocas menores, pero superado el evento, es necesario su retiro, para así evitar definitivamente su acercamiento a la sección de ingreso del ducto (taponamiento).

10.10. Después del evento, el canal de salida presenta al igual que el canal de ingreso, pequeñas fisuras en la corona de ambos muros, así como algunas áreas erosionadas y desprendidas en la parte final del canal. Dado la naturaleza del fenómeno y a las presiones sometidas por el caudal, el enrocado de disipación que existía el final del canal de salida, ha sido erosionado completamente, creándose un área

de empuje de agua confinada, observándose inmediatamente después una zona de acumulación de sedimentos y rocas, quedando por lo tanto en un nivel mas alto el lecho del río en un tramo aproximado de 15 m. Se hace necesario restituir las condiciones anteriores del lecho, realizándose la limpieza necesaria, rellenando las áreas erosionadas y haciendo coincidir la pendiente del lecho con la rasante del canal de salida.

- 10.11. A la brevedad posible se recomienda, retirar las rocas ubicadas en el canal de ingreso y su entorno mas próximo, para evitar el ingreso de las mismas al conducto cubierto y un posible taponamiento. Así mismo realizar la limpieza del material sedimentado aguas arriba del canal de ingreso y aguas abajo del canal de salida, rellenando al mismo tiempo el área erosionada en la parte terminal del canal de salida.
- 10.12. Paralelamente a los trabajos de emergencia, se recomienda la elaboración de Estudios y Proyectos que contemplen el mejoramiento ó el replanteamiento general de las obras de seguridad, toda vez que el dique natural frontal así como la presa auxiliar han sufrido una fuerte erosión en todo su extremo. Los Estudios y Proyectos mencionados, deberán armonizar los aspectos de seguridad, conservación del medio ambiente y el aprovechamiento del recurso hídrico. En el aspecto de seguridad se deberá incluir necesariamente el perfilado de los potentes taludes interiores de las paredes de la laguna.
- 10.13. De las reuniones sostenidas por la UGRH, con las Autoridades Locales y Regionales, ha surgido el compromiso de la Presidencia de la Región Ancash, de financiar los Estudios y Proyectos, así como la ejecución de las obras de seguridad que puedan realizarse en la laguna Palcacocha.

**XI. PANEL FOTOGRAFICO ( ANTES DEL DESBORDE )**

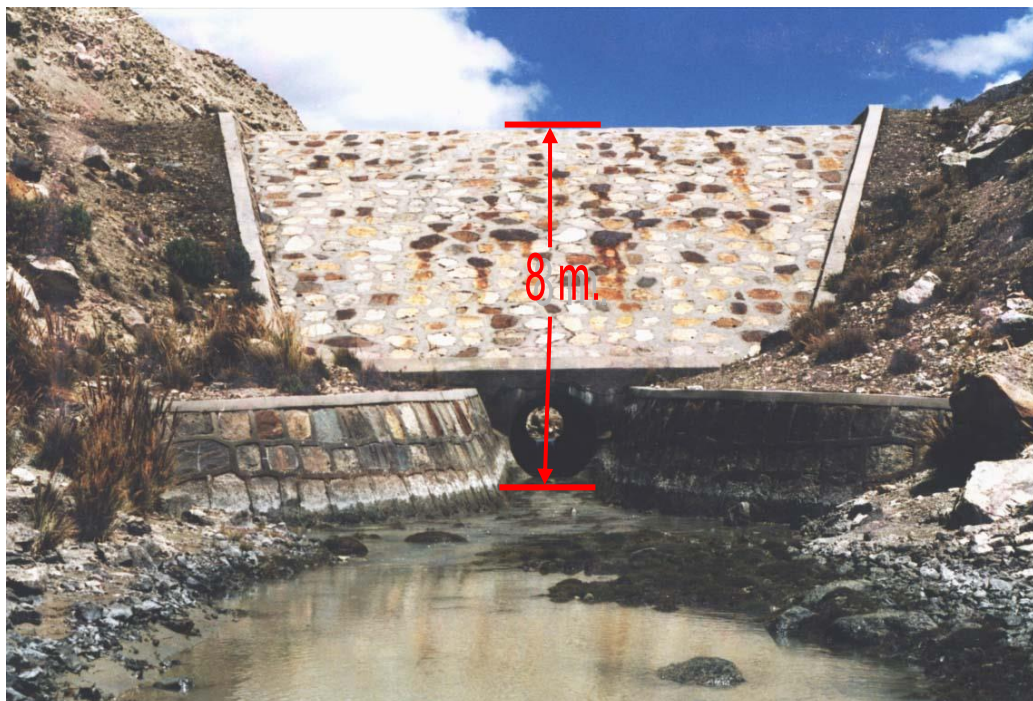
**FOTO 01** : Arco morrénico frontal de la laguna Palcacocha, el cual muestra las huellas de la ruptura que originó el aluvión del 13 de diciembre de 1941 sobre la ciudad de Huaraz, a consecuencia de una avalancha proveniente del nevado Pucaranra (6110 msnm)



