

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALÚRGICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA



TESIS

**ESTUDIO GEOLOGICO GEOTÉCNICO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA
PRESA DE TIERRA PERUANITA DEL DISTRITO DE SAN JERONIMO,
ANDAHUAYLAS – APURIMAC 2022**

PRESENTADO POR:

Br. ELMER QUISPE QUISPE

Br. VICTORIANO QUISPE TIRAHUMA

**PARA OPTAR AL TÍTULO PROFESIONAL
DE: INGENIERO GEÓLOGO**

ASESOR:

Mg. EDISON SANTIAGO MATTOS OJEDA

CUSCO – PERÚ

2025

INFORME DE ORIGINALIDAD

(Aprobado por Resolución Nro.CU-303-2020-UNSAAC)

El que suscribe, **Asesor** del trabajo de investigación/tesis titulada:
ESTUDIO GEOLOGICO GEOTECNICO PARA LA CONSTRUCCION DE LA
PRESA DE TIERRA PERUANITA DEL DISTRITO DE SAN JERONIMO,
ANPAHVAYLAS - APURIMAC 2022

Presentado por: ELMER QUISPE QUISPE DNI N° 95180152
presentado por: VICTORIANO QUISPE TIRAHUMA DNI N°: 95141532
Para optar el título profesional/grado académico de INGENIERO
GEOLOGO

Informo que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por 02 veces, mediante el Software Antiplagio, conforme al Art. 6° del **Reglamento para Uso de Sistema Antiplagio de la UNSAAC** y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de 10%.

Evaluación y acciones del reporte de coincidencia para trabajos de investigación conducentes a grado académico o título profesional, tesis

| Porcentaje | Evaluación y Acciones | Marque con una (X) |
|----------------|---|--------------------|
| Del 1 al 10% | No se considera plagio. | X |
| Del 11 al 30 % | Devolver al usuario para las correcciones. | |
| Mayor a 31% | El responsable de la revisión del documento emite un informe al inmediato jerárquico, quien a su vez eleva el informe a la autoridad académica para que tome las acciones correspondientes. Sin perjuicio de las sanciones administrativas que correspondan de acuerdo a Ley. | |

Por tanto, en mi condición de asesor, firmo el presente informe en señal de conformidad y adjunto las primeras páginas del reporte del Sistema Antiplagio.

Cusco, 27 de ABOGTO de 2025



Firma

Post firma... EDISON SANTIAGO MATTOS OJEDA

Nro. de DNI... 23853084

ORCID del Asesor... 0000-0002-3236-025X

Se adjunta:

1. Reporte generado por el Sistema Antiplagio.
2. Enlace del Reporte Generado por el Sistema Antiplagio: oid: 27259:487075246

Quispe E - Quispe V

Estudio Geológico Geotécnico para la construcción de la Presa de Tierra Peruanita

 Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::27259:487175246

Fecha de entrega

26 ago 2025, 11:24 a.m. GMT-5

Fecha de descarga

26 ago 2025, 11:39 a.m. GMT-5

Nombre del archivo

Tesis Elmer.-Victoriano.pdf

Tamaño del archivo

6.1 MB

151 páginas

32.913 palabras

183.666 caracteres

10% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- ▶ Coincidencias menores (menos de 12 palabras)
- ▶ Fuentes de Internet
- ▶ Base de datos de Crossref
- ▶ Base de datos de contenido publicado de Crossref

Exclusiones

- ▶ N.º de coincidencias excluidas

Fuentes principales

- 0%  Fuentes de Internet
- 0%  Publicaciones
- 10%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alerta de integridad para revisión

-  **Caracteres reemplazados**
29 caracteres sospechosos en N.º de páginas
Las letras son intercambiadas por caracteres similares de otro alfabeto.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación dedico a mi maravillosa familia: Primero mi madre Rosa Tirahuma Yma por el apoyo espiritual que me brinda, así mismo mi padre Máximo Quispe Ccacyavilca por su apoyo incondicional quien en vida me brinda apoyo suficiente para salir adelante en todos los momentos de la vida y mis queridos hijos Harol y Kelly.

Victoriano Quispe Tirahuma

El presente trabajo de investigación dedico a mis queridos padres y hermanos, Demetrio Quispe Álvarez y Esposa Griselda Quispe Huamán quienes a lo largo de sus vidas me han inculcado la cultura del trabajo y estudio. Sus palabras de aliento, perseverancia y ejemplo constante han sido mi motivo de inspiración. Su dedicación y esfuerzo constante para asegurarme una educación son un regalo que valoro más allá de las palabras. Esta tesis es una contribución a ti familia, mi fuente inagotable de fortaleza y amor en mi búsqueda de conocimiento gracias.

Elmer Quispe Quispe

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos principalmente a las personas que nos dieron la vida, los cuales con su apoyo incondicional hicieron posible que podamos nuestro trabajo de investigación. De la misma manera a nuestra casa de formación profesional, Universidad Nacional De San Antonio Abad Del Cusco. (UNSAAC). La escuela profesional de Ingeniería Geológica donde logramos adquirir los conocimientos profesionales y con ello poder cumplir un rol significativo en el desarrollo de nuestro entorno. De manera particular al Ingeniero Edison Santiago Mattos Ojeda asesor de nuestro trabajo de investigación de igual forma a nuestros docentes dictaminantes por guiarnos y paso a paso hacer posible la realización del presente trabajo. Agradecer también a todo el equipo de docentes de la escuela profesional de ingeniería geológica quienes, con su apoyo progresivo en sugerencias, recomendaciones, observaciones hicieron posible el presente trabajo.

RESUMEN

La presente investigación, tiene por objetivo determinar las características geológicas, hidrológicas y geotécnicas del área de emplazamiento, para la construcción de la presa de tierra Peruanita; ubicada sobre los 4105 msnm, en la Comunidad de Cupisa, Distrito de San Jerónimo, Provincia de Andahuaylas. Geomorfológicamente el área de la presa proyectada, se emplazará en la superficie hidromórfica allanada del fondo del valle glacial, flaqueada por montañas escarpadas en roca intrusiva y morrenas laterales. La geología, está dada por afloramientos fracturados y alterados de roca cuarzodiorítica de la unidad Ocobamba Pluton Ancacha, en el área de emplazamiento de la presa, se hallan bajo potentes depósitos morrénicos heterogéneos, cubiertos a su vez por depósitos bofedales, hidrogeológicamente se halla emplazado la presa sobre acuíferos poco consolidados de depósitos glaciares, La geotecnia del vaso y cimentación de la presa, según la exploración diamantina y geofísica, está caracterizada por una estratigrafía de suelo orgánico Pt, suelos arena limosa SM que llega hasta unos 1.5 a 2m; seguidamente hasta unos 70 m, continua un potente material morrénico del depósito glacial, constituidos por bloques de roca en matriz GM, intercalado con lentejones de arena, finos, y zonas de flujo. Cuyas propiedades fisicomecánicas en base a los ensayos de compactación MDS (T_n/m^3) indican valores de 2.259, una densidad aparente de 2.04 T_n/m^3 con una capacidad portante de 3.6 kg/cm², Asimismo, la permeabilidad, según ensayos Lefranc, gira en torno 2.40E-04 (0.00024 cm/s), clasificado como material poco permeable.

Palabras Clave: Presa de tierra, propiedades fisicomecánicas, estanqueidad del embalse

ABSTRAC

The objective of this investigation is to determine the geological, hydrological and geotechnical characteristics of the location area, for the construction of the Peruanita earth dam; located above 4150 meters above sea level, in the community of Cupisa, District of San Jerónimo, Province of Andahuaylas. Geomorphologically, the projected dam area will be located on the flattened hydromorphic surface of the glacial valley floor, flanked by low mountains steeped in intrusive rock. The geology is given by fractured and altered outcrops of granodioritic rock from the Ancacha unit, which, in the area where the dam is located, are found under powerful moraine deposits, covered in turn by lacustrine and wetland deposits; where the faults inferred in the basin do not reach the site. The geotechnics of the reservoir and foundation of the dam, according to the diamond and geophysical exploration, is characterized by a “Top Soil” stratigraphy, made up of SM soils from the bofedal deposit that reaches up to about 1.5 to 2m; Then up to about 65 m, a powerful moraine material from the glacial deposit continues, consisting of blocks of rock in a GM matrix, interspersed with sand lenses, fines, and flow zones. Whose physicomechanical properties based on MDS compaction tests (T_n/m^3) indicate values of 2.259, an apparent density of 2.04 T_n/m^3 , and a compressibility index C_c 0.1691. Likewise, the permeability, according to Lefranc tests, is around $2.40E-04$ (0.00024 cm/s), classified as a slightly permeable material. and in the hydraulic design, the inclusion of a waterproofing screen is proposed, that is, a rake of the core embedded in the underlying moraines. Finally, the environmental impacts in the construction and operation stage, by the dam, are considered above all moderate and positive.

Keywords: Earth dam, physicomechanical properties, reservoir tightness

INDICE GENERAL DEL CONTENIDO

| | |
|---|-------------|
| DEDICATORIA | i |
| AGRADECIMIENTOS..... | ii |
| RESUMEN | iii |
| ABSTRAC | iv |
| ÍNDICE DE FIGURAS | viii |
| ÍNDICE DE TABLAS | x |
| ABREVIATURAS | xi |
| INTRODUCCIÓN | 12 |
| CAPITULO I GENERALIDADES..... | 14 |
| 1.1. UBICACIÓN Y ACCESIBILIDAD | 14 |
| 1.1.1. Ubicación..... | 14 |
| 1.1.2. Accesibilidad | 16 |
| 1.1.3. Clima y vegetación | 16 |
| 1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA..... | 19 |
| 1.2.1. Descripción del problema | 19 |
| 1.2.2. Formulación del problema..... | 20 |
| 1.3. OBJETIVOS..... | 20 |
| 1.3.1. Objetivo principal | 20 |
| 1.3.2. Objetivos secundarios | 20 |
| 1.4. HIPOTESIS | 21 |
| 1.4.1. Hipótesis general | 21 |
| 1.4.2. Hipótesis Específicas | 21 |
| 1.5. VARIABLES..... | 21 |
| 1.5.1. Variable independiente | 21 |
| 1.5.2. Variable dependiente | 21 |
| 1.5.3. Operacionalización de las variables..... | 22 |
| 1.6. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA | 22 |
| 1.7. METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN..... | 23 |
| 1.7.1. Tipo, nivel y diseño de la investigación..... | 23 |
| 1.7.2. Metodología y Procedimiento de la Investigación..... | 24 |
| 1.8. MARCO TEÓRICO | 26 |
| 1.8.1. Antecedentes..... | 26 |
| 1.8.2. Bases Teóricas | 29 |
| 1.8.3. Marco Conceptual..... | 49 |
| CAPÍTULO II GEOMORFOLOGÍA..... | 52 |
| 2.1. GEOMORFOLOGÍA | 52 |
| 2.2. Pendientes..... | 52 |
| 2.3. Ambiente morfogenético | 54 |

