



**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°020-2018-INAIGEM/DIG-SDRAG**

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

## **LEJIACOCHA**



Laguna Lejiacocha, Carhuaz, Ancash.

**Elaborado por:**

**Ing. Adriana Caballero Bedriñana**

**Ing. Harrinson Jara Infantes**

**Bach. Hilbert Villafane Gómez**

**Huaraz, octubre de 2018**



## CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN .....	3
2.	OBJETIVOS .....	3
3.	GENERALIDADES.....	3
	3.1. Ubicación .....	3
	3.2. Accesibilidad .....	4
	3.3. Antecedentes.....	5
4.	METODOLOGÍA:.....	5
4.1.	Etapa de Campo: .....	5
4.2.	Etapa de Gabinete:.....	5
5.	RESULTADOS.....	5
	5.1. Laguna Lejiacocha .....	5
	5.2. Geotecnia.....	6
	5.3. Estado Actual de la Laguna y su Entorno:.....	8
	5.3.1. Depósitos Glaciáricos: .....	8
	5.3.2. Depósito Glaciárico Lateral Derecho:.....	8
	5.3.3. Depósito Glaciárico Lateral Izquierdo: .....	9
	5.3.4. Depósito Glaciárico Frontal: .....	10
	5.4. Obras de Seguridad:.....	10
	5.4.1. Canal de Ingreso o Aducción .....	11
	5.4.2. Conducto Cubierto .....	11
	5.4.3. Presa de Tierra.....	11
	5.4.4. Rápida.....	13
	5.5. Aforo de Caudales.....	15
6.	CONCLUSIONES .....	15
7.	RECOMENDACIONES .....	15



## 1. INTRODUCCIÓN

La Dirección de Investigación en Glaciares (DIG), mediante la Sub dirección de Riesgos Asociados a Glaciares (SDRAG), tiene como parte de sus actividades programadas en el Presupuesto Operativo Institucional 2018 (POI-2018), la "Evaluación del estado actual de las obras de seguridad y las condiciones geológicas, geotécnicas y glaciológicas de las lagunas: Lejiacocha, Akillpo y su entorno", en razón de que se encuentran ubicadas en la Subcuenca del río Marcará, Microcuenca de la quebrada Lejiamayó y el desemboque de sus aguas atraviesa zonas pobladas como el distrito de Marcará, centro poblado de Vicos en ese sentido, un eventual aluvión, afectaría a dichas zonas y su entorno, generando tanto pérdidas de vidas humanas, como pérdidas económicas.

Así mismo, se recopiló información documentaria de la Unidad de Glaciología y Recursos Hídricos de la Autoridad Nacional del Agua, la misma que sirvió como referencia para la identificación de las obras existentes in situ.

En ese sentido, en la investigación de campo, realizada el día 02 de octubre de 2018, se identificó que las obras de seguridad que se emplazan en la laguna Lejiacocha, 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 50 años)<sup>1</sup>. 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 su estado actual de la obra de seguridad y la estabilidad del entorno que podría generar peligro a la laguna y consecuentemente para las poblaciones asentadas aguas abajo.

## 3. GENERALIDADES

### 3.1. Ubicación

La laguna Lejiacocha se ubica al pie del nevado Copa grande (Figura N°01), al este de la ciudad de Carhuaz, distrito Marcará, provincia Carhuaz.

Geográfica:

Referencia: centroide de la laguna<sup>2</sup>

Coordenadas Norte	:	8 972 513,00
Coordenadas Este	:	224 488,00
Zona	:	18 S
UTM Datum	:	WGS'84
Cota	:	4 607,00 m s.n.m.

Política:

Distrito	:	Marcará
Provincia	:	Carhuaz
Departamento	:	Ancash

<sup>1</sup> Informe de la Comisión de Control de Lagunas de la Cordillera Blanca, 1953 – 1954.