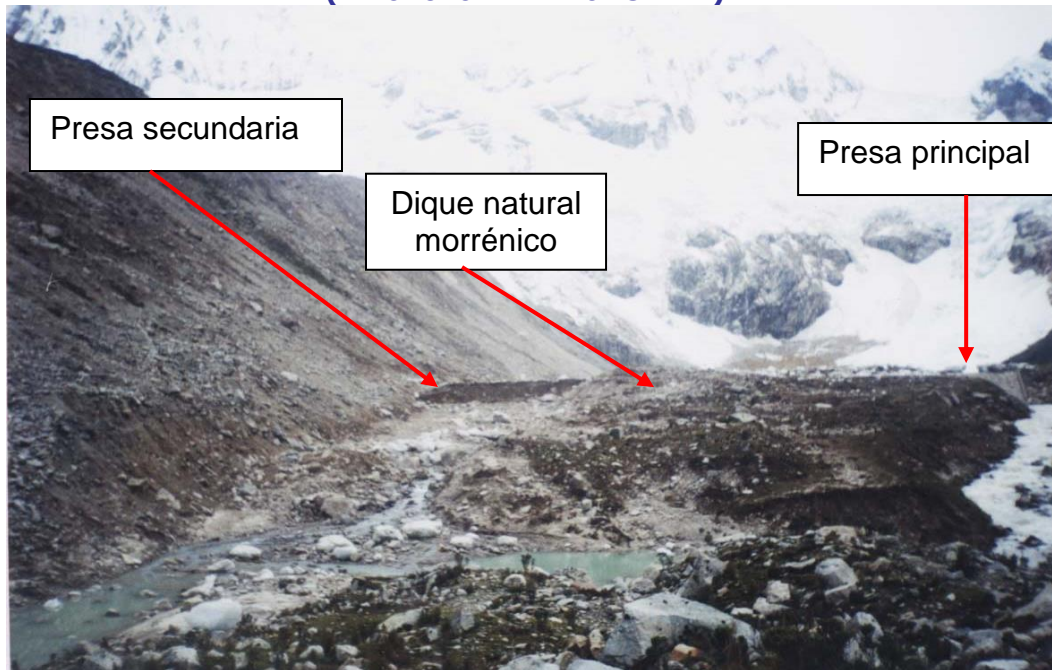
**FOTO 02** : Espejo de agua de la laguna Palcacocha que aún posee contacto directo con la corriente glaciar que la formó. En la parte media de la foto se observa el frente glaciar colgante de donde se producen avalanchas que se depositan sobre la lengua glaciar.