| | |
|---|------------|
| 2.4. Unidades geomorfológicas | 54 |
| 2.2. PARÁMETROS MORFOMÉTRICOS | 63 |
| 2.2.1. Parámetros de forma | 63 |
| 2.2.2. Parámetros de Relieve | 65 |
| 2.2.3. Parámetros de la red de drenaje | 67 |
| 2.3 RESULTADOS | 70 |
| CAPÍTULO III GEOLOGÍA | 72 |
| 3.1. LITOESTRATIGRAFIA | 72 |
| 3.1.1. Unidad Ocobamba Plutón Anchaca (PN-o/cdi)..... | 72 |
| 3.1.2. Depósitos Glaciares Morrénicos (Qh-mo)..... | 74 |
| 3.1.3. Depósitos Palustres (Qh-pa) | 75 |
| 3.1.4. Depósitos Coluviales (Qh-co) | 76 |
| 3.1.5. Depósitos en bofedales (Qh-bo) | 76 |
| 3.2. GEOLOGIA ESTRUCTURAL | 77 |
| 3.2.1. Fallas Geológicas..... | 78 |
| 3.2.2. Alineamientos Estructurales | 79 |
| 3.2.3. Sistema de Diaclasas | 79 |
| 3.3 RESULTADOS | 82 |
| CAPÍTULO IV HIDROGEOLOGIA | 85 |
| 4.1. GENERALIDADES | 85 |
| 4.2. INVENTARIO DE FUENTES DE AGUA | 85 |
| 4.2.1. Caudal de Aforo..... | 85 |
| 4.2.2. Inventario de Manantes..... | 86 |
| 4.3. PARÁMETROS HIDROGEOLÓGICOS..... | 88 |
| 4.3.1. Porosidad | 88 |
| 4.3.2. Coeficiente de permeabilidad | 88 |
| 4.4. PROSPECCIÓN GEOFÍSICA DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS..... | 92 |
| 4.4.1. Exploración tomográfica | 92 |
| 4.5. UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS DE LA MICFRO CUENCA..... | 101 |
| 4.5.1. Unidad de acuífero poroso no consolidado..... | 101 |
| 4.5.2. Unidad de acuífero fisurado..... | 101 |
| 4.6. HIDRODINÁMICA SUBTERRÁNEA | 103 |
| 4.6.1 Hidrodinámica de acuíferos | 103 |
| 4.6.2. Nivel freático | 103 |
| 4.7 RESULTADOS | 103 |
| CAPÍTULO V GEOTÉCNIA | 105 |
| 5.1. GENERALIDADES | 105 |
| 5.2. PROSPECCIÓN GEOTÉCNICA DIRECTA | 105 |
| 5.2.1. Calicatas en la presa | 106 |
| 5.2.2. Perforación diamantina..... | 114 |

| | |
|--|------------|
| 5.2.3. Caracterización Fisicomecánica del Suelo..... | 122 |
| 5.3. PROSPECCIÓN GEOTÉCNICA INDIRECTA | 124 |
| 5.3.1. Refracción sísmica..... | 124 |
| 5.3.2. Prospección MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) | 129 |
| 5.4. CONDICIONES GEOTÉCNICAS PARA CIMENTACIÓN DE LA PRESA | 135 |
| 5.4.1. Perfil geológico estratigráfico del eje de cimentación | 135 |
| 5.4.2. Ensayos complementarios para cimentación | 137 |
| 5.4.3. Capacidad de carga admisible..... | 137 |
| 5.4.4. Tipo de cimentación planteada | 138 |
| 5.5 SEGURIDAD DEL SUELO DE CIMENTACIÓN DE LA PRESA | 138 |
| 5.5.1 Asentamientos Inmediatos elásticos..... | 138 |
| 5.5.2 Ensayo de tubificación (pinhole test) | 139 |
| 5.5.3. Análisis de flujo de agua en el eje de la presa | 141 |
| 5.5.4. Análisis de estabilidad de la presa | 143 |
| 5.5.5. Descripción de las estructuras de la presa..... | 145 |
| 5.6. EVALUACIÓN DE CANTERA | 150 |
| 5.6.1. Cantera para espaldones | 150 |
| 5.6.2. Cantera para el núcleo | 152 |
| CONCLUSIONES | 160 |
| RECOMENDACIONES | 160 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 163 |
| ANEXO..... | 164 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | | |
|------------|--|----|
| Figura 1 | Columna Estratigráfica del Cuadrángulo de Andahuaylas (28-p)..... | 31 |
| Figura 2 | unidades geomorfológicas regionales | 34 |
| Figura 3 | Líneas equipotenciales y redes de flujo en una presa..... | 35 |
| Figura 4 | valores de coeficiente de permeabilidad | 36 |
| Figura 5 | Esquema de Lefranc a caudal constante..... | 37 |
| Figura 6 | Esquema de Lefranc a caudal variable..... | 38 |
| Figura 7 | Perfil tipo de depósitos glaciares..... | 39 |
| Figura 8 | Curvas de distribución granulométrica de suelos..... | 40 |
| Figura 9 | Círculos de Mohr en rotura en ensayos CD tensiones efectivas..... | 42 |
| Figura 10. | Principio del método de refracción sísmica | 45 |
| Figura 11 | templos de presas de materiales sueltos con diferentes condiciones de flujo..... | 47 |
| Figura 12. | Esquemas de tipos de presa de materiales sueltos..... | 48 |
| Figura 13. | Esquema de los tipos de materiales en una presa | 49 |
| Figura 14 | Fondo de valle glaciar | 56 |
| Figura 15 | Vista de Bloques Erráticos y Drumlins con Superficie Alisada..... | 57 |
| Figura 16 | Morrenas Laterales en los Flancos del Valle..... | 57 |
| Figura 17 | Morrenas frontales en cimentación de presa Peruanita | 58 |
| Figura 18 | Vista satelital de la línea de filtración en margen izquierda..... | 58 |
| Figura 19 | Vista de los lagunales desde la Cima de la Colina baja | 59 |
| Figura 20 | Farallones de roca intrusiva | 59 |
| Figura 21 | Pequeño conos de deyección al pie de la Colina Alta..... | 60 |
| Figura 22 | Vista panorámica de Ladera de Montaña en la cabecera de la cuenca..... | 61 |
| Figura 23 | Vista parcial de los circos glaciales..... | 61 |
| Figura 24. | Curva hipsométrica de la Micro Cuenca Peruanita | 66 |
| Figura 25 | Polígono de frecuencia de la Cuenca Peruanita | 67 |
| Figura 26 | Vista panorámica de la Unidad Ocobamba, hacia la parte de la cabecera..... | 73 |
| Figura 27 | Vista del afloramiento del macizo rocoso intrusivo de Occobamba | 73 |
| Figura 28 | Muestra de mano de la roca cuarzodiorita del afloramiento ígneo..... | 74 |
| Figura 29 | Vista de los depósitos morrénicos en el eje de la presa..... | 75 |
| Figura 30 | Depósito de coluviales en ladera de montaña | 76 |
| Figura 31. | Vista panorámica de los depósitos orgánicos de humedales | 77 |
| Figura 32 | Depósito de bofedal acompañado de filtración de agua | 77 |
| Figura 33 | Falla inferida en la unidad Ocobamba..... | 78 |
| Figura 35 | Sistema de diaclasas del macizo rocoso | 80 |
| Figura 36 | diagrama de rosetas concentración de polos del sistema de diaclasas en EG01..... | 80 |
| Figura 37. | Diagrama de concentración de polos y rosetas del sistema de diaclasas en EG02..... | 81 |
| Figura 38 | Aforo de manantes | 87 |
| Figura 39 | Ensayo de permeabilidad por percolación en calicatas | 90 |
| Figura 40 | Vista del ensayo Lefranc SGPE-02 y SGPE-04..... | 92 |

| | | |
|------------|---|-----|
| Figura 41 | Equipo empleado en el presente estudio de Tomografía Eléctrica..... | 93 |
| Figura 42 | Disposición del tendido de la línea de tomografía eléctrica LTE-01 | 94 |
| Figura 43 | perfil de interpretación de la resistividad LTE-01..... | 95 |
| Figura 44 | Disposición del tendido de la línea de tomografía eléctrica LTE-02 | 96 |
| Figura 45 | Perfil de interpretación de la resistividad LTE-02 | 97 |
| Figura 46 | Disposición del tendido de la línea de tomografía eléctrica LTE-03 | 98 |
| Figura 47 | Perfil de interpretación de la resistividad LTE-03 | 99 |
| Figura 48 | Vista de la estratigrafía de la Calicata-01..... | 107 |
| Figura 49 | Vista de la estratigrafía de la Calicata-02..... | 108 |
| Figura 50 | Vista de la estratigrafía de la Calicata-03..... | 108 |
| Figura 51 | Vista de la estratigrafía de la Calicata-04..... | 109 |
| Figura 52 | Vista de la estratigrafía de la Calicata-05..... | 110 |
| Figura 53 | Vista de la estratigrafía de la Calicata-06-..... | 111 |
| Figura 54 | Vista de la estratigrafía de la Calicata-08..... | 112 |
| Figura 55 | Configuración de la estratigrafía en dirección NE-SW en el eje de la presa sección A | 113 |
| Figura 56. | Configuración de la estratigrafía en dirección N-S área de embalse..... | 114 |
| Figura 57. | Cajas de portatestigos y equipo de supervisión de gobierno regional de la SGPE-01 | 116 |
| Figura 58 | Cajas de portatestigos y realización de perforación diamantina SGPE-02..... | 117 |
| Figura 59 | Cajas de portatestigos y equipo de supervisión de gobierno regional de la SGPE-03 | 118 |
| Figura 60 | Vista de la perforación diamantina de la SGPE-03 | 119 |
| Figura 61 | Correlación estratigráfica a partir de las perforaciones diamantinas..... | 120 |
| Figura 62 | Ensayos de mecánica de suelos en el laboratorio..... | 122 |
| Figura 63 | Vista de la ejecución de la línea sísmica 01 | 125 |
| Figura 64 | Curva Dromocrónica de la sección LS-01. | 125 |
| Figura 65 | Sección de refracción sísmica LS-01 en el estribo izquierdo de la presa..... | 127 |
| Figura 66 | Sección de refracción sísmica LS-02 en la parte central e estribo derecho de la presa | 128 |
| Figura 67 | Vista trabajos de campo ensayos geofísicos MASW | 129 |
| Figura 68 | Diagrama de análisis y modelado por el método MASW | 130 |
| Figura 69 | valores para distintos tipos perfiles de suelo | 131 |
| Figura 70 | clasificación sísmica de suelos según la ASCE 2010 E IBC 2009..... | 131 |
| Figura 71 | Perfil de velocidades de Vs generadas en el ensayo MASW01 | 132 |
| Figura 72 | Perfil de velocidades de Vs generadas en el ensayo MASW02 | 132 |
| Figura 73 | Perfil de velocidades de Vs generadas en el ensayo MASW03 | 133 |
| Figura 74 | criterios para la aplicación de carga y clasificación del tipo de suelo | 141 |
| Figura 75 | líneas de flujo y equipotenciales en el eje de la presa | 142 |
| Figura 76 | análisis de estabilidad condición presa vacía | 143 |
| Figura 77 | análisis de estabilidad condición de funcionamiento | 144 |
| Figura 78 | Sección tipo de cálculo para la situación de presa | 145 |
| Figura 79 | Ejecución de calicatas en cantera de Finos Peruanita | 155 |
| Figura 80 | Ejecución de calicatas en cantera de Roca | 156 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|-----|
| Tabla 1 Ubicación geográfica y UTM de la zona de estudio..... | 14 |
| Tabla 2 Ruta de acceso a la zona de estudio..... | 16 |
| Tabla 6 Operacionalización de las variables de estudio | 22 |
| Tabla 3 coeficiente de permeabilidad..... | 36 |
| Tabla 4 valores y rangos de resistividades para rocas y minerales..... | 44 |
| Tabla 5. Caracterización de la velocidad de las primarias V_p | 45 |
| Tabla 7 Clasificación de Pendientes para la Micro Cuenca Peruanita..... | 54 |
| Tabla 8 Unidades geomorfológicas de la cuenca Peruanita..... | 55 |
| Tabla 9 Curva hipsométrica en función de las áreas por elevación..... | 66 |
| Tabla 10 Resumen de los parámetros morfométricos de la Micro Cuenca Peruanita | 69 |
| Tabla 11 Ubicación de las estaciones geomecánica para evaluación de diaclasas | 79 |
| Tabla 12 Aforo en la salida de laguna. Peruanita | 86 |
| Tabla 13 aforo en la salida de laguna peruanita en el mes de marzo del 2022 | 86 |
| Tabla 14. Inventario de manantes en la zona de estudio..... | 87 |
| Tabla 15 Valores de porosidad que corresponden en el eje de la presa..... | 88 |
| Tabla 16 Resumen de permeabilidad en calicata del vaso de la presa..... | 89 |
| Tabla 17 Ubicación de los puntos de ensayo de permeabilidad Lefranc | 90 |
| Tabla 18 Resultados de en los ensayos Lefranc | 91 |
| Tabla 19 Ubicación inicio - fin de las líneas tomográficas..... | 93 |
| Tabla 20. Ubicación de calicatas de exploración de la Presa Peruanita | 106 |
| Tabla 21 Ubicación de las calicatas en el vaso de la presa..... | 110 |
| Tabla 22 Ubicación de las perforaciones diamantinas..... | 114 |
| Tabla 23 Características Fisicomecánica del suelo..... | 122 |
| Tabla 24 Características físicas del suelo | 123 |
| Tabla 25 Características fisicomecánicas del suelo..... | 123 |
| Tabla 26 Características Fisicomecánica del suelo en el vaso..... | 123 |
| Tabla 27 Disposición de las líneas sísmicas de refracción | 124 |
| Tabla 28 Caracterización geofísica según las velocidades V_p | 125 |
| Tabla 29 Resumen de los resultados de las líneas sísmicas..... | 126 |
| Tabla 30 Ubicación de los ensayos MASW | 129 |
| Tabla 31 Resumen de los resultados del sondeo MASW | 133 |
| Tabla 32 Parámetros elásticos calculados en MASW-01 | 134 |
| Tabla 33 Parámetros elásticos calculados en MASW-02 | 134 |
| Tabla 34 Parámetros elásticos calculados en MASW-03 | 135 |
| Tabla 35 Resultados de corte directo..... | 137 |

