



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Instituto Nacional de Investigación
en Glaciares y Ecosistemas de Montaña



"Año del diálogo y la Reconciliación Nacional"

MINISTERIO DEL AMBIENTE

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

**DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN EN GLACIARES
SUBDIRECCIÓN DE RIESGOS ASOCIADOS A GLACIARES**

INFORME TÉCNICO N°04-2018-INAIGEM/DIG-SDRAG

*INFORME DE EVALUACIÓN DEL ESTADO ACTUAL DE LAS OBRAS DE
SEGURIDAD DE LA LAGUNA*

HUALLCACOCHA



Laguna Hualcacocha, Carhuaz, Ancash.

ELABORADO POR:

**ING. ADRIANA CABALLERO BEDRIÑANA
BACH. HILBERT VILLAFANE GÓMEZ**

Huaraz, agosto de 2018



CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN.....	3
2.	OBJETIVOS	3
3.	GENERALIDADES	3
	3.1. Ubicación:	3
	3.2. Accesibilidad	4
	3.3. Antecedentes	4
4.	METODOLOGÍA:	4
5.	RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	5
	5.1. Descripción geográfica.....	5
	5.2. Geotecnia.....	5
	5.3. Estado Actual de la Laguna y su Entorno:.....	7
	5.4. Obras de Seguridad:	10
6.	CONCLUSIONES	15
7.	RECOMENDACIONES.....	15

1. INTRODUCCIÓN

La Dirección de Investigación en Glaciares del INAIGEM, como parte de sus actividades programadas, viene desarrollando la “Evaluación del estado actual de las obras de seguridad y las condiciones geológicas, geotécnicas y glaciológicas de las lagunas: Yanaraju, Huallcacocha, Arteza y su entorno”, en razón de que se encuentran ubicadas en la sub cuenca Yanamayo, la primera, y en la sub cuenca Buin la segunda y tercera, y el desemboque de sus aguas atraviesa zonas pobladas de las provincias de Asunción y Carhuaz, en ese sentido, un eventual alud, afectaría a dichas zonas pobladas y su entorno, generando tanto pérdidas de vidas humanas, como perdidas económicas.

Al respecto, es de precisar que previo a la inspección de campo, se recopiló información documentaria de la Unidad de Glaciología y Recursos Hídricos de la Autoridad Nacional del Agua, la misma que sirvió como referencia de las obras existentes y fueron contrastada in situ.

En ese sentido, en la investigación de campo, realizada entre los días 17 al 19 de julio de 2018, se identificó que las obras de seguridad que se emplazan en la laguna Huallcacocha, habrían sido diseñadas en condiciones distintas a las actuales, sumándose a dicha situación, el hecho de que dichas obras ya cumplieron su periodo de vida útil (más de 40 años). De otra parte, se realizó la evaluación geotécnica de los depósitos glaciáricos adyacentes a las obras de seguridad y entorno de la laguna, así como la identificación de glaciares peligrosos; identificándose el nivel de peligro que representa dicha laguna.

2. OBJETIVOS

Determinar el estado actual de las obras de seguridad y entorno de la laguna Huallcacocha, a fin de determinar si representan un peligro para las poblaciones asentadas aguas abajo.

3. GENERALIDADES

3.1. Ubicación:

La laguna Huallcacocha se ubica al pie del nevado Ulta (Figura N°01), al noreste de la ciudad de Carhuaz, distrito Shilla, provincia Carhuaz; hidrográficamente pertenece a la subcuenca del río Buín, cuenca del río Santa, Cordillera Blanca.

Coordenadas (UTM):

Latitud : 220425.00
Longitud : 8986187.00
Cota : 4348 m.

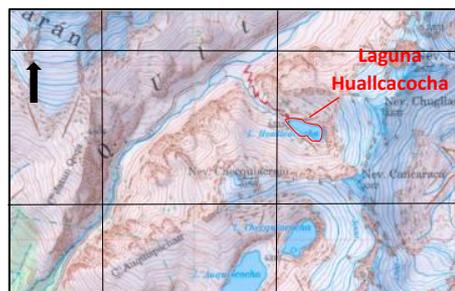


Figura N° 01. Mapa de ubicación de la laguna Huallcacocha.