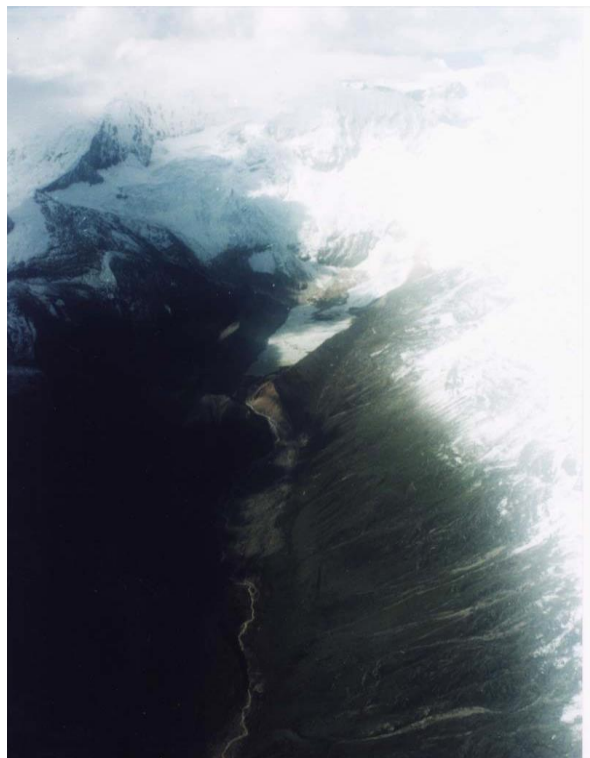
**FOTO 03** : Dique morrénico de la laguna Palcacocha antes de producirse el desborde. En el lado izquierdo de la foto se observa una presa de contención de roca asentada, a la derecha la presa artificial y canal de desagüe.



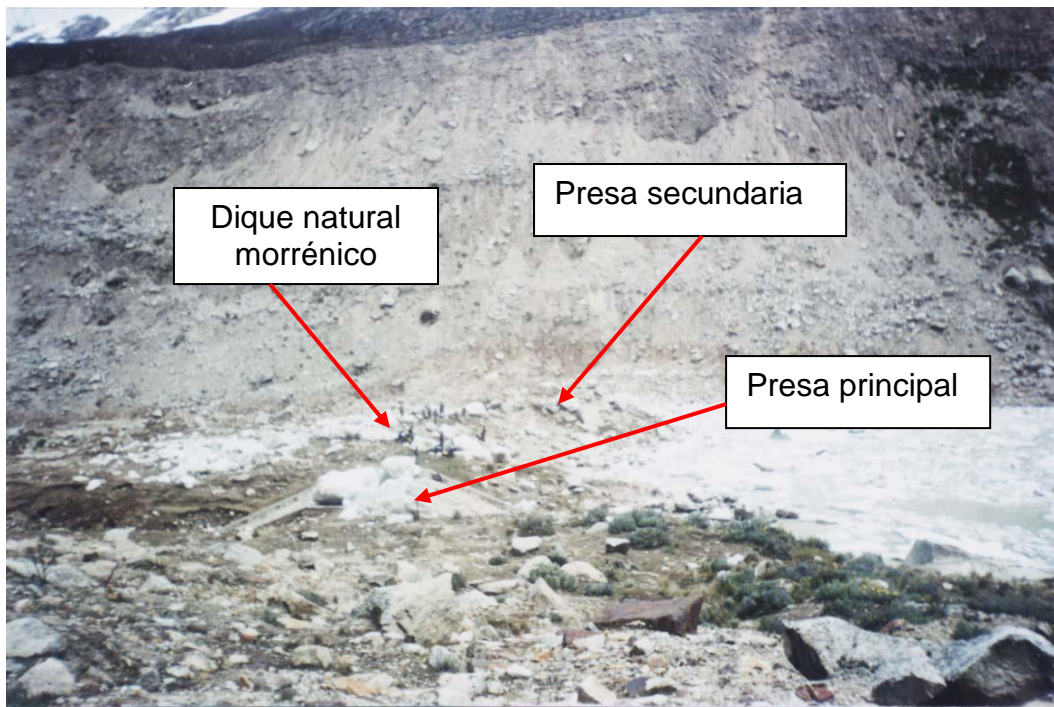
**FOTO 04** : En primer plano se ven las aletas de entrada, el conducto cubierto de sección circular y el talud interior de la presa artificial de la laguna Palcacocha.