| | |
|---|-----|
| Tabla 36 Resultados de factores de capacidad de carga para cimentación..... | 138 |
| Tabla 37 Calculo de asentamiento elástico realizadas para las calicatas..... | 139 |
| Tabla 38 ensayo de pinole realizado en C-02..... | 140 |
| Tabla 39 Ensayo de Pinhole realizado en C-04..... | 140 |
| Tabla 40. Ubicación UTM de las calicatas de exploración para cantera de finos | 150 |
| Tabla 41 Ubicación de la cantera peruanita..... | 151 |
| Tabla 42 Resultado de clasificación de suelos de la cantera de finos Peruanita..... | 151 |
| Tabla 43 Resultado de la resistencia a compresión triaxial | 152 |
| Tabla 44 Ubicación de cantera de finos para el núcleo de la presa | 152 |
| Tabla 45 Resultado de clasificación de suelos de la cantera de finos km+3000 | 153 |
| Tabla 46 Ubicación UTM de exploración para cantera de rocas..... | 155 |
| Tabla 47 Resultados de los ensayos de muestras de cantera de roca..... | 156 |

ABREVIATURAS

ASTM: American Society of Testing Materials.

CISMID: Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres

MASW: Multichannel Analysis of Surface Waves. Análisis multicanal de ondas superficiales.

RQD: Rock Quality Designation

INTRODUCCIÓN

“Las presas constituyen una de las obras de ingeniería de mayor importancia para el desarrollo de un país, en sus distintas finalidades: para riego, abastecimiento, control de avenidas y producción de energía eléctrica” (González de Vallejo, 2022). Es así que, uno de los motivos para la construcción de estructuras de embalse o presas para retener la escorrentía de agua, es la escasez de agua para riego de sembríos. Como sucede en muchas partes del Perú, sobre todo en las zonas altoandinas ubicadas sobre los 4 000 msnm), caso de las zonas elevadas correspondientes a ambientes glaciales de las regiones de Cusco, Apurímac, Ayacucho, etc; donde se cuenta con recursos hídricos escasos, pero que mediante un embalse pueden adquirir un potencial capaz de satisfacer las demandas hídricas. Este es el caso que se tiene en las comunidades (Cupisa, Ancatira, etc.) del Distrito de San Jerónimo de la Provincia de Andahuaylas – Apurímac. Donde las demandas de agua para regar los cientos de hectáreas de cultivos, está cada vez más exigente.

Es por ello esta investigación está orientado a realizar una serie de estudios en los aspectos geológicos y geotécnicos para la construcción de la presa llamada Peruanita, el cual retendrá toda la escorrentía que cubre 438 hectáreas. El cual cuenta con aportes de ríos perennes, flujos subterráneos, humedales, lluvia. Esta presa, según estudios previos, tendrá una altura de 26 m, cerca de medio km de largo de dique, con una capacidad de 1.9 millones de m³, volumen suficiente para cubrir las demandas actuales.

Para este proyecto se tiene el principal objetivo de caracterizar las propiedades y características físicomecánicas de los suelos morrénicos, sobre todo del lugar de emplazamiento del eje o dique de presa, del vaso de la presa, así como los materiales de cantera. Todo ello con ensayos geotécnicos de campo y laboratorio. Donde los estudios

geotécnicos de campo son mediante exploración directa (calicatas, trincheras, perforación diamantina, permeabilidad Lefranc, etc.); y mediante exploración indirecta profunda por métodos geofísicas de sondeo eléctrico y sísmico. Asimismo, someter las muestras representativas de suelos y rocas a diferentes ensayos de laboratorio. Para finalmente con los valores y parámetros obtenidos realizar los cálculos respectivos, que servirán para el diseño de la estructura de contención de las aguas.

CAPITULO I GENERALIDADES

1.1. Ubicación

1.1.1. Política

La presa Peruanita se encuentra ubicado en la Laguna Peruanita, Comunidad de Cupisa, distrito de San Jerónimo, Provincia de Andahuaylas, Departamento de Apurímac.

1.1.2. Geográfica

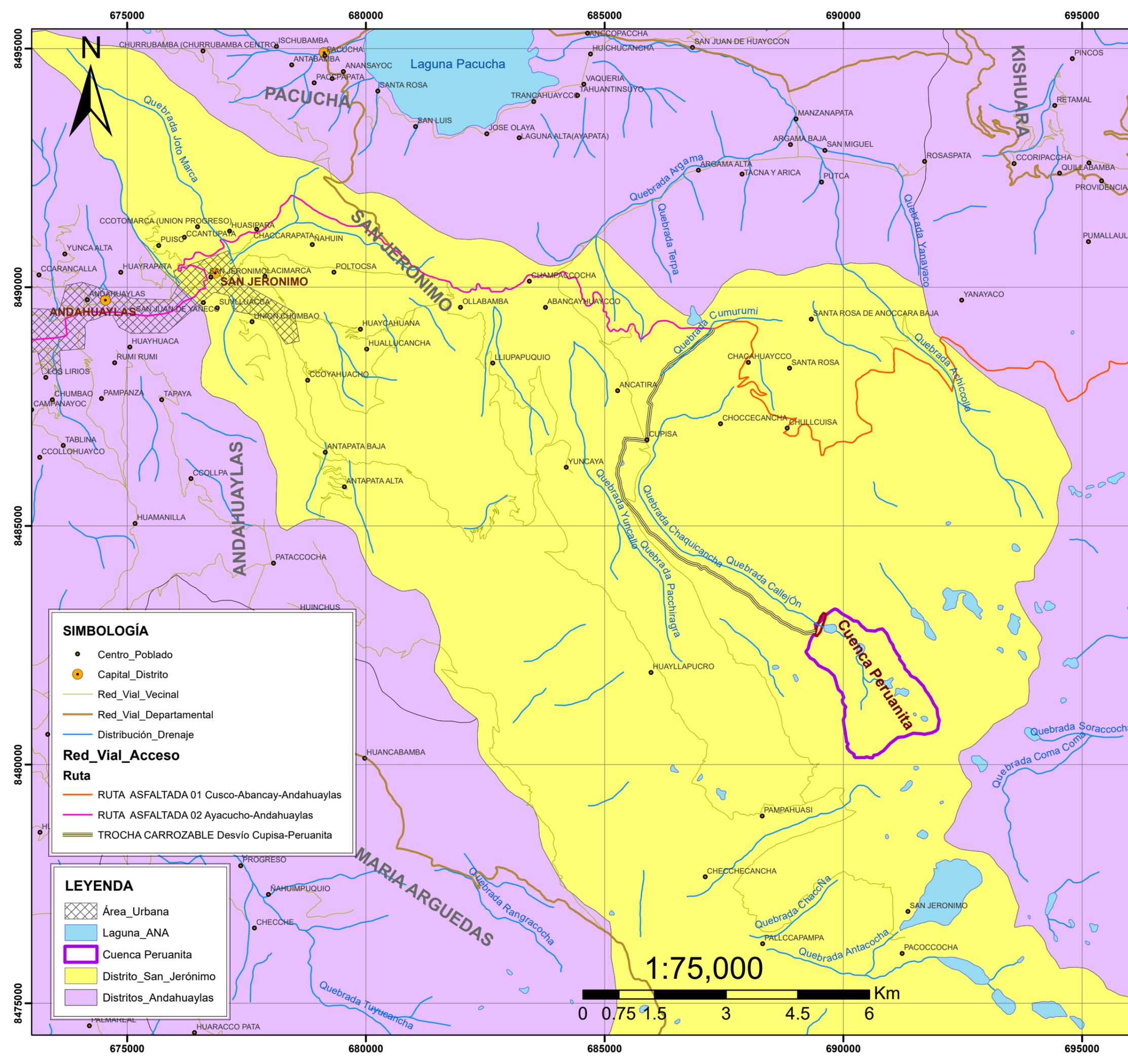
Geográficamente se encuentra ubicado según las siguientes coordenadas UTM, de la Tabla 1:

Tabla 1 *Ubicación geográfica y UTM de la zona de estudio*

| Sistema | Datum | Componentes | Coordenadas |
|------------------------------|------------------------------|----------------|----------------|
| Coordenadas Geográficas | Horizontal WGS 1984 | Longitud Oeste | 73° 14' 50.48" |
| | | Latitud Sur | 13° 42' 39.21" |
| Coordenadas UTM Zona 18L sur | Horizontal WGS 1984 | Este (m) | 689530 |
| | | Norte (m) | 8482953 |
| Altitud | Vertical nivel medio del mar | m.s.n.m. | 4115 |

1.1.3. Hidrográfica

Hidrográficamente el sistema Peruanita forma parte del sistema Pacucha, el cual pertenece a la subcuenca de Pampas de orden o nivel 5 (49981); el cual a su vez pertenece al sistema mayor del río Amazonas, que vierte sus aguas al Océano Atlántico. De tal manera la ubicación del área en mención es la unidad hidrográfica de nivel 7 con el código 4998149.



SIMBOLOGÍA

- Centro_Poblado
- Capital_Distrito
- Red_Vial_Vecinal
- Red_Vial_Departamental
- Distribución_Drenaje

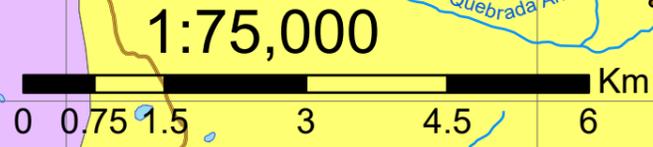
Red_Vial_Acceso

Ruta

- RUTA ASFALTADA 01 Cusco-Abancay-Andahuaylas
- RUTA ASFALTADA 02 Ayacucho-Andahuaylas
- TROCHA CARROZABLE Desvío Cupisa-Peruanita

LEYENDA

- ▨ Área_Urbana
- Laguna_ANA
- Cuenca Peruanita
- Distrito_San_Jerónimo
- Distritos_Andahuaylas



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
 FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALÚRGICA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA

TÍTULO:
 "ESTUDIO GEOLÓGICO GEOTÉCNICO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA PRESA DE TIERRA PERUANITA DEL DISTRITO DE SAN JERÓNIMO, ANDAHUAYLAS - APURÍMAC 2022"

MAPA: UBICACIÓN

REALIZADO POR:
 BR. VICTORIANO QUISPE TIRAHUMA
 BR. ELMER QUISPE QUISPE

| | | | | | | | | | | | |
|------------|--|--------|---|---------|----------|--------|-----------------|----------------------|----|---------|----|
| UBICACIÓN: | DEP. APURÍMAC PROV. ANDAHUAYLAS DIST. SAN JERÓNIMO | DATUM: | WGS 84 SISTEMA DE PROYECCIÓN: UTM ZONA 18 S | ESCALA: | INDICADA | FECHA: | AGOSTO DEL 2022 | ESCALA DE IMPRESIÓN: | A3 | NÚMERO: | 01 |
|------------|--|--------|---|---------|----------|--------|-----------------|----------------------|----|---------|----|

1.1.2. Accesibilidad

Para acceder a la zona de estudio, se puede por dos rutas terrestres principales.

Ruta 01: Cusco – Abancay – Andahuaylas – Laguna Peruanita.