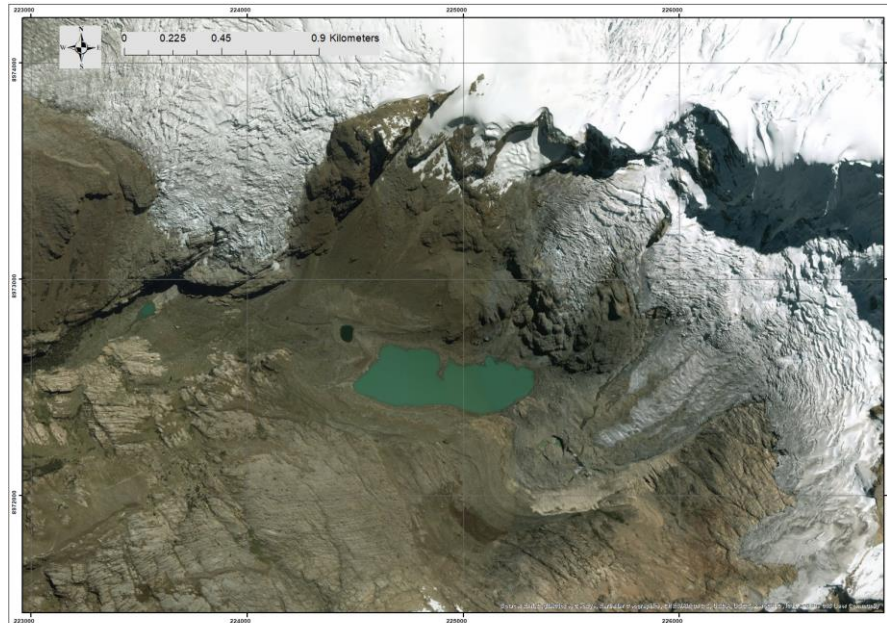
<sup>2</sup> Informe de Batimetría de la Laguna Akillpo, UGRH, 2012.

**Hidrográfica:**

Microcuenca : Lejiamayo  
Sub cuenca : Río Marcará  
Cuenca : Río Santa  
Vertiente : Pacífico

**Criogenia:**

Cordillera Glaciar : Blanca  
Zona : Norte

**Figura N° 01. Ubicación de la laguna Lejiacocha.**

Fuente: INAIGEM, octubre 2018

**3.2. Accesibilidad**

El acceso se realiza desde la ciudad de Huaraz – Marcará (26,7.00 Km) por carretera asfaltada, Marcará – Vicos (6,3 Km) carretera afirmada, continuando por la entrada quebrada Lejiamayo (4,5 km); a partir de donde se toma un camino de herradura hacia la laguna Lejiacocha (12,0 km). (Ver Tabla N° 01).

**Tabla N° 01. Acceso a la laguna Lejiacocha**

RUTA	VÍA	DISTANCIA (km)	TIEMPO (horas)	MEDIO
Huaraz - Marcará.	Asfaltada	26,70	0:40	Camioneta 4x4
Marcará - Vicos	Afirmada	6,30	0:25	Camioneta 4x4
Vicos – Entrada a la quebrada Lejiamayo	Afirmada	4,50	0:40	Camioneta 4x4
Entrada a la quebrada Lejiamayo – Laguna Lejiacocha	Camino de Herradura	12,0	5:00	A pie
			6:45	



### 3.3. Antecedentes

A causa del nivel de peligro identificado en la laguna Lejiacocha, por la Comisión de Control Lagunas de la Cordillera Blanca – Ministerio de Fomento y Obras Públicas en 1951; se dio inicio a las obras, las cuales fueron concluidas en 1953, habiéndose realizado un corte lateral de 85 m de longitud y 13,50 m de profundidad, con lo cual se habría bajado el nivel del agua en 6 m; así también se construyó una presa de tierra, de 6 m de altura, atravesada por un conducto cubierto de 1 m de ancho y 60 m de largo, que desagua a una rápida de 50 m de lago por 10 de ancho máximo.

Al respecto, además, se ha tomado conocimiento que, en 1953, la laguna tenía 840 m de largo por 300 m de ancho, con un volumen estimado en 3,5 millones de m<sup>3</sup>, cuya distancia a la población de Marcará es de 160 km.

## 4. METODOLOGÍA:

### 4.1. Etapa de Campo:

- Verificación in situ de lugar de emplazamiento de las obras de seguridad de la laguna Lejiacocha; 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 Lejiacocha 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.