**( DESPUES DEL DESBORDE )**

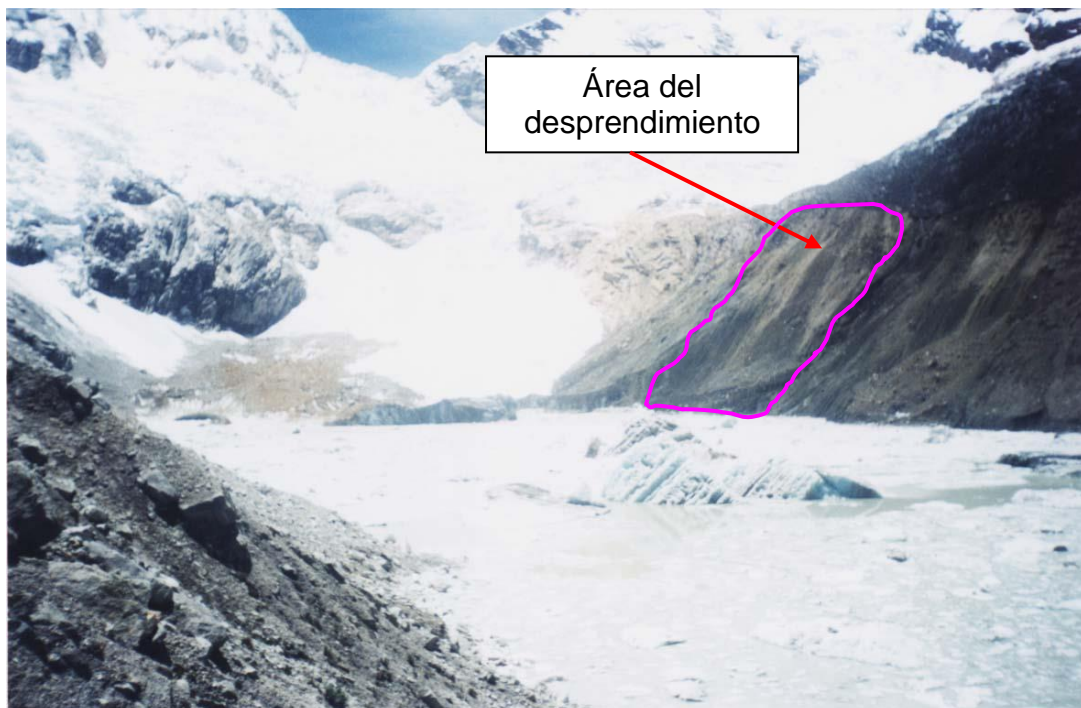
**FOTO 05 :** Se observa en la vista el área de la morrena frontal, donde se pueden ver la presa principal y la secundaria (extremo izquierdo aguas arriba), con el talud exterior totalmente erosionado.



**FOTO 06 :** Vista aérea de la laguna Palcacocha, con los bloques de hielos en toda la superficie del espejo de agua, se puede distinguir también el área de desprendimiento de la pared morrénica lateral izquierda (Jueves 20 de Marzo)