3.2. Accesibilidad

El acceso se realiza desde la ciudad de Huaraz - Carhuaz (33.00 Km) por carretera asfaltada, Carhuaz – Puesto de Control PNH (24.0 Km) carretera asfaltada, continuando por la misma vía, hasta el Km. 28.5; a partir de donde se toma un camino de herradura hacia la laguna Hualcacocha (3.0 km). (Ver Tabla N° 01).

Tabla N° 01. Acceso a la laguna Hualcacocha

RUTA	VÍA	DISTANCIA (km)	TIEMPO (horas)	MEDIO
Huaraz - Carhuaz.	Asfaltada	33.0	0:45	Camioneta 4x4
Carhuaz – Puesto de Control PNH	Asfaltada	24.0	0:40	Camioneta 4x4
Puesto de Control PNH – Km. 28.5 Carretera Carhuaz - Chacas	Asfaltada	4.50	0.10	Camioneta 4x4
Km. 28.5 Carretera Carhuaz – Chacas – Laguna Hualcacocha	Camino de Herradura	3.00	2.00 hr	A pie

3.3. Antecedentes

A causa del nivel de peligro identificado en la laguna Hualcacocha, por la Comisión de Control Lagunas de la Cordillera Blanca – Ministerio de Fomento y Obras Públicas en 1951, en la década de 1960, se efectuó un tajo abierto en la morrena frontal de la laguna, reduciendo el nivel de su espejo de agua; para luego construir un conducto cerrado de albañilería de sección cuadrada de 1.00 m x 1.00 m y una longitud de 102 m con sus respectivos canales de entrada y salida, y sobre él, un dique artificial de 10 m de altura¹.

Posterior a ello, después del sismo de 1970, la Corporación Peruana del Santa realizó estudios geológicos, hidrológicos y topográficos, verificando que la laguna presentaba condiciones de peligrosidad por su volumen e inestabilidad en sus morrenas (caras internas), asimismo por la frecuencia de caída de masa glaciar y asentamiento presentado en el dique debido al sismo. En ese contexto, se consideró la construcción de un nuevo dique de seguridad, el cual fue ejecutado por etapas; durante los años 1971 y 1972 se construyó el campamento y un camino de herradura y posteriormente, durante los años 1973 a 1974 la UC-16 ELECTROPERU ejecutó la trocha carrozable y el corte a tajo abierto en la morrena frontal de la laguna, para finalmente en los años 1975 a 1976 construir el dique artificial de tierra sobre un conducto de desagüe y demás obras accesorias². posterior a ello en 1976, se construyeron las obras de seguridad y desagüe, comprendidas por una presa de tierra de 20 m. de altura, un conducto cubierto y sus respectivos canales de aducción y salida.

4. METODOLOGÍA:

La metodología aplicada, es la inspección directa en contraste con la información obtenida de manera preliminar.

¹ Expediente Técnico: Ejecución de la Obra de Consolidación de la Laguna Hualcacocha 2da. Etapa

² Memoria Bienal del Programa de Glaciología y Seguridad de Lagunas 1973–1974, Huaraz – Junio 1975, Pag. 49 y 50; ELECTROPERU, UC. 16

Procedimientos:**1. Etapa de Campo:**

Verificación in situ de lugar de emplazamiento de las obras de seguridad de la laguna Huallcacocha; determinándose su ubicación, características físicas y daños existentes en las mismas; asimismo, caracterización geotécnica del entorno; así como de determinación de la existencia de glaciares colgados. Para dicho fin, se hizo uso de un GPS, una wincha, picotas de geólogo, binoculares, cámara fotográfica y bolsas para muestras.

Es de precisar que, en la laguna Huallcacocha se obtuvieron muestras representativas de suelos, a fin de poder determinarse parámetros de suelo en laboratorio y así realizar el análisis de la estabilidad de dichos depósitos.