### 4.2. 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 Lejiacocha, 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

### 5.1. Laguna Lejiacocha

Esta laguna se localiza a una altitud de 4 607 m s.n.m. se sitúa al pie del nevado Copa, en la cabecera de la quebrada Lejiamayó, al este de la ciudad de Carhuaz, distrito de Marcará, provincia de Carhuaz; hidrográficamente pertenece a la Subcuenca del río Marcará, 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 fotografía N.º 01.

**Fotografía N.º 01, Vista Panorámica de la Laguna Lejiacocha**

Fuente: INAIGEM 2018

## 5.2. Geotecnia

La investigación geotécnica realizada, comprende la determinación de las características físicas de los depósitos glaciáricos adyacentes a la laguna y a las obras emplazadas en la misma, tomadas de muestras representativas; a fin de realizar la evaluación de la estabilidad de dichos depósitos y el peligro que representan para la estabilidad de la laguna y de las obras emplazadas en ella.

En síntesis, se obtuvieron (2) muestras representativas en la morrena frontal y morrenas laterales de la laguna, las cuales permitieron la caracterización de los depósitos, y determinar su competencia para la estabilidad de los taludes.

A continuación, se muestran los detalles de la caracterización de los puntos de muestreo de los depósitos glaciáricos:

**Tabla N.º 02. Puntos de Muestreo de Suelos, Laguna Lejiacocha**

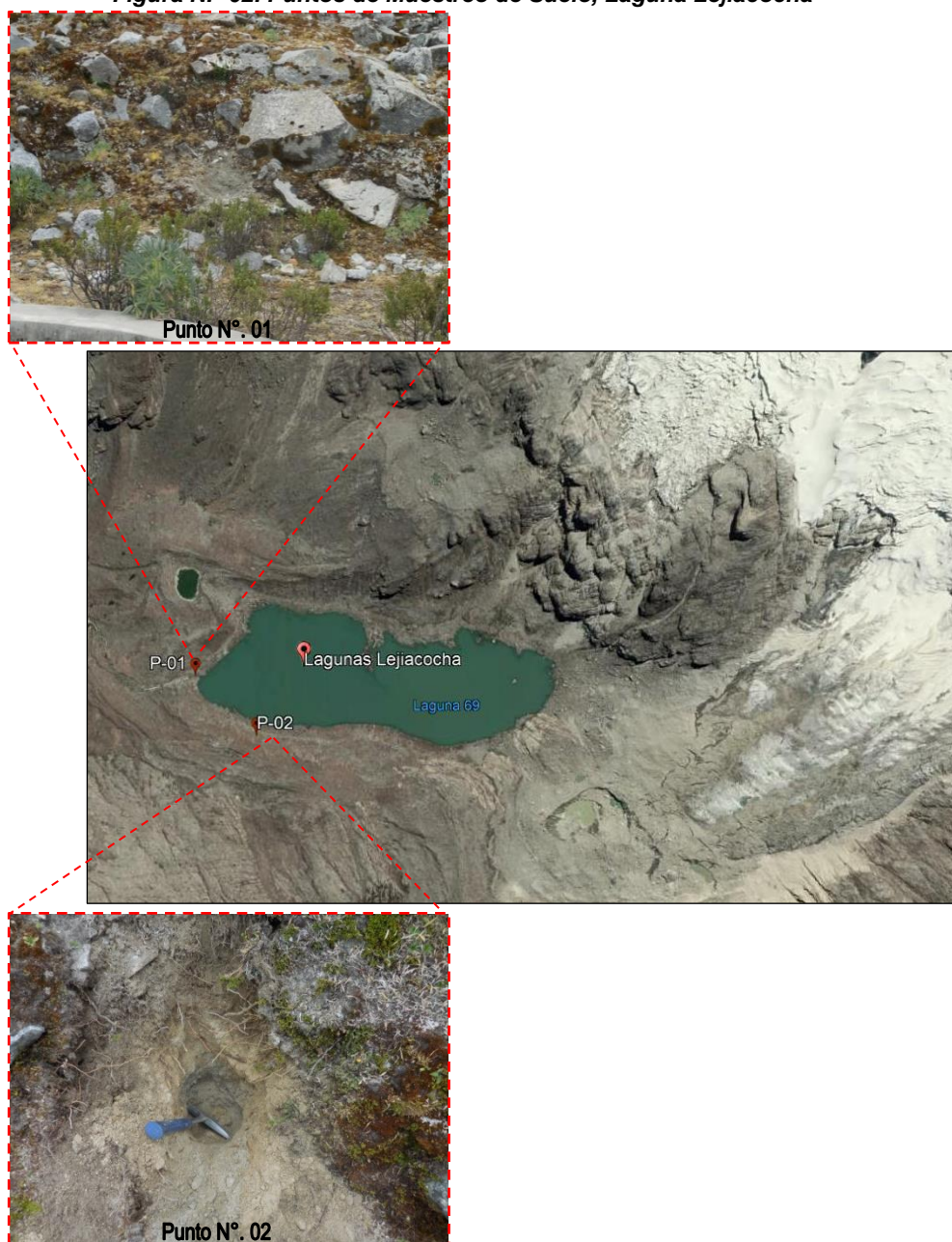
PUNTO	ESTE	NORTE	ALTURA	MUESTRA	DESCRIPCION	OBSERVACIONES	MATERIAL (%)				
							BI %	B %	G %	A %	F %
01	224482	8972522	4605	18100_MD-L02 (2)	Conglomerado de fragmentos de roca en matriz de arena limosa, de compacidad de media a alta, con escasa cobertura vegetal.	--	5	15	20	40	20
02	224631	8972383	4609	18100_2_MD-L01 (2)	Morrena lateral izquierda, presencia de materia orgánica y bolones en superficie. Picota penetra con dificultad en el suelo.	--	5	20	30	20	25

