



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°06-2018-INAIGEM/DIG-SDRAG

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

ARTEZA



Laguna Arteza, Carhuaz, Ancash.

ELABORADO POR:

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

Huaraz, Setiembre 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

ANEXOS:

ANEXO A: Resultados de Ensayos de Laboratorio de Mecánica de Suelos.

ANEXO B: Registros de Toma de Información de Parámetros del Agua y Medición de Caudales.

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, Huallcacocho, 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 Arteza, 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

El objetivo de la evaluación de las obras de seguridad emplazadas en la laguna Arteza, es determinar su estado actual y el nivel de peligro que representan en dicha laguna, para las poblaciones asentadas aguas abajo.

3. GENERALIDADES

3.1. Ubicación

La laguna Arteza se ubica en la cabecera de la quebrada Ulta y Sur Oeste del nevado Contrahierbas (Figura N°02), 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 : 223431.31
Longitud : 8991549.12
Cota : 4300 m.

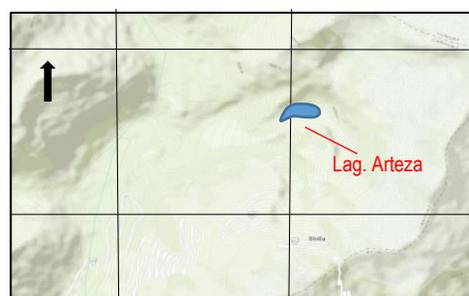


Figura N° 01. Mapa de ubicación de la laguna Arteza

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. 37.00; a partir de donde se toma un camino de herradura hacia la laguna Arteza (3.0 km). (Ver Tabla N° 01).

Tabla N° 01. Acceso a la laguna Arteza

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. 37.0 de la Carretera Carhuaz Chacas.	Asfaltada	13.0	0.20	Camioneta 4x4
Km. 37.0 de la Carretera Carhuaz-Chacas.– Laguna Arteza	Camino de Herradura.	3.00	1:30	A pie

3.3. Antecedentes

En la quebrada Ulta, provincia de Carhuaz, el 20 de enero de 1938, se habría suscitado un aluvión proveniente de la laguna Arteza, el cual habría sucedido por la ruptura de la morrena frontal.

En ese contexto y a causa del nivel de peligro identificado en la laguna Arteza, por la Comisión de Control Lagunas de la Cordillera Blanca – Ministerio de Fomento y Obras Públicas, 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 en 15 m, para luego construir un conducto cerrado de albañilería de 30 m de largo y altura libre de 1.40m, de sección rectangular en la base y semicircular en la parte superior.

4. METODOLOGÍA:

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

Procedimientos:

1. Etapa de Campo:

Verificación in situ de lugar de emplazamiento de las obras de seguridad de la laguna Arteza; 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 Arteza 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 Arteza, 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 Arteza (4 300 msnm) se sitúa al pie de los nevados Ulta y Checquiaraju, 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 Arteza



Fuente: INAIGEM 2018

5.2. Geotecnia

La investigación geotécnica realizada, comprende la determinación de las características físicas (Granulometría, Peso específico, entre otros) de los depósitos glaciáricos adyacentes a la laguna y a las obras emplazadas en la misma, tomadas de muestras representativas; a fin de determinar la competencia de dichos depósitos para la estabilidad de taludes y si representarían un peligro para la estabilidad de la laguna y de las obras emplazadas en ella.

En síntesis, se obtuvieron (2) muestras representativas en los depósitos glaciáricos (morrena frontal y morrenas laterales) de la laguna (Ver Figura N.º 02).