2. Etapa de Gabinete:

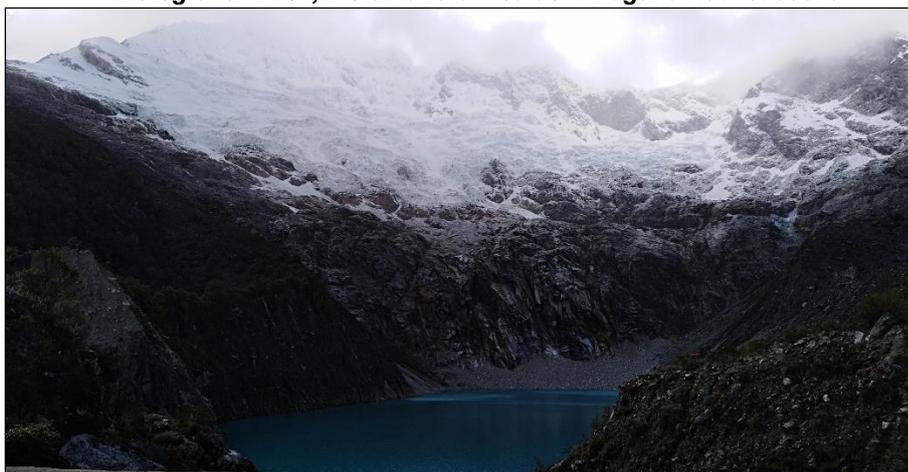
Análisis de los datos técnicos de los documentos que sustentan las características de las obras de seguridad que se emplazan en la laguna Huallcacocha, en contraste con la información obtenida in situ.

Evaluación del estado de las obras de seguridad, y determinación del probable comportamiento frente a las condiciones actuales de la laguna y su entorno.

5. RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN**5.1. Descripción geográfica**

La laguna Huallcacocha (4 355 msnm) se sitúa al pie de los nevados Ulta y Checquiaraju, flanco izquierdo de la quebrada Ulta, al noreste de la ciudad de Carhuaz, distrito de Shilla, provincia de Carhuaz; hidrográficamente pertenece a la subcuenca del río Buín, cuenca del río Santa, cordillera Blanca, cuyo espacio constituye un amplio valle interandino; el relieve topográfico es ondulado y muy accidentado, con zonas de pendiente moderada. Ver vista fotográfica N.º 01.

Fotografía N.º 01, Vista Panorámica de la Laguna Huallcacocha



Fuente: INAIGEM 2018

5.2. Geotecnia

La investigación geotécnica realizada, comprende la determinación de las características físicas (granulometría, límites de consistencia, contenido de humedad y clasificación de suelos SUCS y AASHTO) de los depósitos glaciáricos adyacentes a la laguna y a las obras emplazadas en la misma, tomadas de muestras representativas, a fin de determinar si los depósitos glaciáricos

representan un peligro para la estabilidad de la laguna. Se obtuvieron (2) muestras representativas en la morrena frontal de la laguna, las cuales fueron analizadas de acuerdo a la normativa y procedimientos establecidos por la American Society for Testing Materials (A.S.T.M.) y Normas Técnicas Peruanas:

Ensayo de Laboratorio	A.S.T.M.	N.T.P
Análisis Granulométrico por Tamizado	D422	339.128
Contenido de Humedad	D2216	339.127
Limite Líquido y Plástico	D4318	339.129
Clasificación SUCS	D2487	339.134

Figura N.º 02. Ubicación de Puntos de Muestreo - Laguna Hualcacocha



Tabla N° 2: Resumen de Muestras Tomadas

Nº	Muestra	Ubicación (UTM) (E,N)		Prof. (m)	Nivel Freático (m)	Zona de Muestreo	Detalles
1	MD - H01	219966	8986344	0.40	No hay	Trinchera	
2	MD - H02	219962	8986357	0.40	No hay	Trinchera	

Fuente: INAIGEM (julio 2018). Nota: (*) Datum WGS 84 Zona 18S

A continuación, se muestran los resultados de los ensayos de mecánica de suelos practicados en muestras representativas de los depósitos glaciáricos. Las muestras ensayadas fueron clasificadas usando el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) y el sistema ASSHTO; cuyos resultados se muestran en el Tabla N° 3: Resumen de Resultados de las Propiedades Índice.