Fuente:

INAIGEM 2018

“Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional”

**Figura N.º 02. Puntos de Muestreo de Suelo, Laguna Lejiacocha**



Fuente: INAIGEM 2018

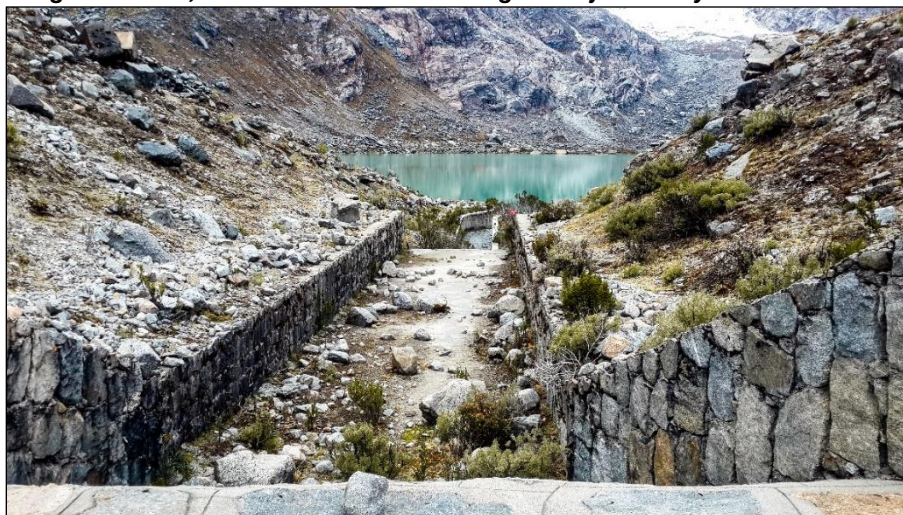
La caracterización de las muestras obtenidas, denotan que los depósitos glaciáricos de la laguna Lejiacocha, están compuestos por material grueso, arenas limosas con presencia de bloques; existiendo una baja cohesión entre sus partículas, por tanto, suelos altamente compresibles y de baja capacidad de soporte, sujeto a fenómenos de colapso y licuación.

### 5.3. Estado Actual de la Laguna y su Entorno:

La laguna Lejiacocha, es un cuerpo de agua, cuyo vaso de almacenamiento está formado, lateral y frontalmente por depósitos glaciáricos, los cuales poseen una pendiente moderada.