El acceso más común a la zona de estudio (laguna Peruanita) se da por la ruta de las ciudades: Cusco – Abancay – Andahuaylas, que consta de una distancia aproximada de 137 km, en un tiempo de 6 horas. Y desde la ciudad de Andahuaylas hasta la laguna Peruanita, es a través de una trocha carrozable, en un tiempo de 50 min en transporte terrestre

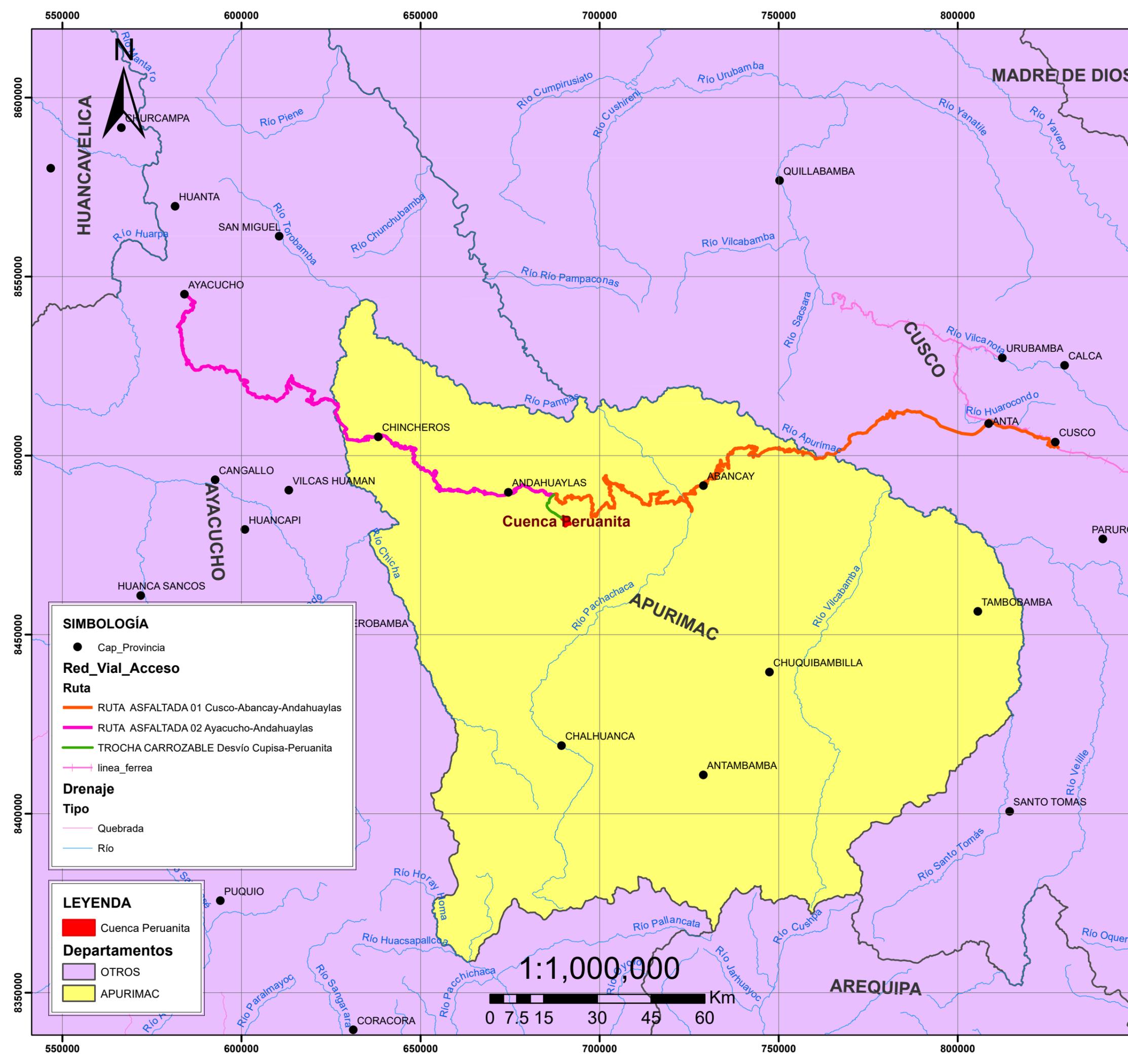
Tabla 2 Ruta de acceso a la zona de estudio

| Tramo | Distancia (km) | Tipo de vía | Tiempo aprox. de viaje |
|-----------------------------|-----------------------|--------------------|-------------------------------|
| Acceso departamental | | | |
| Cusco - Abancay | 194 | Asfaltado | 5 horas |
| Abancay - Andahuaylas | 150 | Asfaltado | 3 horas |
| Acceso Local | | | |
| Andahuaylas - Ramal Cupisa | 14.5 | Asfaltado | 25 min |
| Cupisa - Laguna Peruanita | 8.5 | Trocha carrozable | 15 min |

1.1.3. Clima y vegetación

La cobertura vegetal es variada, se han identificado 02 tipos de cobertura vegetal, siendo la más representativa; el pajonal andino de puna.

Este tipo de vegetación está dominado por plantas herbáceas pequeñas altoandinas, hasta de un metro de alto, con hojas punzocortantes, entre las que destacan la *Stipa plumosa*, *Festuca orthophyll*, que son apetecibles por el ganado. Por lo general se encuentra ubicado en zonas adyacentes a los pajonales, así como en la zona homogénea con los bofedales, y se caracteriza por desarrollarse en suelos fértiles, profundos, semihúmedos y franco a franco arcillosos.



SIMBOLOGÍA

- Cap_Provincia

Red_Vial_Acceso

Ruta

- RUTA ASFALTADA 01 Cusco-Abancay-Andahuaylas
- RUTA ASFALTADA 02 Ayacucho-Andahuaylas
- TROCHA CARROZABLE Desvío Cupisa-Peruanita
- - - línea_ferrea

Drenaje

Tipo

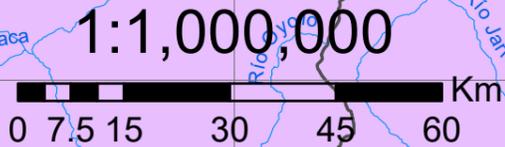
- Quebrada
- Río

LEYENDA

- Cuenca Peruanita

Departamentos

- OTROS
- APURIMAC



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
 FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALÚRGICA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA

TÍTULO:
 "ESTUDIO GEOLÓGICO GEOTÉCNICO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA PRESA DE TIERRA PERUANITA DEL DISTRITO DE SAN JERÓNIMO, ANDAHUAYLAS - APURIMAC 2022"

MAPA: ACCESIBILIDAD

REALIZADO POR:
 BR. VICTORIANO QUISPE TIRAHUMA
 BR. ELMER QUISPE QUISPE

| | | | | |
|------------|--------------------|--------------------------------------|------------------------|-------------------------|
| UBICACIÓN: | DEP. APURÍMAC | DATUM: WGS 84 | ESCALA: INDICADA | ESCALA DE IMPRESIÓN: A3 |
| | PROV. ANDAHUAYLAS | SISTEMA DE PROYECCIÓN: UTM ZONA 18 S | FECHA: AGOSTO DEL 2022 | NÚMERO: 02 |
| | DIST. SAN JERÓNIMO | | | |

El clima de la provincia Andahuaylas es típico de sierra, las zonas que se encuentran entre los 2000 - 3000msnm (como las ciudades de Andahuaylas, Talavera, San Jerónimo y Huancarama), tienen un clima templado con moderadas lluvias, el mismo que caracteriza al valle del Chumbao, que debido a los vientos procedentes de los ríos que bordean el distrito, por encontrarse a menor altitud, presenta inviernos secos, y de bajas temperaturas. Durante el mes más lluvioso, la cantidad total de agua precipitada es de 488mm. A altitudes menores están los valles cálidos con una vocación agrícola y de productividad mayor respecto al resto de la provincia, predominan los cultivos de maíz, frijoles, arvejas, trigo, y frutales; asimismo la cría extensiva de ganado mayor.

La variación climática a lo largo del año es como sigue: de abril a septiembre, el clima muestra la ausencia de lluvias; entre junio y septiembre, la temperatura desciende, con heladas frecuentes que afectan la flora y fauna desde las partes altas hacia las zonas bajas; de septiembre a diciembre se inician las primeras lluvias moderando la temperatura y provocando el reverdecimiento de las plantas en el área de pajonales y bosques y de mediados de noviembre a abril, las precipitaciones pluviales se realizan con un promedio de 600 a 700 mm por año, mientras que el estiaje se presenta en el resto de los meses del año, con meses críticos entre septiembre y octubre.

El clima de Andahuaylas es templado, moderadamente lluvioso y con amplitud térmica moderada. La media anual de temperatura máxima y mínima (periodo 2000 - 2017) es 14.35°C y 12.67°C, respectivamente. La precipitación media acumulada anual para el periodo 1998-2017 es 717.66 mm.

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.2.1. Descripción del problema

La escasez de agua que se presenta en las épocas de estiaje es cada vez mayor debido a la variación climática, en las Comunidades de Cupisa, Ancatira y Champacocha en donde son utilizados para actividades de riego en agricultura, que debido al crecimiento poblacional en los últimos años que va aumentando la demanda del uso de recursos hídricos, por lo tanto, hay necesidad de construir una presa.

El área de estudio para la construcción de la presa se encuentra ubicado a 4105 msnm; que se emplazara sobre suelos glaciares morrénicos y fluvioglaciares dentro de un valle de origen glaciar lo que implica condiciones geológicas geotécnicas complejas compuestos principalmente por una mezcla heterogénea de gravas, arenas, limos, arcillas y bloques erráticos que presentan alta variabilidad en las propiedades (compacidad y permeabilidad), lo cual representa un desafío significativo para el diseño y construcción de una presa de tierra.

Estos materiales, al no ser uniformes y complejas en el transcurso del tiempo de operación y/o funcionamiento puede sufrir colapso en las cimentaciones, filtraciones de aguas del embalse en dirección aguas abajo sumado por la presión hidrostática comprometiendo la seguridad estructural y operativa de la futura presa.

Mediante estudios realizados se conocerá las características geológicas y parámetros geotécnicos tanto en el eje de la presa, área de embalse que posibiliten una adecuada diseño y construcción de la presa que permitan conservar la estabilidad del dique y garantizar la estanqueidad de la presa de tal manera cabe mencionar que el diseño y construcción de la presa dependerá de los resultados de los estudios geológicos geotécnicos realizados.

1.2.2. Formulación del problema

1.2.2.1. Problema general

¿Cuáles son las características geológicas y geotécnicas del área de emplazamiento para la construcción de la presa de tierra Peruanita?

1.2.2.2. Problemas específicos

1. ¿Cuáles son las características geomorfológicas y morfométricas de la zona de estudio?
2. ¿Cuáles son las características geológicas que presenta la zona de estudio?
3. ¿Cuáles son las características hidrogeológicas del área de emplazamiento de la presa Peruanita?
4. ¿Cuáles son las propiedades geotécnicas del área de emplazamiento de la presa Peruanita?

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo principal

Determinar las características geológicas y geotécnicas del área de emplazamiento, para la construcción de la presa de Tierra Peruanita.

1.3.2. Objetivos secundarios

1. Determinar las características geomorfológicas y morfométricas de la zona de estudio.
2. Determinar las características geológicas de la zona de estudio.
3. Determinar las características hidrogeológicas del área de emplazamiento de la presa Peruanita
4. Determinar las propiedades geotécnicas del área de emplazamiento de la Presa Peruanita.

1.4. HIPOTESIS

1.4.1. Hipótesis general

Las características geológicas y geotécnicas del área de emplazamiento, para la Construcción de la Presa de Tierra Peruanita, son Poco Favorables.

1.4.2. Hipótesis Específicas

1. Las características geomorfológicas y morfométricas de la zona, son favorables para el emplazamiento de la Presa Peruanita.
2. Las características geológicas de la zona, son Poco favorables para la construcción de la Presa Peruanita.
3. Las características hidrogeológicas del área de emplazamiento de la presa Peruanita, son Poco Favorables para su construcción.
4. Las propiedades geotécnicas del área de emplazamiento de la presa Peruanita, son Favorables para su construcción.

1.5. VARIABLES

1.5.1. Variable independiente

Geología y Geotecnia

1.5.2. Variable dependiente

Construcción de la Presa Peruanita.

La construcción y diseño de la presa dependerá de las características geológicas geotécnicas de los depósitos glaciares morrénicos donde se emplazará la futura presa Peruanita.