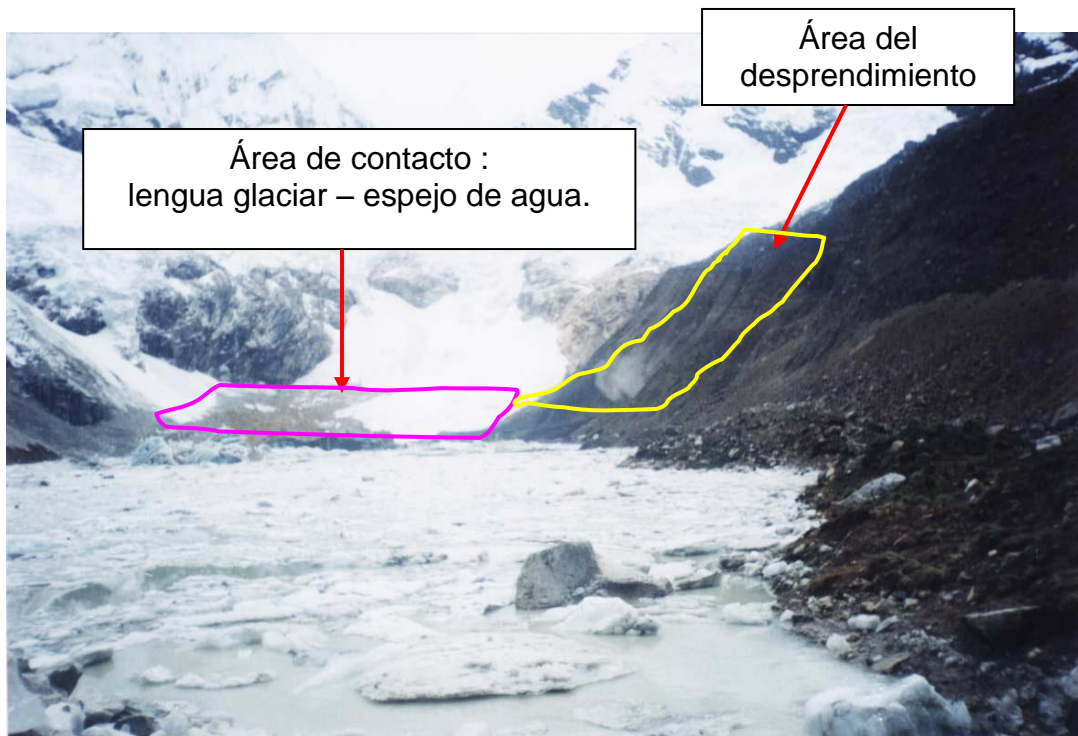


**FOTO 07** : Se aprecia en la vista el dique frontal, la presa principal y al extremo derecho la presa auxiliar. Sobre ellas se pueden observar los bloques de hielo y la fuerte erosión generada.



**FOTO 08** : La laguna palcacocha, con bloques de hielo en la superficie del espejo de agua. En el extremo izquierdo del área de desprendimiento de la pared morrénica.

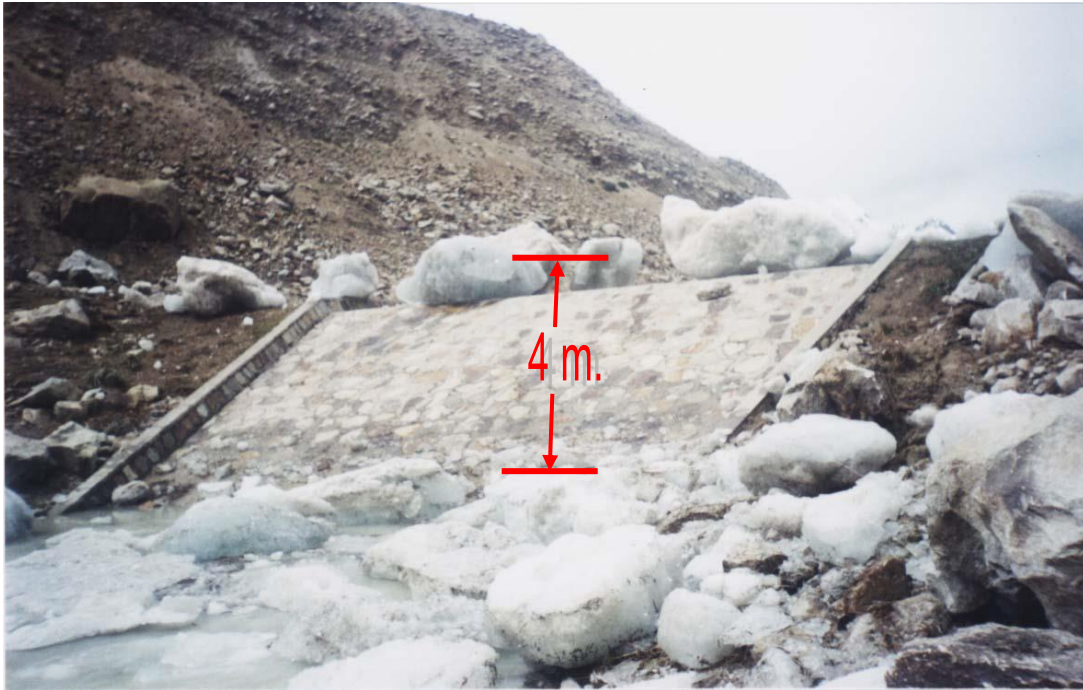




**FOTO 09** : En la vista el espejo de agua de la laguna Palcacocha totalmente cubierto con los bloques de hielo desprendidos de la parte terminal de la lengua glaciar, como consecuencia del impacto del material morrénico desprendido de la pared lateral izquierda.