De acuerdo a información que obra en la UGRH – ANA, posee un volumen estimado en 1 486 550,00 m<sup>3</sup>, y una profundidad máxima de 19 m.

*Fotografía N.º 02, Vista Panorámica de la Laguna Lejiacocha y su Canal de Salida*



*Fuente: INAIGEM 2018*

#### 5.3.1. Depósitos Glaciáricos:

Realizada la inspección física de los depósitos glaciáricos del entorno de la laguna Lejiacocha, se identificó que, en la zona frontal adyacente al dique de protección de la laguna, se emplazan depósitos de fragmentos de roca en matriz de arena limosa de compacidad de media a alta, con la presencia de vegetación menor en un 60% de su superficie aproximadamente, a una profundidad de 0,30 m en promedio.

Cabe destacar, que se extrajeron muestras representativas en los depósitos glaciáricos frontal y laterales izquierdo y derecho, las cuales fueron analizadas en un laboratorio de mecánica de suelos, a fin de obtener la caracterización física de los mismos. Identificándose que la composición del material le otorga un grado de estabilidad medio.

#### 5.3.2. Depósito Glaciárico Lateral Derecho:

Se identifica un talud de pendiente media, que va de 30° a 60°, de compacidad de media a alta; con escasa cobertura vegetal. Es de precisar que, se visualiza una masa de depósitos expuesta, no obstante, de baja potencia, ya que en algunas zonas se visualiza la exposición del macizo rocoso (Ver Fotografías N.º 03).



**Fotografía N.º 03: Vista del Depósito Glaciárico Lateral Derecho de la Laguna Lejiacocha**

Fuente: INAIGEM 2018

**Figura N° 03: Vista del Entorno de la Laguna Lejiacocha**

Fuente: INAIGEM 2018

### 5.3.3. Depósito Glaciárico Lateral Izquierdo:

Se identifica un talud elevado, no obstante, de menor ángulo de inclinación (Ang.aprox = 25° a 30°), compuesto por fragmentos de roca en matriz de arena limosa, de compacidad de media a alta; con cobertura vegetal; dicho talud está en contacto directo con el espejo de agua, pudiendo generarse desplomes progresivos, no obstante, no representa un peligro elevado, siendo que dicho deposito ya habría alcanzado su ángulo de reposo. (Ver Fotografía N.º 04).

*“Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional”*

**Fotografía N.º 04: Vista del Depósito Glaciárico Lateral Derecho de la Laguna Lejiacocha**



*Fuente: INAIGEM 2018*

**5.3.4. 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 05: Se visualiza la composición del material del depósito glaciárico frontal, adyacente al dique de la laguna Lejiacocha.***



*Fuente: INAIGEM 2018*

**5.4. Obras de Seguridad:**

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

#### 5.4.1. Canal de Ingreso o Aducción

Compuesto por un canal de 22 m de largo, de sección rectangular, 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 encuentran en regular estado de conservación, no obstante, se requiere de la limpieza del canal y el reemplazo del tarrajeo. (Ver fotografías N.º 06a y 06b).

**Fotografías N.º 06a y 06b: Canal de aducción, se visualiza una canal en regular estado de conservación, requiere limpieza.**



Fuente: INAIGEM, octubre 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.