A continuación, se muestran los resultados de los ensayos de mecánica de suelos practicados en muestras representativas:

Figura N.º 02, Ubicación de Muestras Extraídas de los Depósitos Glaciáricos – Laguna Arteza

Fuente: Google earth 2018

Tabla N° 02: Resumen de Muestras Tomadas

N°	Muestra	Ubicación (UTM) (E,N)		Prof. (m)	Nivel Freático (m)	Zona de Muestreo	Detalles
1	MD -A01	8991684	223550	0.40	No hay	Trinchera	--
2	MD -A02	8991679	223421	0.40	No hay	Trinchera	--

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

Los ensayos geotécnicos de mecánica de suelos fueron realizados siguiendo las normas establecidas por la American Society for Testing Materials (A.S.T.M.). Se han realizado ensayos estándar de clasificación de suelos y de propiedades físicas a las muestras disturbadas obtenidas, consistentes en: análisis granulométrico por tamizado, límites de Atterberg (límites líquido y plástico) y contenido de humedad; siguiendo los procedimientos establecidos en la Norma Técnica Peruana (N.T.P) y las Normas A.S.T.M. como se indica a continuación:

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

Las muestras ensayadas se han clasificado 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° 03: Resumen de Resultados de las Propiedades Índice

N°	Muestra	Grava (%)	Arena (%)	Fino (%)	Contenido de Humedad (%)	LL	LP	IP	Clasificación SUCS	Clasificación ASSTHO	Detalles
1	MD -A01	55.7	31.80	12.5	4.6	NP	NP	NP	GM	A-2-4(0)	Grava limosa con arena.
2	MD -A02	64.8	29.1	6.1	3.3	NP	NP	NP	GP-GM	A-2-4 (1)	Grava mal graduada son limo y arena.

Fuente: INAIGEM (agosto 2018).

Los resultados de los estudios de mecánica de suelos indican la presencia de suelos gravosos con poca presencia de finos, por ende, escaso material cementante, lo cual condiciona su poca estabilidad.

En base a los resultados se estima que, los depósitos glaciáricos laterales y frontal de la laguna Arteza, están conformados por suelos tipo GP-GM y GM, siendo estos suelos gruesos y de baja competencia para la estabilidad en taludes. Adicional a lo cual debe considerarse que dichos suelos se emplazan en taludes de 60° en promedio.

5.3. Estado Actual de la Laguna y su Entorno:

La laguna Arteza, es un cuerpo de agua, cuyo vaso de almacenamiento está formado, lateral y frontalmente por depósitos glaciáricos.

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



Fuente: INAIGEM 2018

En la parte frontal de la laguna se emplaza una presa de tierra, la cual cumple la función de obra de seguridad en relación a eventos extremos que pudieran darse en la laguna Arteza. De otra parte, aproximadamente a 80m aguas abajo de la laguna, en el mismo cauce del río, se encuentra depositado un bloque de roca de gran tamaño (6 m de altura x 25m de ancho aproximadamente), el cual, de darse

un eventual desborde de la laguna, serviría como un disipador de energía del flujo desbordado.

Fotografía N.º 03, Vista Panorámica de la Laguna Arteza



Fuente: INAIGEM 2018

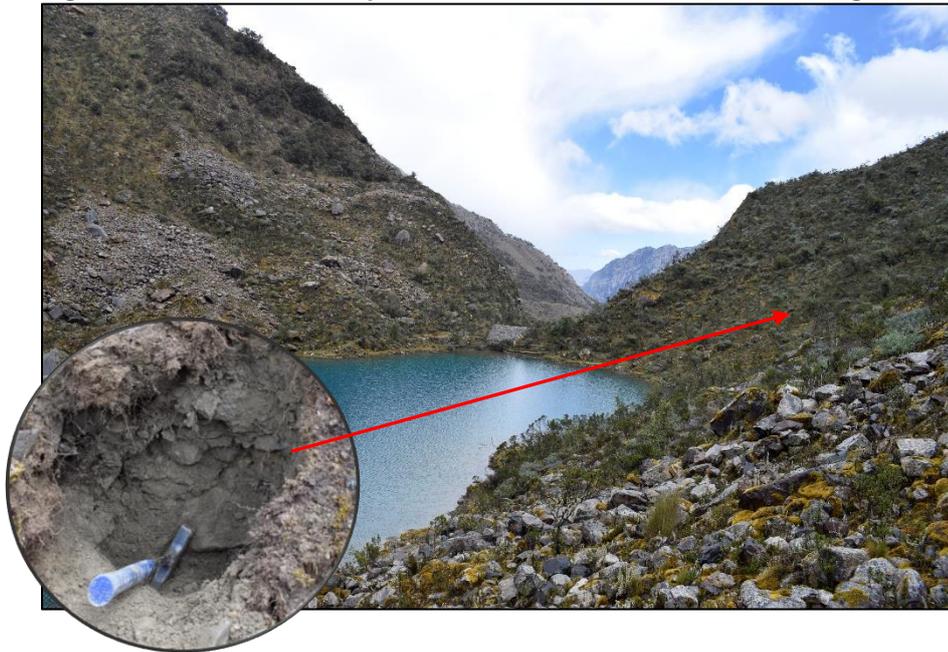
Depósitos Glaciáricos:

Realizada la inspección física de los depósitos glaciáricos del entorno de la laguna Arteza, 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 (grava) en matriz de limos, de compacidad de media a alta, con la presencia de vegetación menor en un 50% de su superficie aproximadamente, a una profundidad de 0.20 m en promedio.

Cabe destacar, que se extrajeron 2 muestras representativas en el depósito glaciárico más propenso a la inestabilidad, 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 dicho depósito.

Depósito Glaciárico Lateral Derecho:

Se identifica un talud medio (Ang.aprox = 45°), en fragmentos de roca en matriz de arena limosa, de compacidad media; con cobertura vegetal parcial. (Ver Fotografía N.º 02). El cual no representaría un elevado peligro de desplome; no obstante, se tomaron muestras representativas de suelos, a fin de determinar los parámetros de suelo que permitan realizar el análisis de estabilidad de taludes.

Fotografías N.º 04: Vista del Depósito Glaciárico Lateral Derecho de la Laguna Arteza**Depósito Glaciárico Lateral Izquierdo:**

Se identifica un talud elevado, no obstante, de menor ángulo de inclinación (Ang.aprox = 40°), en promedio, compuesto por fragmentos de roca en matriz de arena limosa, de compacidad media; con cobertura vegetal parcial, de apariencia más estable en relación al depósito glaciárico derecho. (Ver Fotografía N.º 05).

Fotografía N.º 05: Se visualiza la composición del material del depósito glaciáricos izquierdo de la laguna Arteza



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 Arteza, 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 en mortero de arena: cemento, al igual que la corona. observándose además aguas abajo un tramo de protección horizontal, de 13.3 m. La presa tendría una altura de 10 m, y su estado de conservación es regular, presentando únicamente algunas rajaduras y desprendimiento del emboquillado. (Ver Fotografías N.°s 06 y 07). Los deterioros existentes, podrían ser refaccionados realizando tratamientos parciales de la superficie; no obstante, es recomendable el reemplazo total del revestido de las estructuras, a fin de que se tenga un comportamiento uniforme y una mayor durabilidad.

Fotografía N.° 06: Obras de Seguridad de la Laguna Arteza



Fotografía N.º 07: Obras de Seguridad de la Laguna Arteza

Fuente: INAIGEM, agosto 2018

De otra parte, se visualiza el crecimiento de arbustos y plantas menores en las zonas de contacto dique de tierra – depósito glaciárico, situación que condiciona el proceso de deterioro del revestimiento de las estructuras. (Ver Fotografías N.ºs 08).

Fotografía N.º 08: Dique de seguridad: se visualiza deterioro del revestimiento – cara anterior del dique, identificándose, además, el crecimiento excesivo de vegetación.

Fuente: INAIGEM, mayo 2018

Es de precisar que, en el cuerpo de la presa, no se observan depresiones que denoten fallas en su estructura; de igual manera, a lo largo del conducto cubierto no se presentan fallas por exceso de carga, únicamente deterioro parcial del revestimiento, las cuales requerirían ser resanadas de manera parcial, no obstante, se recomendaría un reemplazo total del revestimiento, para un mejor comportamiento del mismo.

Canal de Aducción

No se observa un canal de aducción, únicamente aletas de ingreso de forma parabólica, con paredes 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 de las zonas contiguas y el reemplazo del tarrajeo. (Ver fotografía N.º 09).