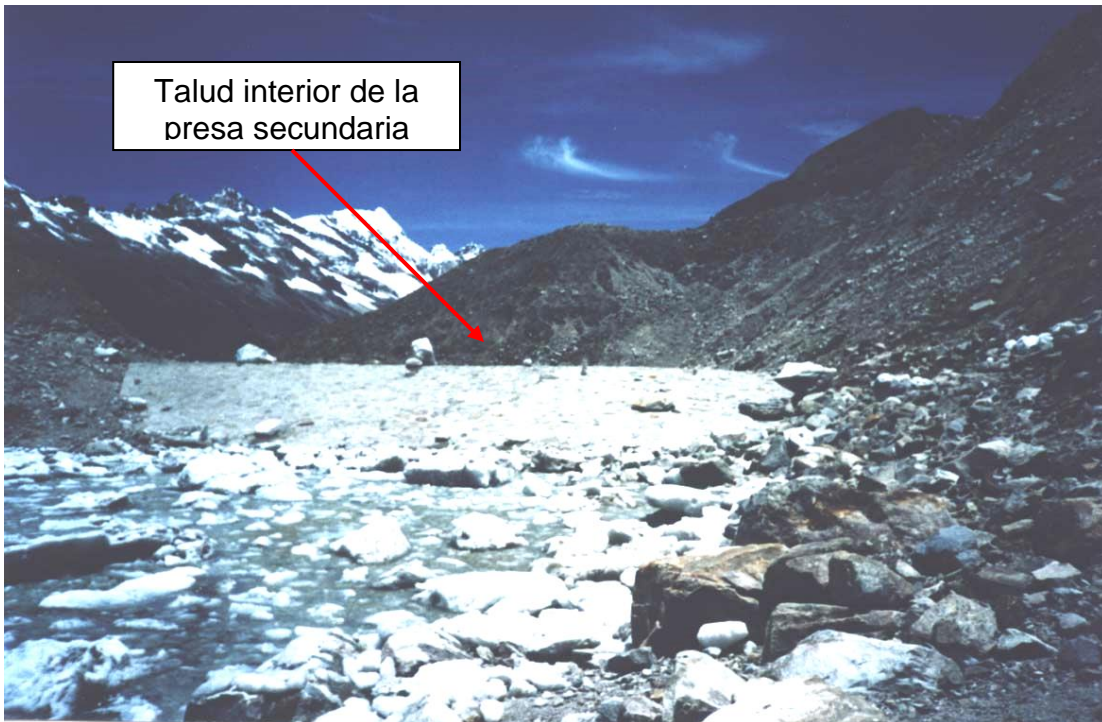
**FOTO 10** : La laguna palcacocha, el área de ingreso al ducto y el talud interior de la presa de seguridad. En la vista (21 de Marzo), el nivel del agua se encontraba a 4 m. por encima de la rasante del ducto cubierto. La presa tiene una altura de 8 m.



**FOTO 11** :Area del canal de ingreso (que no se observa) y la presa interior a media altura (4m.). También se observan los grandes bloques de hielo en la corona de la presa y su entorno.