1.5.3. Operacionalización de las variables

Tabla 3 Operacionalización de las variables de estudio

| VARIABLES | | DIMENCIONES | SUBDIMENCIONES | INDICADORES | UNIDAD DE MEDIDA | |
|------------------------|--------------------------|----------------------------|----------------------------|--------------------------------|---|-------------------------------------|
| VARIABLE INDEPENDIENTE | GEOLOGIA | litoestratigráfica | | unidades geológicas | afloramientos(km ²) potencia (m) | |
| | | geología estructural | fallas, diaclasas | Azimut buzamiento | 0°-360° 0°-90° | |
| | | Geomorfología | geoformas | montañas, valles, planicies | área, perímetro | m, m ² , msnm, grad. (°) |
| | | | morfometría | | | |
| | | hidrogeología | Parámetros hidrogeológicos | permeabilidad porosidad | | m/día, cm/seg, % |
| | | | hidrodinámica | redes de flujo | | m ³ /día, lt/seg |
| | GEOTECNIA | mecánica de suelos | clasificación suscs | granulometría | % | |
| | | | | plasticidad | % | |
| | | | capacidad portante | cohesión | kg/cm ² | |
| | | | | Angulo de fricción | grad (°) | |
| geofísica | | refracción sísmica | velocidad (Vp) | m/seg | | |
| | MASW | velocidad propagación (Vs) | m/seg | | | |
| VARIABLE DEPENDIENTE | CONSTRUCCION DE LA PRESA | cuerpo de la presa | eje de la presa | borde libre espaldones | m °G | |
| | | | vaso de la presa | volumen de almacenamiento | volumen muerto | m ³ |
| | volumen útil | | | | | |
| | volumen de operación | | | | | |

1.6. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

1.6.1. Conveniencia e importancia social

La construcción de la presa peruana constituye uno de los aspectos importantes para el desarrollo económico de las comunidades de Cupisa, Ancatira y Champacocha del Distrito de San Jerónimo, mediante la Construcción de una Presa de Tierra que almacenará las aguas, con el propósito de embalsar el agua la cual será destinada para uso de diferentes actividades de riego.

1.6.2. Implicancias Prácticas

Los resultados del estudio geológico – geotécnico, los mismos que incluyen o se ayudan con materias (geomorfológicas, hidrológicas, geofísicas, etc.), definirán para el mejor diseño de la cimentación y la estructura del dique de la Presa Peruanita. En el cual cabe mencionar que los diferentes parámetros geotécnicos deben ser evaluadas como la permeabilidad en el eje y vaso de la presa, la capacidad portante que son elementos que nos definirá las características del tipo de construcción de la presa.

1.6.3. Valor Teórico

Llegar a determinar las características geológicas y propiedades geotécnicas de la zona, específicamente del área del embalse y eje de la presa en el que se emplazará la estructura de la presa. Asimismo, comparar los valores de Coeficiente de Permeabilidad Efectivo con los resultados de los antecedentes de estudios para construcción de presas en depósitos Cuaternarios Alto Andinas en ambiente glacial.

1.6.4. Utilidad Metodológica

La metodología se basa en la investigación directa (prueba y registro de campo) e/o indirecta (geofísica y laboratorio de suelos) de las variables, desde un enfoque cuantitativo, descriptivo-analítico y correlacional, claramente no experimental.

Finalmente, el presente trabajo de investigación se justifica, en buscar la seguridad necesaria del proyecto para que permanezca en el tiempo que no presente inconvenientes durante su vida útil.

1.7. METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN

1.7.1. Tipo, nivel y diseño de la investigación

1.7.1.1. Tipo de Investigación

Enfoque Cuantitativo: Mediante los datos obtenidos en el campo y laboratorio

(clasificación de suelos, permeabilidad, etc.) en base en una medición numérica se comprobará o rechazará la hipótesis planteada.

1.7.1.2. Nivel de Investigación

Descriptiva que consiste en la recolección de información de variables independientes como geológicos (estratigrafía), hidrológicos (precipitación, movimiento de las aguas subterráneas), Geotecnia (suelos, permeabilidad).

Analítica en el trabajo de investigación se estudiará las características geológicas y geotécnicas mediante separación en parte para realizar los tratamientos de los datos.

1.7.1.3. Diseño de Investigación

No experimental, los datos de las variables se tomarán tal como se presentan, sin alterar sus características y propiedades.

1.7.2. Metodología y Procedimiento de la Investigación

1.7.2.1. Etapas de Investigación

Pre – campo: recolección de información, revisión bibliográfica y Preparación de mapa base

Campo: reconocimiento de terreno, recolección de muestras, Exámenes geofísicos del subsuelo mapeo geológico - geomecánico, ensayos de campo.

Laboratorio: ensayo de las muestras obtenidas de campo.

Gabinete: procesamiento de datos y elaboración del trabajo de investigación.

Instrumentos: Para llevar a cabo la investigación geológica geotécnica del terreno, se ha empleado la ayuda de equipos e instrumentos.

Instrumentos de campo

- ✓ Brújula, Wincha, libreta de campo, lupa de geólogo, equipo GPS, cámara fotográfica.
- ✓ Martillo de geólogo, esclerómetro de roca, combas, cinceles, zapapico
- ✓ Infiltrómetro de doble anillo
- ✓ Tomografía eléctrica y equipo refracción sísmica - MASW

Instrumentos de laboratorio

- ✓ Clasificación del suelo (Tamices, cuchara Casagrande, horno, balanza)
- ✓ Propiedades fisicomecánicas del suelo (equipo de corte directo)
- ✓ Material de cantera (máquina de los ángeles y equipo de compresión uniaxial)

Instrumentos de gabinete

- ✓ Softwares (Microsoft Office, ArcGis, Slide, etc.)

1.7.2.2. Técnicas e Instrumentos

La técnica de estudio es de tipo de observación y correlacional en donde los datos son obtenidos y registrados (mediciones) en las diferentes etapas de investigación mediante el uso de diferentes instrumentos para su posterior procesamiento, construcción de tablas, mapas, secciones, etc y arribar hacia los resultados y conclusiones datos que se utilizaran en el diseño de la presa.

Instrumentos: Para llevar a cabo la investigación geotécnica del terreno de interés, se ha empleado la ayuda de instrumentos.

Instrumentos de campo

- ✓ Plantillas de mapas base para el cartografiado geológico geomorfológico.
- ✓ Formatos para la toma de datos geomecánicos en campo
- ✓ Registros de sondeo para calicatas
- ✓ Registros de sondeo para perforación diamantina
- ✓ Formatos para la toma de datos de permeabilidad.

Instrumentos de laboratorio

- ✓ Formatos para la clasificación de suelos.
- ✓ Formatos para toma de datos de corte directo
- ✓ Formatos para toma de datos de humedad, gravedad específica, Proctor, etc.

1.8. MARCO TEÓRICO

1.8.1. Antecedentes

1.8.1.1. Antecedentes Internacionales

Silva,O. & Miranda,C. (2021) en su estudio titulado “Presa los Pajaritos, Río el Borbollón, Managua, Nicaragua”, se plantearon como objetivo evaluar la permeabilidad y estados de filtración de los materiales de fundaciones donde se cimentará el dique y los estribos para plantear los diseños más apropiados. Llegando a resultados que indican se tiene tres estratos en las fundaciones; Arena Limosa con $K=4.11E-03$ cm/s, Arena Limosa con $K=1.78E-05$, Toba con $K=4.51E-06$ y dos en los estribos Toba Gris con $k=2.06E-01$ y Toba Lítica-Ticuan-tepe con $K=4.51E-04$ a partir de estos estudios se establecieron propiedades mecánicas de dos bancos de materiales para establecer los elementos a construir el dique de presa, garantizando las filtraciones controladas. En conclusión, propusieron un diseño que controle adecuadamente la fuerza de filtración, colocando el dentellón y pantalla impermeable hacia aguas arriba de la presa y la propuesta de filtro propuesto al pie de la presa.

La investigación proporcionará información que será útil para el conocimiento sobre el problema que existe para la construcción de presas.

Condado,G.(2019) realizó un estudio titulado “Estudio Geológico Geotécnico del proyecto de presa en el Estado de Nuevo Leon” teniendo como objetivo general determinar las

características geológicas geotécnicas para el proyecto de presa, Empleando la metodología basada en un análisis experimental de diversas muestras de suelos y rocas heterogéneos tomados en campo llegando a resultados, que muestran geológicamente a depósitos cuaternarios fluviales y coluviales, de poco a nada compactos y el basamento rocoso donde se desplantará la cortina se tiene a una secuencia de calizas limosas y margas muy alteradas y fracturadas identificando 5 familias de discontinuidades $330^\circ / 81^\circ$, $238^\circ / 68^\circ$, $067^\circ / 18^\circ$, $052^\circ / 82^\circ$, $349^\circ / 53^\circ$ geotécnicamente los depósitos cuaternarios se tratan de suelo SM-SC con valores de permeabilidad $2.34 \text{ E-}03$ a $1.5 \text{ E-}05 \text{ cm/s}$ moderadamente permeable a poco permeable y el basamento rocoso con valores de permeabilidad de 4.44 UL a 12.58 UL.

La investigación realizada por los autores mencionados proporciona como referencia tipo de análisis de basamentos rocosos afectados por sistemas de diaclasas donde son considerados como vías de flujos de agua desde el embalse hacia el exterior de tal manera en nuestra zona de estudio el basamento roso se encuentra aproximadamente a mayores de 80 metros de profundidad.

1.8.1.2. Antecedentes Nacionales

Gutiérrez, E. & Quispe, R. (2022) en su investigación titulada "Estudio Geológico y Geotécnico del terreno de fundación para la construcción de la presa Huisillopunku – Santo Tomas", se plantearon como objetivo principal determinar las características geológicas y geotécnicas del terreno de fundación para la construcción de la presa. Para ello aplicaron la metodología de investigación tipo analítico – descriptivo – explicativo. Teniendo los resultados la valorización del macizo según Bieniawski (RMR) en el eje de presa proyectada de 48 en el lado izquierdo y 47 en el lado derecho de clase II y de una calidad Media con capacidad admisible de 22.99 kg/cm^2 en promedio. Los cuales nos permite afirmar que las condiciones son favorables.

Los suelos en la zona de vaso de la presa proyectada, según la clasificación SUCS, varían desde gravas bien graduadas (GW) hasta suelos arcillosos y limos orgánicos (OH), con índices de plasticidad que varían desde NP hasta 15.54, con el coeficiente de permeabilidad distribuido en el vaso y eje de la presa resulta 1.41×10^{-1} cm/s a 4.70×10^{-5} cm/s; el cual indica muy permeables a semi permeables e impermeables.

La investigación proporciona información de los problemas geológicos geotécnicos existentes en suelos fluvioglaciares y sus formas de solución para la construcción de presas.

Sánchez S. (2023) en su investigación titulada “Estudio geotécnico, geológico y geofísico para el emplazamiento de la presa piques – San Juan de Bigote – Morropón – Piura” se plantearon como objetivo principal determinar las características geotécnicas geológicas y geofísicas del terreno de fundación de la presa, Para ello aplicaron la metodología de investigación aplicada, con diseño de investigación descriptivo, enfoque cuantitativo y nivel de investigación correlacional Teniendo como resultados: estudios de geotecnia se clasifico por el sistema SUCS, el tipo de material que conforma el suelo es GC y GW(grava arcillosa y grava bien gradada de compacidad media – rígida. Con humedades que presentan de 9.59%, 5.2%, 8.64% y 5.42%, con el ángulo de fricción $\phi = 31.60^\circ$, densidad = 2.07g/cm³ y cohesión = 0.34kg/cm²

La investigación realizada por los autores mencionados proporciona como referencia la metodología de investigación.

1.8.1.3. Antecedentes Regionales - Locales

Los antecedentes en la zona de estudio para la construcción de la presa Peruanita son escasos debido a la falta de estudios de investigaciones locales, pero, sin embargo, existen estudios anteriores relacionados al tema de investigación en la zona.

Mesa,W. & Rado,B. (2019) en su investigación “Estudio Geológico Geotécnico para el Sobreincimamiento de la presa de Pampahuasi del Distrito de San Jerónimo”, donde planteo como objetivo caracterizar las propiedades geotécnicas para la construcción de una presa de tierra en suelos fluvioglaciales y morrénicos. Llegando a la conclusión de que los materiales constituidos por gravas limos y arcillas, provenientes de los afloramientos de Formación Muñani del Cretácico superior y del Plutón Anchaca del terciario superior, responden favorablemente a las condiciones de sobreencimamiento.