Fotografía N.º 09: Se visualizan las Aletas de Ingreso al Conducto Cubierto

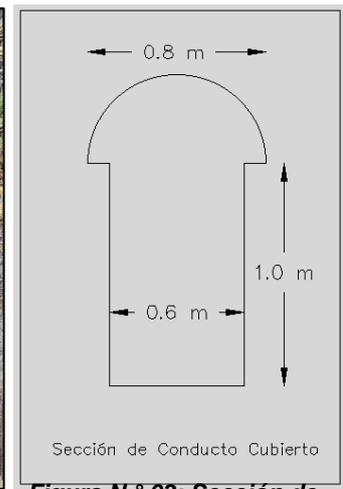


Fuente: INAIGEM, julio 2018

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.

Conducto Cubierto

Se visualiza un conducto cubierto de forma mixta, rectangular en la base y semicircular en la zona superior, de una altura de 1,40 m, y una longitud aproximada de 30 m, el cual se encuentra en regular estado de conservación, no evidenciándose deformaciones por carga, tampoco deterioros considerables en su revestimiento. (Ver fotografía N.º 16).

Fotografía N.º 10: Aletas del Canal de Aducción.**Figura N.º 03: Sección de Conducto Cerrado****Canal de Salida**

Se observa un canal de salida rectangular, de 35 m de largo, paredes construidas con albañilería de piedra en 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 fotografías N.º 11 y 12).

Fotografías N.º 11 y 12: Canal de Salida.

Fuente: INAIGEM, julio 2018

Caudal de Salida de la Laguna Arteza

De otra parte, cabe precisar que, la laguna Yanaraju es alimentada por precipitación pluvial y por fusión glaciar; descargándose por filtración y rebose, mediante un canal natural un caudal estimado por el método de correntómetro, en 74.61 Lt/seg. (20 de julio de 2018) (Ver fotografías N.º 13 y 14).

Fotografía N.º 15: Estimación de Caudales por el Método del Correntómetro



De otra parte, se realizó la medición de parámetros de calidad de agua, determinándose que el agua proveniente de la laguna Arteza, se encuentra dentro de los límites máximos permisibles, con respecto al PH (6.5 – 8.5) y a la conductividad, los cuales se encuentran establecidos por la OMS a nivel mundial, y por la SUNASS. Ver Tabla N.º 04.

Tabla N.º 04: Parámetros de Calidad del Agua de la Laguna Arteza

Parámetro	Unidades	Valor Obtenido en Campo	Valor Máximo Permissible VMP	Observación
PH		7.46	6.5 – 8.5	
Oxígeno Disuelto	mg/LDO	3.20		
Conductividad Eléctrica	uS/cm	168	1500	
Temperatura	°C	5.76	-	

Finalmente, cabe precisar que, las zonas adyacentes a las obras de seguridad, carecen de mantenimiento, visualizándose el crecimiento excesivo de vegetación en la zona de contacto con los depósitos glaciáricos, así también en las depresiones del revestimiento de las estructuras, al igual que en sus rajaduras. La situación descrita, denota que, las obras de seguridad de la laguna Arteza, requieren de la adopción de las medidas a corto plazo, enmarcadas en la ejecución de trabajos de mantenimiento, a fin de evitar la progresión de los deterioros.



6. CONCLUSIONES

- 6.1 Las obras de seguridad de la laguna Arteza, poseen deterioros visibles superficiales, los cuales podrían ser subsanados a corto plazo con la ejecución de un mantenimiento periódico que incluya el reemplazo del revestimiento de todas sus estructuras (presa, zona de ingreso, conducto cubierto y canal de salida), así como el refuerzo de las zonas socavadas de las paredes del canal, protección de zonas expuestas aledañas, y limpieza general del camino de acceso a la laguna.
- 6.2 Las acciones descritas permitirían mejorar las condiciones de las obras de seguridad, así como permitir un fácil acceso para el monitoreo continuo de la laguna. No obstante, esta laguna no representaría un peligro de gran magnitud para las poblaciones asentadas aguas abajo, debido a su reducido volumen y a la ubicación donde se encuentra.

7. RECOMENDACIONES

- 6.1 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.