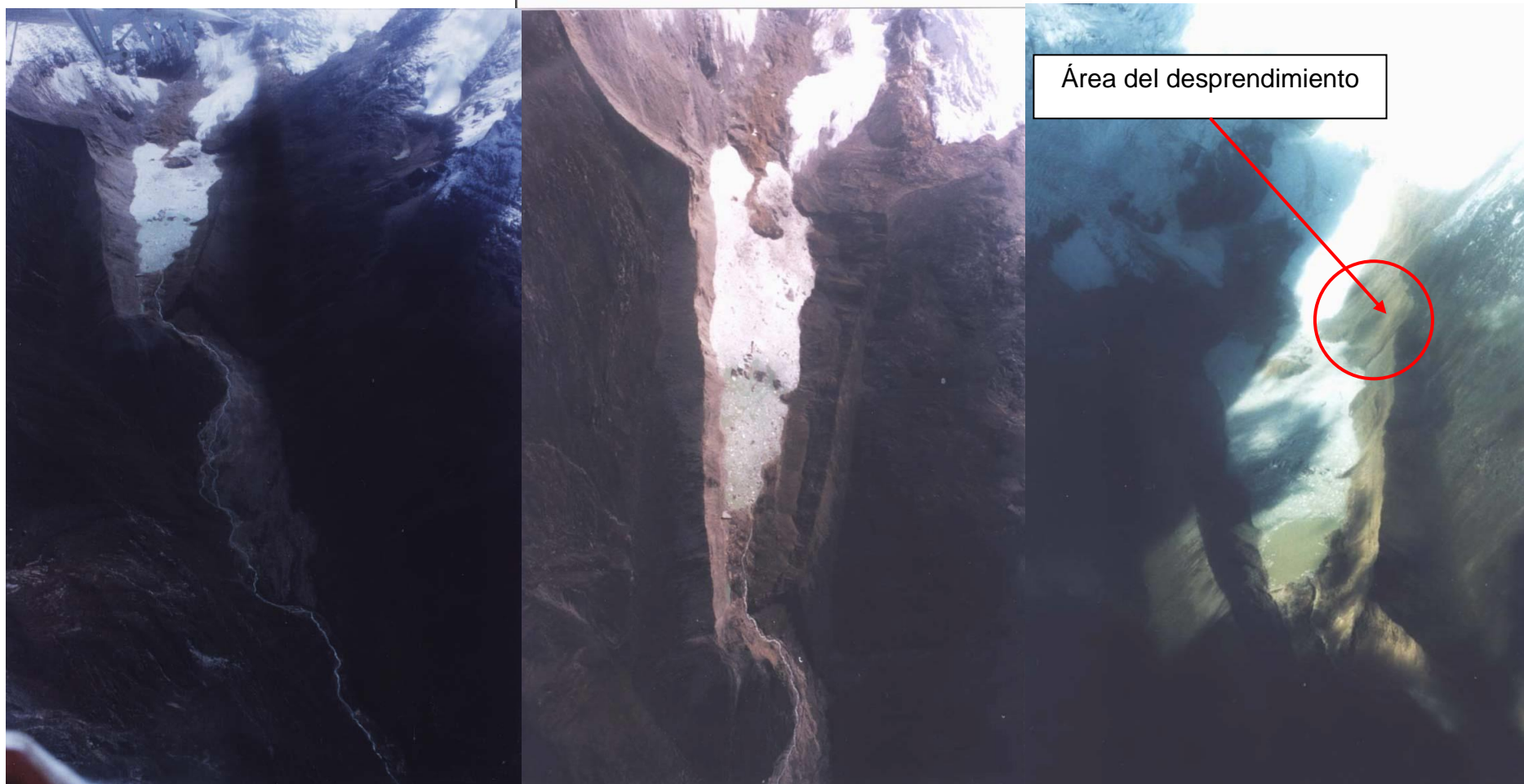
**FOTO 12** : Talud interior de la presa, sobre ella los bloques de hielo, y el canal de salida trabajando a plena carga. Se observa también la erosión en las morrenas laterales, así como el desprendimiento de la mampostería del ángulo inferior izquierdo de la presa.



**FOTO 13** : Talud interior de la presa secundaria en contacto con la laguna, a 4 m. de altura sobre el nivel promedio (21 de Marzo)



**FOTO 14** : Talud exterior de la presa secundaria, totalmente erosionado, como consecuencia del desborde de la laguna. Esta es la estructura con mayores daños.



**FOTO 15 :** Vista aérea de la laguna Palcacocha después del evento . Se observan en ella el área de desprendimiento, los bloques de hielo sobre el espejo de agua, la presa principal trabajando a plena carga y la presa secundaria con el talud exterior totalmente erosionado. Aguas abajo se puede ver también la sección y corte de la morrena, ocurrido en el evento del año 1941. (Lunes 24 de Marzo)

XII. MAPAS Y PLANOS.