La investigación realizada proporciona información para nuestro trabajo de investigación los diferentes métodos y secuencias de exploración geológica geotécnica.

1.8.2. Bases Teóricas

1.8.2.1. Memoria Descriptiva de la Revisión y Actualización del Cuadrángulo de Andahuaylas (28-p)

Según Lipa, Zuloaga y Linares (2003) el cuadrángulo de Andahuaylas fue cartografiado por Marocco R. y publicado por INGEOMIN en el año 1975 conjuntamente con los cuadrángulos de Andahuaylas y Cotabambas - Boletín N° 27 de la Carta Geológica Nacional. La presente memoria tiene por objeto presentar los cambios estratigráficos y estructurales realizadas en el trabajo de actualización y revisión geológica de dicho cuadrángulo, a escala 1:50 000, llevado a cabo por la Dirección de Geología Regional de INGEMMET en el año 2002. Este cuadrángulo está ubicado en las estribaciones orientales de la Cordillera Occidental, en la provincia de Andahuaylas, departamento de Abancay; en las siguientes coordenadas geográficas: 73°30' a 73°00' de longitud oeste, y 13°30' a 14°00' de latitud sur. (pág. 1).

La litoestratigrafía regional para la zona a estudiar, está dada por unidades del Mesozoico (Formación Ausangate, Formación Muñani, y del Cenozoico (Unidad Ocobamba, Depósitos Morrénicos del Pleistoceno). Cuya columna estratigráfica regional se aprecia en la Figura 01.

Formación Ausangate (Ks-au)

Comprende aproximadamente más de 1000 m de espesor de lutitas, limoarcillitas, limolitas pardo rojizas laminadas, alternadas eventualmente con gruesos estratos de areniscas marrón pardas. Afloramientos de esta formación han sido ampliamente reconocidos al norte y SE de la hoja de Andahuaylas; una de sus mejores exposiciones está en el cerro Atapra, ubicada al norte de la localidad de Pacobamba (Lipa, Zuloaga, & Linares, 2003). Para los cuales se ha representado su columna litoestratigráfica en la Figura 1.

Formación Muñani (Ks-mu)

La Formación Muñani está conformada por aproximadamente de 2000 m espesor de areniscas y lutitas de coloración pardo rojizas; habiéndose diferenciado dos unidades en base a sus características litológicas. El Miembro inferior (Ks-mui), compuesto predominantemente de areniscas pardo rojizas, que se alternan con lutitas y limoarcillitas rojas. Sus mejores exposiciones están localizadas al norte de la hoja de Andahuaylas, en los cerros Apu Hulluchayo, Ancapacha, Landa, localidades de Caquiabamba, Cruz Pata Y el Miembro superior (Ks-mus), está conformado por areniscas arcósicas de color pardo rojizas, grises, con niveles conglomerádicos, alternada con lutitas rojizas en igual proporción que las areniscas. Afloran ampliamente al NE y norte de Huancarama, en las localidades de Montecucho, Pacobamba, Vischingay (Lipa, Zuloaga, & Linares, 2003).

Figura 1 Columna Estratigráfica del Cuadrángulo de Andahuaylas (28-p)

| Eratema | Sistema | Serie | Unidades Litoestratigráficas | Columna Estratigráfica | Grosor en Metros | Descripción | | | | |
|------------|-------------|--|--|--|--|---|---|--------|-----------|--|
| CENOZOICA | CUATERNARIO | Holocena | Depósitos fluviales | | | Depósitos acumulados en los ríos, constituidos por gravas, arenas y limos. | | | | |
| | | | Depósitos coluviales | | | Depósitos de material fragmentario heterogéneo transportado y acumulado en pendientes o taludes. | | | | |
| | | | Depósitos aluviales | | | Depósitos de pantanos con detritos. | | | | |
| | | Pleistocena | Depósitos glaciofluviales | | | Depósitos de gravas y arenas gruesas | Depósitos acumulados con clastos heterogéneos y matriz compuesta por arena, limos y arcillas. | | | |
| | | | Depósitos morrénicos | | | Depósitos constituido por bloques heterométricos angulosos en matriz limoarenosa y clastos menores. | | | | |
| | NEÓGENO | Pliocena | Complejo Volcánico Carhuarazo (Formación Yacotingo) | | | Tobas de cristales, tobas vitrocrystalinas. | | | | |
| | | | | | | Complejo Volcánico Indiferenciado | Andesitas de color gris violácea con fenocristales de plagioclasas englobados en una matriz vítreo. | | | |
| | | Miocena | Grupo Puno | | | Fm. Soncco | Conglomerados polimícticos con matriz arenosa, en estratos de areniscas delgadas con clastos elongados de arcillas. | | | |
| | | | | | | PALEÓGENO | Oligocena | Eocena | Paleocena | Conglomerados polimícticos de naturaleza intrusiva, volcánica, areniscosa, englobados en una matriz arenosa microconglomerádica, con clastos subredondeados de diversas dimensiones. |
| | | | | | | | | | | Areniscas arcóscicas pardo rojizas y grises con niveles conglomerádicos e intercaladas con lutitas rojizas en igual proporción que las areniscas. |
| MESOZOICA | CRETÁCEO | Superior | Fm. Muñani | Areniscas pardo rojizas, se intercalan con lutitas y limoarcillitas rojas. | | | | | | |
| | | | Fm. Auzangate | Lutitas, limoarcillitas, limolitas pardo rojizas laminadas alternadas intercaladas algunas veces por gruesos estratos de areniscas marrones. | | | | | | |
| | | | Fm. Vilquechico | Limolitas calcáreas pardo amarillentas, areniscas cuarzosas y arcosas gris blanquecinas de grano medio, intercaladas con limoarcillitas laminadas, calizas laminadas gris verdosas a violáceas y lutitas grises. | | | | | | |
| | | | Fm. Arcurquina | Miembro C | Calizas grises en estratos gruesos presenta una gruesa estratificación. | | | | | |
| | | | | Miembro B | Calizas grises en estratos delgados, bien estratificadas. | | | | | |
| | Miembro A | Calizas negras bien estratificadas en estratos gruesos, nódulos calcáreos de diversas dimensiones y fósiles mal conservados. | | | | | | | | |
| | Inferior | Fm. Murco | Areniscas y lutitas rojizas, en algunos casos gris verdosas con capas de yeso. | | | | | | | |
| | | JURÁSICO | Superior | Fm. Hualhuani | Cuarciarenitas gris blanquecinas en estratos gruesos, con laminación oblicua y paralela, eventualmente presentan niveles lutáceos. | | | | | |
| | Grupo Yura | | | Fm. Gramadal | Areniscas gris blanquecinas intercaladas con areniscas calcáreas marrones. | | | | | |
| | | | | Fm. Labra | Cuarciarenitas y areniscas gris blanquecinas con tonos verde amarillentos, intercaladas por niveles lutáceos. | | | | | |
| Medio | Fm. Cachios | | Lutitas negras intercaladas con delgados niveles de areniscas y limolitas gris. | | | | | | | |
| | Fm. Puente | | Cuarciarenitas y areniscas gris claras, intercaladas con delgados niveles centimétricos de lutitas negras. | | | | | | | |
| TRIÁSICO | Superior | Fm. Socosani | Calizas grises macizas con fósiles mal conservados, con diseminaciones de pirita, hacia el tope intercalaciones de calizas arenosas. | | | | | | | |
| | | Grupo Pucará | Plutón metamórfico de Abancay(?) | Algunas calizas grises macizas con fósiles mal conservados, hacia el tope con intercalaciones de calizas arenosas, en algunos casos intercalaciones de capas de yeso. | | | | | | |
| | | | Grupo Mitu | Probable granodiorita metamorfozada, gneis con bandeamiento de feidepastos. | | | | | | |
| PALEOZOICA | PÉRMICO | Superior | Grupo Copacabana | Brechas volcánicas con clastos de rocas intrusivas, volcánicas, derrames lávicos andesíticos y conglomerados con clastos de rocas volcánicas, intrusivas y areniscas de dimensiones variables. | | | | | | |
| | | | | Calizas macizas gruesas de color gris pardusco con evidencia fósil. La Unidad superior está constituida por una secuencia lutácea, intercalada con delgadas capas de calizas grises. | | | | | | |
| | CARBONÍFERO | Pensilvaniano | Grupo Tarma | Calizas grises, areniscas gris verdosas con estructuras sedimentarias e intercalaciones de lutitas verdes. | | | | | | |

Fuente: (Lipa, Zuloaga, & Linares, 2003)

Unidad Ocobamba

Plutón Anchaca (PN-oc-an/cdi)

El plutón Anchaca cuya presencia abarcan una gran extensión dentro de la hoja de Andahuaylas, afloran en las localidades de Puca Puca, Kishuara, San Miguel de Argama,

Pichirhua, entre otras; asimismo, en las localidades de Anccatira, Ccoyahuacho, entre otras localidades (Lipa, Zuloaga, & Linares, 2003).

Plutón San Antonio (PN-oc-sa/mzgr)

Los afloramientos de este plutón son rocas de tipo monzogranito y ocupan una menor extensión con respecto a las cuarzodioritas de pluton Anchaca. Las muestras obtenidas en la laguna Morrocha, cerro Putero, así como en la localidad de Lamaro (este de Kishuara), muestran altos contenidos de feldespatos potásico, superior a 30%, plagioclasas 30%, cuarzo mayor a 20%. Presentan un color gris blanquesino (Lipa, Zuloaga, & Linares, 2003).

Depósitos Morrénicos (Pleistoceno) Qpl-mo

Los depósitos Morrénicos regionalmente han sido diferenciados en diversos sectores de la hoja de Andahuaylas, predominantemente en sectores de mayor elevación topográfica, predominantemente se han localizado al sur y SO de Andahuaylas (Lipa, Zuloaga, & Linares, 2003).

Las morrenas están constituidas por bloques de rocas de tamaño heterométrico dispuestas caóticamente con relleno de matriz limoarenosa o gravosa según sea el caso. Estas unidades se hallan en las partes altas de las montañas o en flancos de quebradas de origen glaciario, formando terrazas altas cortas. Por lo general sus depósitos están muy disectados debido a las erosiones posteriores. Presentan diversos tipos de acumulaciones morrénicas, agrupados en morrenas de fondo, laterales y frontales (Salazar Gutiérrez, 2016).

1.8.2.2. Geología estructural regional

Lipa y Zuloaga (2003) manifiesta que; Las estructuras generadas y su disposición dentro del área, están estrechamente relacionadas al comportamiento tectónico y a la disposición estructural de la Deflexión de Abancay. En esta parte de la Cordillera de los Andes, los diversos

plegamientos y fallamientos presentan una tendencia E-O, NO-SE, ONO-ESE. En la hoja de Andahuaylas, de acuerdo a los rasgos estructurales y estilo tectónico, se han diferenciado 3 zonas estructurales. (pág. 17)

Lipa y Zuloaga (2003) Los principales sistemas estructurales (fallas y plegamientos) en esta parte de la región Apurímac-Andahuaylas mantiene una dirección de E-O, ONO-ESE y NO-SE; teniendo mencionado como la falla de Abancay que adopta esa dirección manteniendo la tendencia estructural andina, estas estructuras son consecuencias producidas por la tectónica andina es más existen otros sistemas estructurales que adoptan una dirección diferente que el anterior NE-SO.

1.8.2.3 Geomorfología regional

El estudio de los cuadrángulos de Andahuaylas, Abancay y Cotabambas 28p, según (Marocco, 1975) abarcan parte de la Cordillera Oriental, altas mesetas y Valle profundos encañonados que cubren aproximadamente 9,000 km², comprendidos dentro de las provincias de Andahuaylas, Abancay, Aymaráes, Grau y Cotabambas del Departamento de Apurímac.

Cordillera Oriental

La geomorfología regional, según Marocco (1975) de la cordillera oriental se encuentra ubicado al norte de la unidad altas mesetas, en donde se encuentra ubicada nuestra zona de estudio, delimitado por una zona de fallas de dirección E-W (Falla de Abancay), que corresponden a la parte occidental de esta unidad, caracteriza por su geomorfología aguda agreste en donde se denotan gran actividad de erosión.