#### 5.4.2. Conducto Cubierto

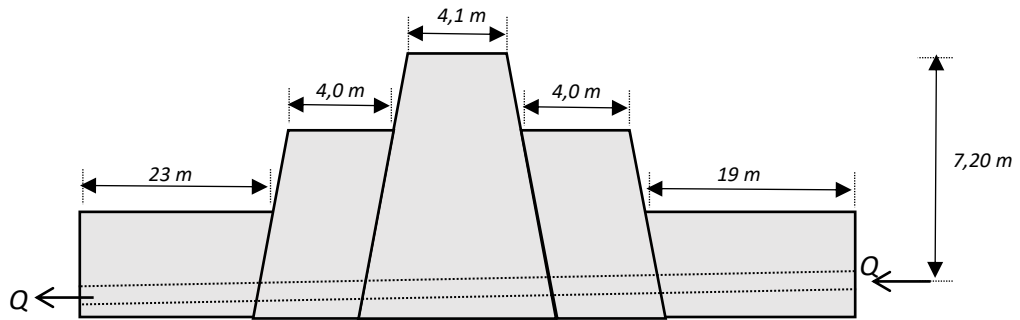
Se visualiza un conducto cubierto con revestimiento de concreto, de sección tipo herradura de 1,80 m de diámetro interno (ancho) y una longitud de 64 m, el cual se encuentra en buen estado de conservación, no evidenciándose deformaciones por carga, únicamente deterioros en su revestimiento, los cuales se deberían al golpe de material pétreo arrasado por el agua. (Ver fotografía N.º 07).

#### 5.4.3. Presa de Tierra

De acuerdo a información referencial, la presa estaría constituida por un núcleo de tierra, y los paramentos aguas arriba y abajo revestidos con mampostería de piedra, al igual que la corona. La presa tiene una altura de 7,20 m, medido desde la base del canal hasta la corona de la presa, ver figura N.º 04. Su estado de conservación es regular, presentando únicamente algunas fisuras y desprendimiento de rocas de los taludes adyacentes a la estructura. (Ver Fotografías N.ºs 07, 08 y 09).

“Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional”

**Figura N° 04. Sección de la presa de tierra.**



**Fotografía N.° 07: Obras de Seguridad de la Laguna Lejiacocha**



Fuente: INAIGEM, octubre 2018

**Fotografía N.° 08: Dique de seguridad: se visualiza caída de rocas – talud aguas arriba**



Fuente: INAIGEM, octubre 2018

*“Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional”*

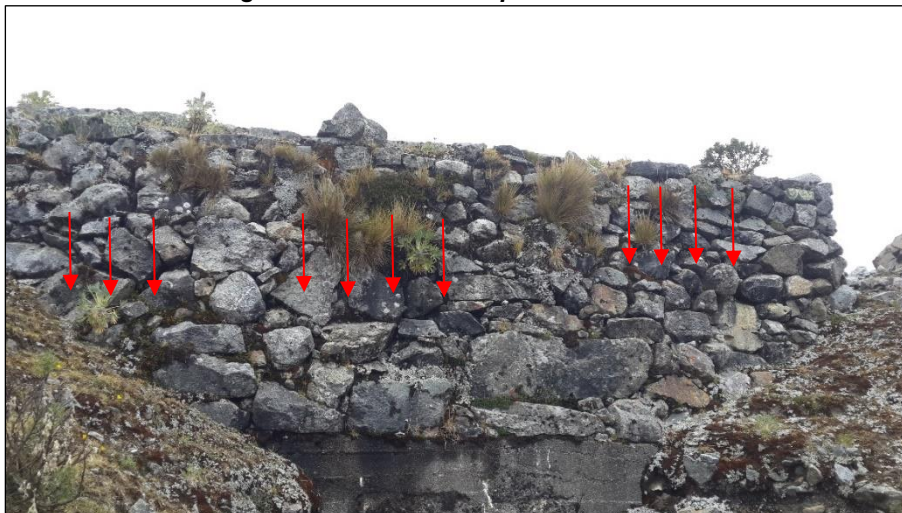
**Fotografía N.º 09: Dique de seguridad: se visualizan zonas erosionadas, deterioro del revestimiento de la cara posterior del canal de salida.**



*Fuente: INAIGEM, octubre 2018*

Cabe destacar que, la pared de piedra asentada, ubicada en la zona terminal de la presa, con una altura de 4,20 m, muestra signos de haber sufrido asentamientos progresivos, mostrándose en la actualidad inestable y con riesgo de desplome.

**Fotografías N.º 10: Zona terminal de la presa de seguridad de la laguna Lejiacocha; se visualizan signos de asentamiento por reacomodo del material.**



*Fuente: INAIGEM, octubre 2018*

#### **5.4.4. Rápida**

Se observa una rápida de forma rectangular, base de concreto y muros de albañilería de piedra, revestidos de mortero cemento: arena, con una longitud de 30 m; su estado de conservación es regular, siendo que se observan deterioros en su revestimiento y daño parcial en el piso del canal. (Fotografías N° 11 y 12).