Tabla N° 3: Resumen de Resultados de las Propiedades Índice

Nº	Muestra	Grava (%)	Arena (%)	Fino (%)	Contenido de Humedad (%)	LL	LP	IP	Clasificación SUCS	Clasificac ión ASSHTO	Detalles
1	MD -H01	41.8	52.3	5.8	1.6	NP	NP	NP	SW-SM	A-2-4(1)	Arena Bien Graduada con Limo y Grava

2	MD-H02	50.8	41.6	7.6	2.7	NP	NP	NP	GW-GM	A-2-4(1)	Grava Bien Graduada con Limo y Arena.
---	--------	------	------	-----	-----	----	----	----	-------	----------	---

Fuente: INAIGEM (junio 2018).

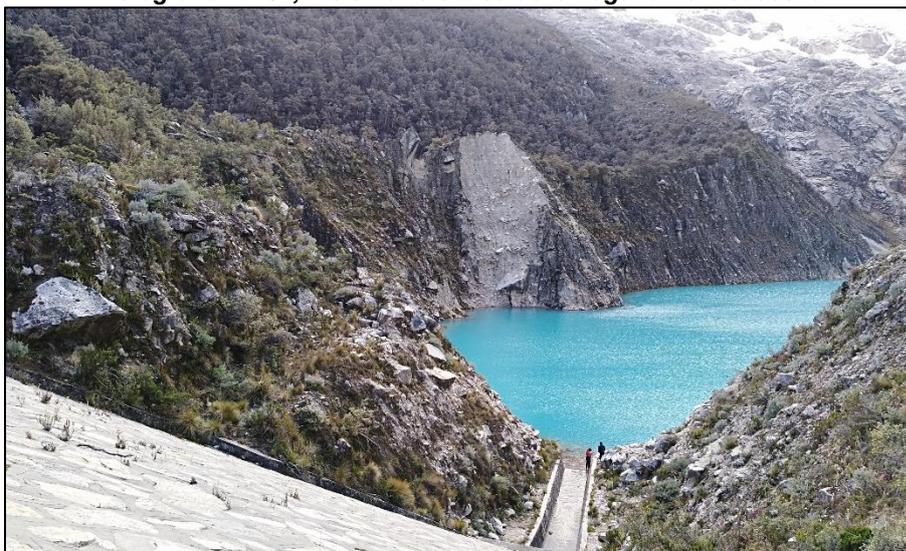
Los resultados indican la presencia de suelos gruesos con una cantidad baja de finos, por ende, baja cantidad de material cementante en el conglomerado, lo cual desfavorece a su estabilidad.

En base a los resultados se estima que, los depósitos glaciáricos laterales y frontal de la laguna Hualcacocha, están conformados por suelos tipo SW-SM y GW-GM, siendo estos suelos de mediana competencia para la estabilidad en taludes. Adicional a lo cual debe considerarse que dichos suelos se emplazan en taludes elevados de 45° de inclinación en promedio.

5.3. Estado Actual de la Laguna y su Entorno:

La laguna Hualcacocha, es un cuerpo de agua, cuyo vaso de almacenamiento está formado, lateral y frontalmente por depósitos glaciáricos; su volumen, bordearía los 5 251 139 m³ y tendría una profundidad máxima de 75 m (Fuente: UGRH-ANA, 2014).

Fotografía N.º 02, Vista Panorámica de la Laguna Hualcacocha



Fuente: INAIGEM 2018

Depósitos Glaciáricos:

Realizada la inspección física de los depósitos glaciáricos del entorno de la laguna Hualcacocha, se identificó que, en la zona frontal adyacente al dique (lados derecho e izquierdo) de protección de la laguna, se emplazan depósitos de fragmentos de roca en matriz de arenas y limos, de compacidad media, con la presencia de vegetación menor en un 60% de su superficie aproximadamente, a una profundidad de 0.34 m en promedio.

Cabe destacar, que se extrajeron muestras representativas en los depósitos glaciáricos frontal y laterales izquierdo y derecho, las cuales vienen siendo analizadas en un laboratorio de mecánica de suelos, en relación a su clasificación

SUCS y sus parámetros de cohesión, fricción y peso específico, a fin de realizar un análisis aproximado de la estabilidad de dichos depósitos.