Altas Mesetas

La superficie Puna ha sido disectada por la erosión, esencialmente glaciaria; las huellas de las glaciaciones se observan por encima de los 3,500 m.s.n.m. (valles en U, depósitos morrénicos,

etc.). Se puede distinguir por lo menos dos etapas de glaciaciones que posiblemente se correlacionen con las glaciaciones del Centro del Perú (Dollfus, 1965). La sucesión de las fases glaciares se nota bien en las partes centrales de las hojas de Andahuaylas y Abancay, donde es frecuente observar valles glaciares y morrenas, cortando estructuras glaciares más antiguas (hoja Andahuaylas, 13° 46' y 73° 13') (Marocco, 1975, pág. 5).

Figura 2 unidades geomorfológicas regionales



Nota. Fuente: cuadrángulo de Andahuaylas, Abancay y Cotabambas

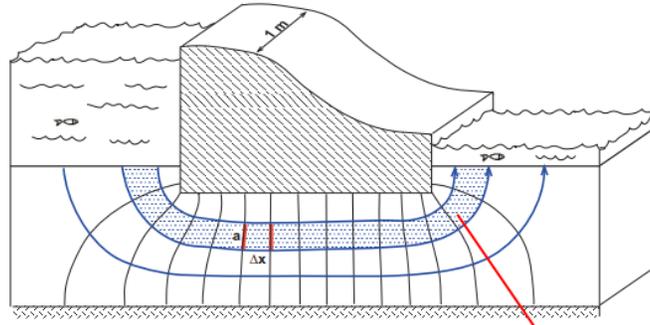
1.8.2.4. Conductividad hidráulica y las aguas subterráneas

1.8.2.4.1. Red de flujo bajo una presa

Una red de flujo es una representación esquemática del flujo en un plano mediante líneas de flujo y líneas equipotenciales. Las líneas equipotenciales son la traza de las superficies equipotenciales al ser cortadas por el plano en que se dibuja la red de flujo. El flujo siempre es tridimensional, así que las redes de flujo, de dos dimensiones, pueden trazarse en un plano

horizontal o en un corte vertical (Salgado, 2012, pág. 35). Por tanto, las líneas de flujo nacen y terminan perpendicularmente, como se aprecia en la Figura 3 (Sánchez San Román, 2022).

Figura 3 Líneas equipotenciales y redes de flujo en una presa



Nota. Fuente: (Sánchez San Román, 2022)

1.8.2.4.1. Permeabilidad mediante Lefranc

El ensayo de permeabilidad Lefranc de carga constante está más indicado para suelos más permeables mientras que el ensayo de permeabilidad Lefranc de carga variable ofrece mejores resultados en suelos menos permeables (Geotecnia fácil, 2023).

Figura 4 valores de coeficiente de permeabilidad

| | | Valores de k en cm/s | | | | | | | | | | | |
|----------------------------|---|---|---|---|------------------|--|---|------------------|---|---|------------------|------------------|------------------|
| | | 100 | 10 | 1 | 10 ⁻¹ | 10 ⁻² | 10 ⁻³ | 10 ⁻⁴ | 10 ⁻⁵ | 10 ⁻⁶ | 10 ⁻⁷ | 10 ⁻⁸ | 10 ⁻⁹ |
| Drenaje | | Bueno | | | | | Pobre | | | Practicamente impermeable | | | |
| Tipo de suelo | Grava limpia | Arenas limpias y mezclas limpias de arena y grava | | | | | Arenas muy finas, limos orgánicos, mezclas de arena, limo y arcilla, morrenas glaciares, depósitos de arcilla estratificada | | | Suelos "impermeables", es decir, arcillas homogéneas situadas por debajo de la zona de descomposición | | | |
| | | | | | | | Suelos "impermeables", modificados por la vegetación o la descomposición. | | | | | | |
| Determinación directa de k | Ensayo directo del suelo "in situ" por ensayos de bombeo. Se requiere mucha experiencia, pero bien realizados son bastante exactos. | | | | | | | | | | | | |
| | Permeámetro de carga hidráulica constante. No requiere mayor experiencia y se obtienen buenos resultados. | | | | | | | | | | | | |
| Determinación directa de k | Permeámetro de carga hidráulica decreciente. No se requiere mayor experiencia y se obtienen buenos resultados. | | Permeámetro de carga hidráulica decreciente. Resultados dudosos. Se requiere mucha experiencia. | | | Permeámetro de carga hidráulica decreciente. Resultados de regular a bueno. Se requiere mucha experiencia. | | | | | | | |
| | Por cálculo, partiendo de la curva granulométrica. Sólo aplicable en el caso de arenas y gravas limpias sin cohesión. | | | | | | | | Cálculos basados en los ensayos de consolidación. Resultados buenos. Se necesita mucha experiencia. | | | | |

Nota. Fuente: (Terzaghi y Peck)

Tabla 4 coeficiente de permeabilidad

| Coeficiente de permeabilidad K | |
|--------------------------------|---------------------|
| K(cm/seg) | Clasificación |
| $\geq 10^{-2}$ | Altamente permeable |
| 1.0 a 9.99×10^{-3} | Muy permeable |
| 1.00 a 9.99×10^{-4} | Permeable |
| 1.00 a 9.99×10^{-5} | Poco permeable |
| $< 10^{-6}$ | Pract. impermeable |

Nota. Fuente: (Guía CFE 10000-73 Mex)

A). Ensayo Lefranc con nivel constante

Sánchez San Román (2022) en un ensayo de Lefranc a nivel constante se introduce un caudal constante, Q, para mantener el nivel del agua dentro del sondeo estabilizado a una altura h_m

(ver la Figura 6). Para las variables usadas en las fórmulas siguientes. La conductividad hidráulica se obtiene por esta expresión:

$$K = \frac{Q}{C * h_m} \quad (9)$$

Donde:

K = conductividad hidráulica

Q = caudal inyectado

h_m = altura del agua dentro del sondeo, por encima del nivel estático previo

C = factor de forma:

$$C = \frac{2\pi L}{\ln\left(\frac{2L}{d}\right)} \quad (10)$$

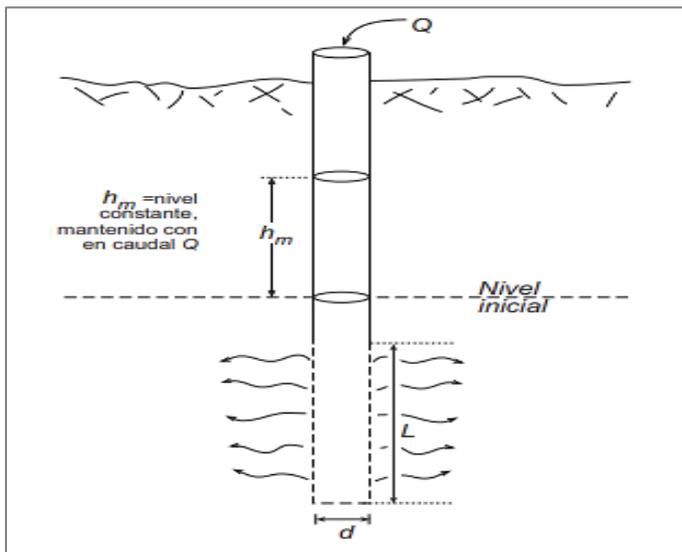
Donde:

L = longitud de la zona filtrante

d = diámetro la zona filtrante

Nota: Unidades homogéneas, por ejemplo: metros, segundos, m³/s, m/s

Figura 5 Esquema de Lefranc a caudal constante



Fuente: (Sánchez San Román, 2022)

b). Ensayo Lefranc con nivel variable

Jiménez Salas (1981, p.100) citado en (Sánchez San Román, 2022), indica este método como poco fiable, meramente indicativo. Pueden presentarse dos casos: que la zona filtrante tenga un diámetro igual o distinto que la entubación del piezómetro (Ver Figura 6). Se hace subir el nivel hasta una altura h_0 , y posteriormente medimos dos niveles, h_1 y h_2 , entre las que ha transcurrido un tiempo t .

La permeabilidad se calcula mediante la expresión siguiente:

$$K = \frac{d_e^2 \ln\left(\frac{2L}{d}\right)}{8Lt} \ln \frac{h_1}{h_2} \quad (11)$$

Donde: K = conductividad hidráulica

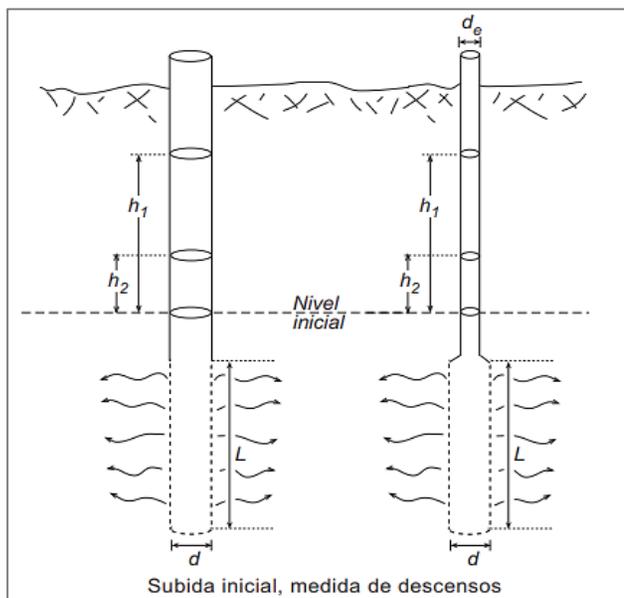
h_1, h_2 = altura del agua al principio y al final del ensayo

t = tiempo transcurrido entre la observación de los niveles h_1 y h_2

L = longitud de la zona filtrante

d = diámetro de la zona filtrante = diámetro de entubación (puede ser igual a d)

Figura 6 Esquema de Lefranc a caudal variable



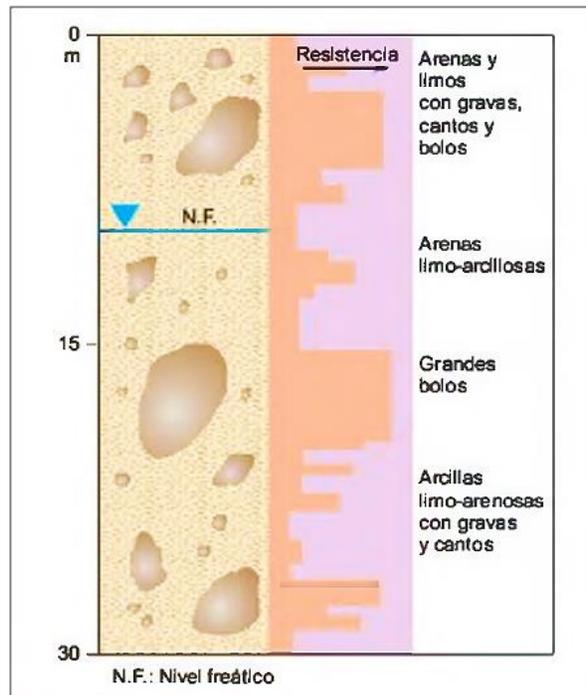
Fuente: (Sánchez San Román, 2022)

1.8.2.5. Propiedades Geotécnicas de los Suelos

1.8.2.5.1. Suelos Glaciares o Morrénicos

Según Gonzales de Vallejo (2022) los suelos glaciares, son depósitos transportados y depositados por el hielo o por el agua de deshielo, cuya composición es muy heterométrica y la distribución es altamente errática. Por tanto, las propiedades geotécnicas son altamente variables. Al estar la permeabilidad directamente relacionada con la granulometría, estos suelos son muy sensibles a los incrementos de presión intersticial producidos por lluvias torrenciales y por el deshielo. En la Figura 7 se muestra una columna tipo de estos suelos.