**Fotografías N.º 11 y 12: Rápida: se visualizan zonas deterioradas, fisuras en el revestimiento de la cara posterior del canal.**



Fuente: INAIGEM, octubre 2018

**Fotografía N.º 13: Rápida, se visualizan zonas erosionadas, fisuras en el revestimiento de la cara posterior del canal.**



Fuente: INAIGEM, octubre 2018

En la estructura se observa zonas erosionadas debido al flujo supercrítico, en las paredes laterales y la base del canal, así como también fisuras en el revestimiento probablemente a causa de daño por heladas.

Finalmente, es de precisar que, el estado de las obras de seguridad emplazadas en la laguna Lejiacocha es regular, no obstante, se requiere el mantenimiento de sus estructuras, a fin de garantizar su durabilidad en el tiempo. Ver Tabla N.º 03.

**Tabla N.º 03. Estado de las Obras de Seguridad de la Laguna Lejiacocha**

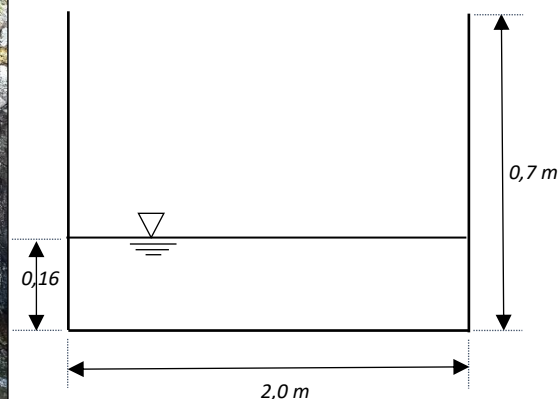
N.º	Componente	Material	Largo	Ancho	Alto	Observación	Estado
1	Canal de Ingreso o Aducción	Mampostería de Piedra	22,0	2,00	-	Desprendimiento parcial del revestimiento; zona de ingreso colmatada.	Regular
2	Conducto Cubierto	Concreto Armado	64,0	1,80		No se visualizan deformaciones por carga, únicamente deterioro parcial del piso del canal.	Regular
3	Canal de Salida	Mampostería de Piedra	36,0	2,0	-	Se visualiza deterioro parcial en las paredes del canal; así también acumulación de material en el piso y zonas adyacentes al canal.	Regular

4	Rápida	Mampostería de Piedra	30,0	-	-	Deterioro del revestimiento en paredes.	Regular
5	Dique	Tierra Compacta Revestida de Emboquillado de Piedra	12,0	4,10	8,0	Se visualiza pequeños deterioros del revestimiento.	Regular
Estado de las Obras de Seguridad							Regular

## 5.5. Aforo de Caudales

La laguna Lejiacocha es alimentada por precipitación y fusión glaciár; descargándose por rebose, mediante un canal revestido de concreto, con un caudal estimado por el método de correntómetro, en 165 Lt/seg (01 de octubre de 2018; Ver fotografía N.º 14.

Fotografía N.º 14: Aforo de Caudal



Fuente: INAIGEM, octubre 2018

## 6. CONCLUSIONES

6.1 El entorno de la laguna Lejiacocha, correspondiente a los depósitos glaciáricos, no presentan peligro de desplome, siendo que son de baja potencia y ya han alcanzado su ángulo de reposo en cierta medida.

6.2 Las obras de seguridad en la laguna Lejiacocha, poseen deterioros notorios, tanto en la presa de tierra, como en las estructuras complementarias, visualizándose fisuras superficiales, reventones en el revestimiento, asentamientos y colmatación de los canales; los mismos que, de no ser atendidos con medidas a corto plazo, se estarían incrementando, exponiéndose a un peligro alto por falla de la estructura.

## 7. RECOMENDACIONES

7.1 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.



PERÚ

Ministerio  
del Ambiente

Instituto Nacional de Investigación  
en Glaciares y Ecosistemas de Montaña



*“Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional”*