Depósito Glaciárico Lateral Derecho:

Se identifica un talud elevado (Ang.aprox = 70°), en fragmentos de roca en matriz de arena limosa, de compacidad de media a alta; con cobertura vegetal parcial. Es de precisar que, se visualiza una masa de depósitos expuesta, con un elevado grado de riesgo de desplome, siendo de un talud elevado y estando en contacto, dicha masa, con el espejo de agua de la laguna, situación que condiciona el peligro de la misma (Ver Fotografías N.º 03 y 04).

Fotografías N.º 03 y 04: Vistas del Depósito Glaciárico Lateral Derecho de la Laguna Hualcacocha

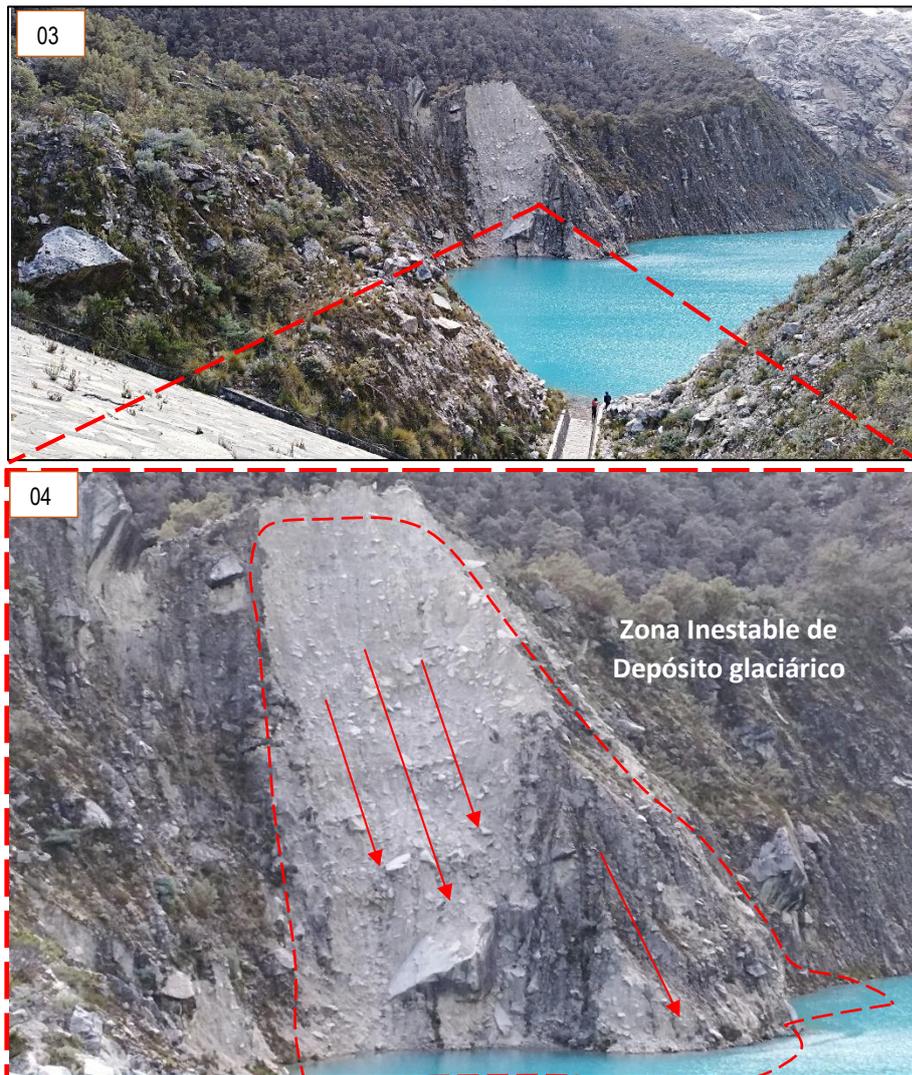


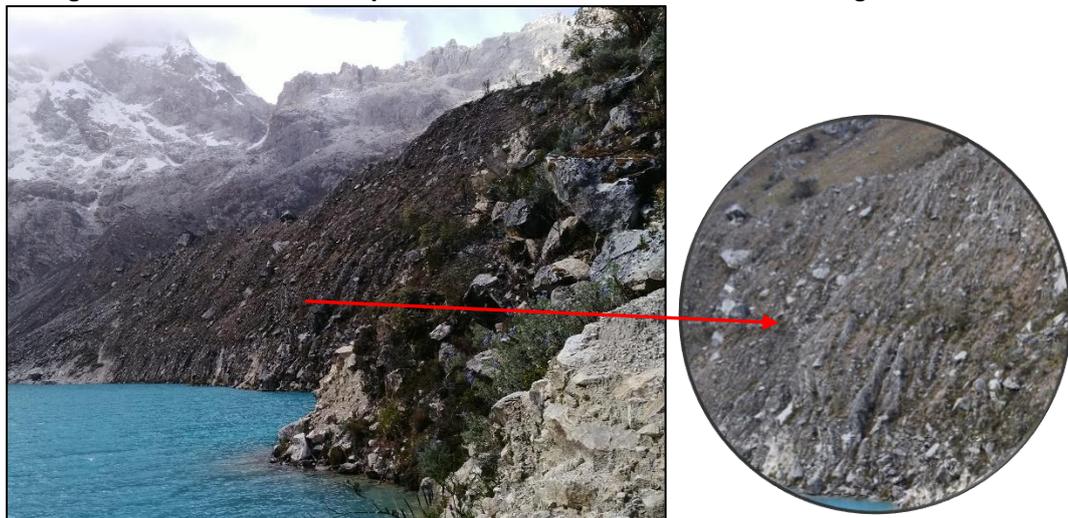
Figura N° 03: Vista del Entorno de la Laguna Hualcacocha



Depósito Glaciárico Lateral Izquierdo:

Se identifica un talud elevado, no obstante, de menor ángulo de inclinación (Ang.aprox = 60°), compuesto por fragmentos de roca en matriz de arenas y limos, de compacidad media; con cobertura vegetal parcial. Dicho talud está en contacto directo con el espejo de agua, situación que condiciona el peligro de la misma (Ver Fotografía N.º 05).

Fotografías N.º 05: Vista del Depósito Glaciárico Lateral Derecho de la Laguna Huallcacocho



Fuente: INAIGEM 2017

Depósito Glaciárico Frontal:

Se identifica un conglomerado de fragmentos de roca en matriz de arena limosa, de compacidad de media a alta; con cobertura vegetal parcial. Es de precisar que, se visualiza una masa de depósitos expuesta, con escasa cobertura vegetal.

Fotografía N.º 06 y 07: Se visualiza la composición del material del depósito glaciárico frontal, adyacente al dique de la laguna Huallcacocho.



Fuente: INAIGEM 2017

5.4. Obras de Seguridad:

En la inspección in situ realizada en julio de 2018, se identificó el estado actual de las obras de seguridad emplazadas en la laguna Huallcacocho, el cual es detallado a continuación:

Presa de Tierra

De acuerdo a información referencial, la presa estaría constituida por un núcleo de material arcilloso, y los paramentos aguas arriba y abajo impermeabilizados con mampostería de piedra, al igual que la corona. La presa tiene una altura de 20 m, y su estado de conservación es regular, presentando únicamente algunas rajaduras y desprendimiento del emboquillado. (Ver Fotografías N.ºs 08, 09 y 10).

Fotografía N.º 08: Obras de Seguridad de la Laguna Huallcacocho



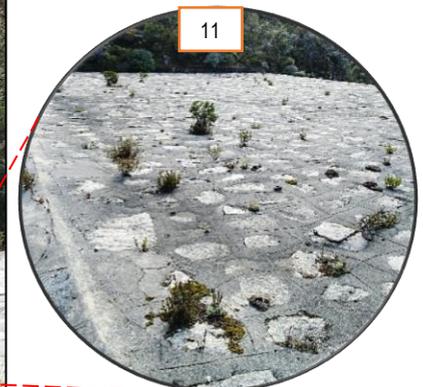
Fuente: INAIGEM, Mayo 2018

Fotografía N.º 09: Dique de seguridad: se visualiza deterioro del revestimiento – cara anterior del dique.



Fuente: INAIGEM, mayo 2018

Fotografías N.º 10 y 11: Dique de seguridad: se visualizan zonas erosionadas, deterioro del revestimiento de la cara posterior del dique y canal de salida.

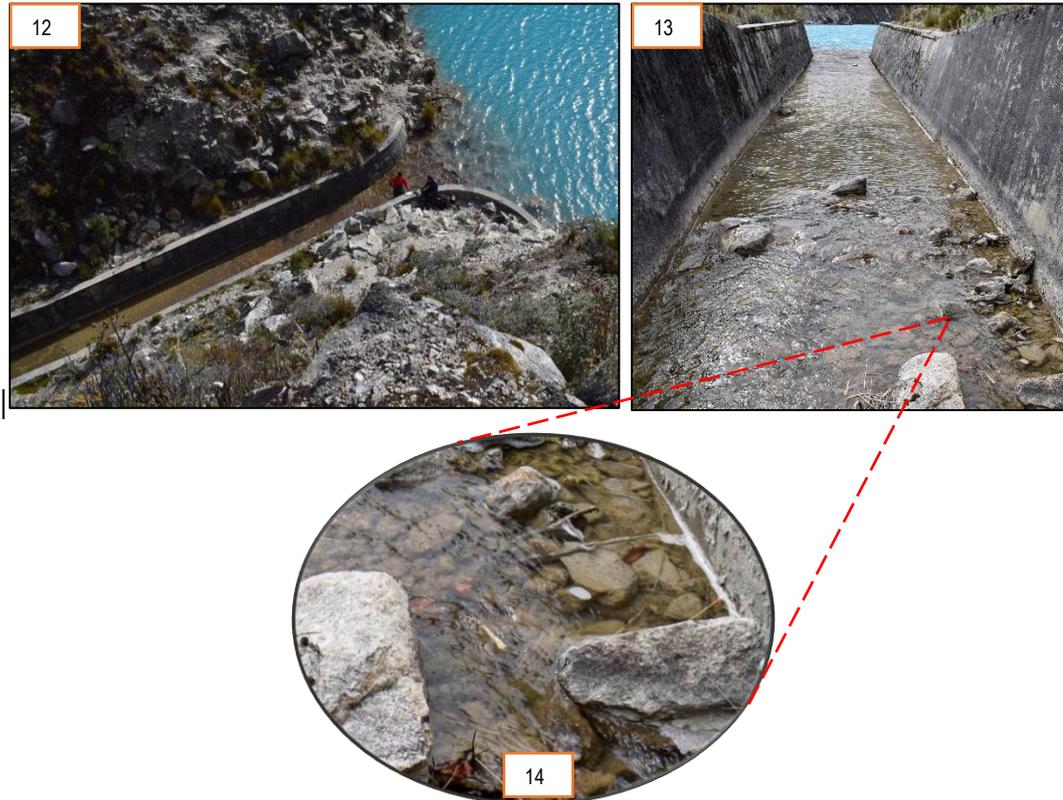


La situación descrita, no permitió el crecimiento de la vegetación en el mismo, únicamente se visualiza el crecimiento de la vegetación en las zonas laterales (contacto con el depósito glaciárico). Asimismo, en dichas zonas de contacto, se visualizan depresiones en el terreno, producto de la erosión pluvial. No obstante, en el cuerpo de la presa, no se observan depresiones que denoten fallas en su estructura.

Canal de Aducción

Compuesto por un canal de 26 m de largo, de forma trapezoidal, con aletas de ingreso de forma parabólica, sus paredes son de albañilería de piedra, revestido con mortero cemento-arena, piso de concreto; dichas estructuras se encontrarían en regular estado de conservación, no obstante, se requiere de la limpieza del canal y el reemplazo del tarrajeo. (Ver fotografías N.º 12, 13 y 14).

Fotografías N.º 12, 13 y 14: Canal de Aducción: se visualiza una canal en regular estado de conservación, requiriendo limpieza y reemplazo de tarrajeo en paredes.



Fuente: INAIGEM, julio 2018

En relación a las aletas del canal de aducción, se visualiza deterioro de las mismas y carencia de dicha estructura en una zona anterior, propensa al desprendimiento de bloques que podrían obstruir la zona de salida de la laguna (Ver fotografía N.º 15).

Fotografía N.º 15: Aletas del Canal de Aducción.

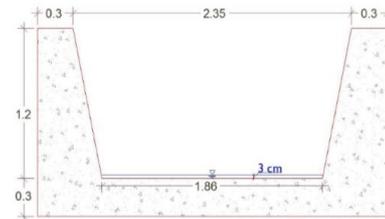


Fuente: INAIGEM, julio 2018

De otra parte, cabe precisar que, la laguna Huallcacochoa es alimentada por precipitación pluvial y por fusión glaciár; descargándose por rebose, mediante un

canal revestido de concreto, con un caudal estimado por el método de correntómetro, en 16.27 Lt/seg. (20 de julio de 2018) (Ver fotografía N.º 16).

Fotografía N.º 16: Aletas del Canal de Aducción.



Fuente: INAIGEM, julio 2018

Conducto Cubierto

Se visualiza un conducto cubierto de concreto, de 1,80 m de diámetro interno y una longitud de 77 m, el cual se encuentra en buen estado de conservación, no evidenciándose deformaciones por carga, tampoco deterioros considerables en su revestimiento. (Ver fotografía N.º 17).

Fotografía N.º 17: Aletas del Canal de Aducción.



Fuente: INAIGEM, julio 2018

Canal de Salida

Se observa un canal de salida rectangular, de 16 m de largo, paredes construidas con albañilería de piedra y revestimiento de mortero cemento: arena, piso de concreto; en general el canal muestra condiciones regulares, poseyendo únicamente deterioro superficial, por el impacto de bloques de rocas en sus paredes (Ver fotografía N.º 18).

Fotografía N.º 18: Canal de Salida.



Fuente: INAIGEM, julio 2018

Rápida

Se observa una rápida de forma rectangular (sección variable), con piso de concreto armado y muros de albañilería de piedra revestidos de mortero cemento: arena, con una longitud de 40 m; su estado de conservación es regular. (Fotografía N° 18).

Fotografía N° 18: Rápida, posterior al Canal de Salida de la laguna Hualcacocha, se visualiza revestimiento deteriorado y erosión en la parte terminal de la estructura.



Fuente: INAIGEM, julio 2018

Finalmente, en la zona de salida del canal de desagüe, se tiene la presencia de taludes erosionados; asimismo se visualizan las caras anteriores a las paredes del canal, expuestas; situación que denota el deterioro de dichas estructuras, por ende, es necesario se adopten las medidas de protección a corto plazo, a fin de evitar la progresión de los deterioros.



6. CONCLUSIONES

- 6.1 Las obras de seguridad de la laguna Huallacocha, poseen deterioros visibles superficiales, los cuales podrían ser subsanados a corto plazo con la ejecución de un mantenimiento periódico que incluya subsanar las zonas deterioradas del revestimiento de la presa, reemplazo del revestimiento de los canales de ingreso y salida, refuerzo de la zona socavada de las paredes del canal y protección de las zonas expuestas aledañas a las obras de seguridad. Las acciones descritas permitirían reducir el peligro que dicha laguna representa.
- 6.2 Los depósitos glaciáricos laterales y frontal de la laguna Huallacocha, conformados por suelos tipo arenosos y gravosos, son de mediana competencia para la estabilidad en taludes, tratándose además de taludes elevados.
- 6.3 Existe una masa de depósitos expuesta (morrena colgada), con un elevado grado de riesgo de desplome, siendo de un talud muy elevado (70°) y estando en contacto con el espejo de agua de la laguna, situación que condiciona el peligro de la misma.

7. RECOMENDACIONES

- 7.1 Se recomienda la ejecución de estudios a detalle a corto plazo, correspondientes a la laguna Huallacocha, a fin de determinar con precisión las características de las morrenas y descartar la existencia de planos de debilidad en sus estratos, que podrían constituir zonas propensas a la tubificación y posterior desembalse de la laguna.
- 7.2 Se recomienda el mantenimiento periódico de las obras de seguridad, lo cual comprende el reemplazo del tarrajeo del dique en sus zonas deterioradas y en los canales de ingreso y salida; asimismo ampliar la aleta de ingreso al canal de aducción.
- 7.3 Se debe realizar un monitoreo permanente de la morrena colgada existente en el flanco derecho de la laguna, a fin de advertir de posibles desplazamientos peligrosos.