Figura 7 Perfil tipo de depósitos glaciares



Fuente: (González de Vallejo, 2022)

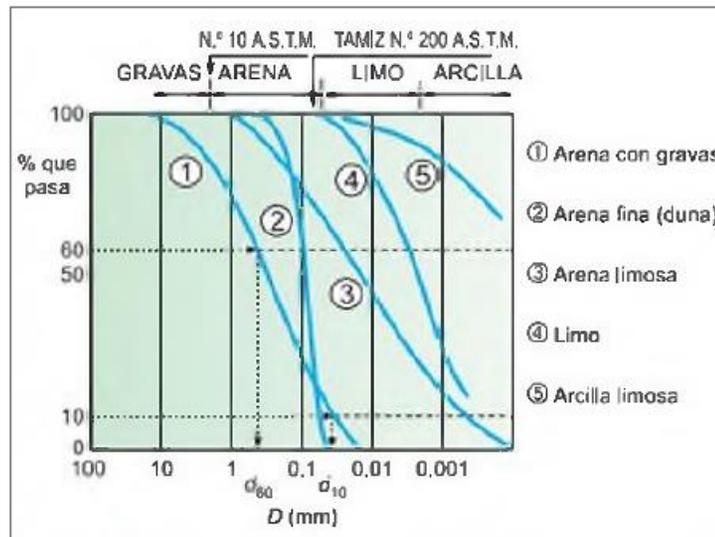
1.8.2.5.2. Clasificación de Suelos

La clasificación de suelos es en base a su distribución granulométrica y su índice de plasticidad.

a). Distribución Granulométrica

Para conocer la proporción de cada material que tiene un suelo se realizan análisis granulométricos, utilizando la vía seca para partículas de tamaños superiores a 0,075 mm, y la granulometría por sedimentación mediante el hidrómetro (vía húmeda) para tamaños iguales o inferiores a 0,075 mm. Con estos datos se puede elaborar la curva granulométrica de un suelo, que relaciona C_j con $\lg D_j$ (Figura 8) (González de Vallejo, 2022).

Figura 8 Curvas de distribución granulométrica de suelos



Fuente: (González de Vallejo, 2022)

b). Plasticidad

Según González de Vallejo (2022) la plasticidad está expresado por el índice de plasticidad, I_p ($I_p = W_L - W_p$ representa el intervalo de humedades para pasar del estado semisólido al semilíquido).

1.8.2.5.3. Resistencia al corte

La resistencia al corte del suelo no puede considerarse como un parámetro único y constante, ya que depende de su naturaleza, estructura, enlaces, nivel de deformaciones, etc., así

como, muy especialmente, de su estado tensional y de la presión del fluido que rellena sus poros (agua o agua y aire). El criterio de rotura en suelos más difundido deriva del propuesto por Coulomb, que relaciona tensiones efectivas normales y tensiones tangenciales actuando en cualquier plano del suelo (González de Vallejo, 2022). Este criterio establece que, para un suelo saturado, la resistencia al corte viene dada por la expresión:

$$\tau = C' + (\sigma_n - \mu) \tan \phi' \quad (12)$$

Donde:

τ = resistencia al corte del terreno a favor de un determinado plano

σ_n = tensión total normal actuando sobre el mismo plano

μ = presión intersticial

C' = cohesión efectiva

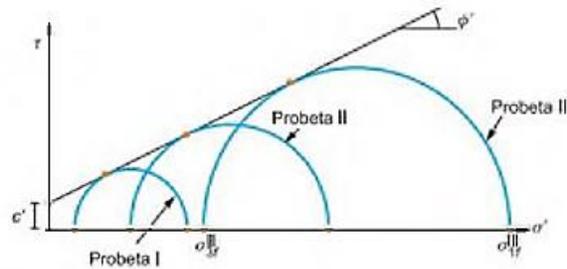
ϕ = ángulo de rozamiento interno efectivo.

1.8.2.5.4. El ensayo triaxial

El ensayo triaxial consiste en preparar una probeta cilíndrica de suelo, de altura doble del diámetro, que se rodea de una membrana impermeable [...]. Donde la tensión tangencial máxima en cada instante del ensayo viene dada por el círculo de Mohr (ver Figura 7).

$$\tau = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2} \quad (13)$$

Figura 9 Círculos de Mohr en rotura en ensayos CD tensiones efectivas



Fuente: (González de Vallejo, 2022)

1.8.2.5.5. Capacidad de carga admisible

Para determinar la capacidad portante admisible en cimentaciones rectangulares se ha utilizado el método tradicional de Terzaghi (1943) y Meyerhof (1963), con factores de forma, profundidad e inclinación quien sugiere la siguiente forma de ecuación:

$$q_c = C * N_c * F_{cs} * F_{cd} * F_{ci} + q * N_q * F_{qs} * F_{qd} * F_{qi} + \frac{1}{2} \gamma * B * N_\gamma * F_{\gamma s} * F_{\gamma d} * F_{\gamma i} \quad (14)$$

Donde:

qu: Capacidad Ultima de Carga en (MPa) y/o (kg/cm²)

qadm: Capacidad Portante Admisible en MPa y/o (kg/cm²)

φ: Angulo de Fricción Interna

Y : peso específico del suelo KN/m³

C : Cohesión KN/m²

Df : Prof. De cimentación (m)

B: Ancho de cimentación (m)

Nq, Nc y Nγ: Factores de capacidad de carga (función de φ)

Fcs,Fqs,Fγs: Factores de forma.

Fcd,Fqd,Fγd: Factores de profundidad.

Fci,Fqi,Fγi: Factor de inclinación de carga.

FS: Factor de Seguridad igual 3

1.8.2.5.6 Asentamiento elástico de cimentaciones

Según Braja, M. Das mencionado en el libro de fundamentos de ingeniería geotécnica una cimentación puede fallar por un asentamiento suficientemente grande que puede afectar a las estructuras causando daño, se conoce dos tipos de asentamiento que se puede presentar en una cimentación como: asentamiento elástico y asentamiento de consolidación, pero para este propósito nos centraremos en asentamiento elástico.

según la teoría de la elasticidad, si la cimentación es perfectamente flexible, el asentamiento se puede expresar de la siguiente forma:

$$S_e = q_0(\alpha B') \frac{1 - \mu_s^2}{E_s} I_s I_f$$

q_0 : presión neta aplicada sobre la cimentación

μ_s ; coeficiente de Poisson para el suelo

E_s : módulo de elasticidad promedio del suelo debajo de la cimentación medido desde $z = 0$ hasta $z = 4B$

$B_i = B/2$ para el centro de la cimentación

I_s = factor de forma (Steinbrenner, 1934)

I_f = factor de profundidad

1.8.2.7. Ensayos geofísicos de tomografía eléctrica y refracción sísmica

1.8.2.7.1. Método Geoeléctrico o Resistivo

El método geoeléctrico se encarga de estudiar la reacción que experimentan los materiales que subyacen en el suelo cuando estos son confrontados con el paso de corriente eléctrica, ya sea esta artificial o natural y a su vez corriente continua o alterna. Y se tienen dos métodos de prospección geoeléctrica, el Wenner y Schlumberger, que se diferencian en la disposición de los electrodos.

Dado la estrecha relación entre la resistividad eléctrica y el grado de saturación del terreno, esto permitirá definir la posible ubicación de las áreas de filtración. En tal sentido, se puede decir que al haber incrementos de fluidos en el terreno estos se verán reflejados por una disminución en valores de resistividad. En la Tabla 4 se presentan algunos resultados de investigación, relacionados a los valores de las resistividades eléctricas con la litología del terreno.

Tabla 5 valores y rangos de resistividades para rocas y minerales

| Roca | Resistividad ($\Omega \cdot m$) |
|-----------------------|---|
| Basamento | > 1000 |
| Basamento fracturado | 1500 a 5000 |
| Gravas no saturadas | 500 a 2000 |
| Gravas saturadas | 300 a 500 |
| Arenas no saturadas | 400 a 700 |
| Arenas saturadas | 100 a 200 |
| Limos semisaturados | 100 a 200 |
| Limos saturados | 20 a 100 |
| Arcillas no saturadas | 20 a 40 |
| Arcillas saturadas | 5 a 20 |

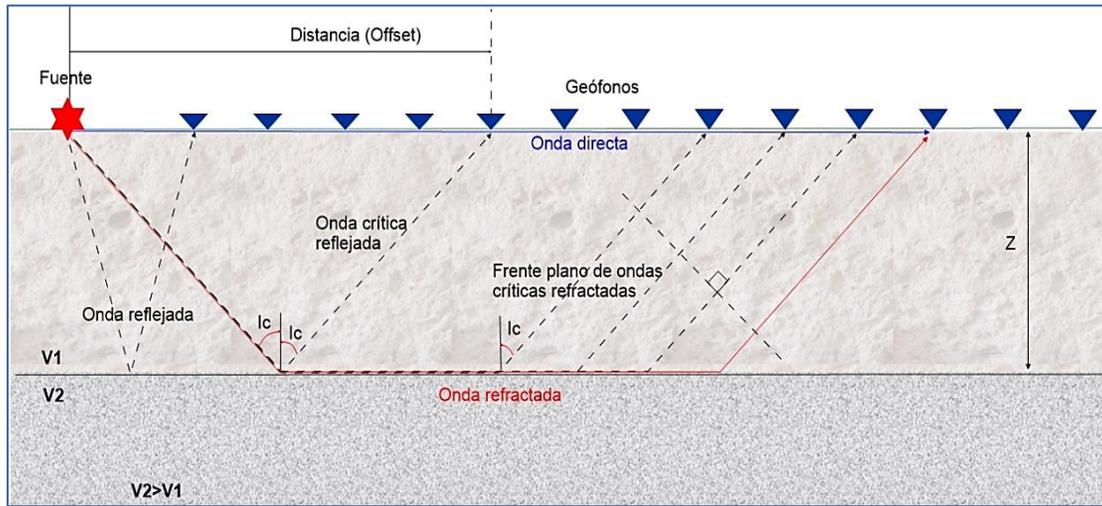
Nota. Fuente: (CMPLab, 2020)

1.8.2.7.2. Método sísmico

Refracción sísmica

El método convencional de refracción sísmica consiste en la medición de los tiempos de viaje de las ondas compresionales (Ondas P) generadas por una fuente puntual activa, de energía impulsiva en un punto conocido; a diferencia de la refracción sísmica convencional en la tomografía sísmica de refracción se usa el mismo principio, pero con varios disparos a lo largo del tendido de geófonos en distancias pre establecidas (ver Figura 10).

Figura 10. Principio del método de refracción sísmica



Nota. Fuente: Linares Montenegro

Con la refracción sísmica, basado en los tiempos de recorrido de las ondas P (primarias), longitudinales (Tabla 5), se busca de manera rápida conocer de manera indirecta la estructura del subsuelo, la detección del sustrato rocoso y de su estado mecánico (grado de compactación), que se hallan o no en el eje de la presa.

Tabla 6. Caracterización de la velocidad de las primarias V_p

| Descripción | V_p (m/s) |
|--------------------------------------|-------------|
| Suelo de cobertura | < 1000 |
| Roca muy alterada o aluvión compacta | 1000 – 2000 |
| Roca alterada o aluvión muy compacta | 2000 – 4000 |
| Roca poco alterada | 4000 – 5000 |
| Roca firme | > 5000 |

Fuente: Caracterización geofísica según Arce Helberg (1990)

1.8.2.8. Presas

1.8.2.8.1. Factores para elección del lugar de emplazamiento y tipo de presa

a). Emplazamiento de una presa

Según González de Vallejo (2022) la selección del emplazamiento de una presa depende fundamentalmente de los siguientes factores:

- ✓ Capacidad del vaso (volumen de embalse).
- ✓ Impermeabilidad del vaso.
- ✓ Cerrada adecuada: condiciones geomorfológicas, geológicas y geotécnicas favorables.
- ✓ Disponibilidad de materiales de construcción próximos a la presa.

b). Elección del tipo de presa

Según González de Vallejo (2022) se tienen principalmente dos factores intrínsecos para la elección del tipo de presa a construir. Uno, las características presentes para la cimentación; y otro, disponibilidad de materiales de préstamo.

b1). Características de la cimentación

González de Vallejo (2022) indica que se tienen básicamente dos tipos de presas: de hormigón y de tierra suelta. Y la elección de uno o de otro va depender en primer lugar de las condiciones de cimentación. Es así que una de presa de hormigón requiere una serie de condiciones como; que las deformaciones del macizo rocoso de fundación no se superen ciertos niveles no soportables por la estructura; en tal sentido no es conveniente cimentar este tipo de presas en suelos o rocas blandas. Tampoco una presa de hormigón sería el más indicado si la profundidad de la cimentación requiriera una excavación muy profunda (por presencia de materiales muy alterados); en estas situaciones el volumen de excavación supondría un coste elevado.

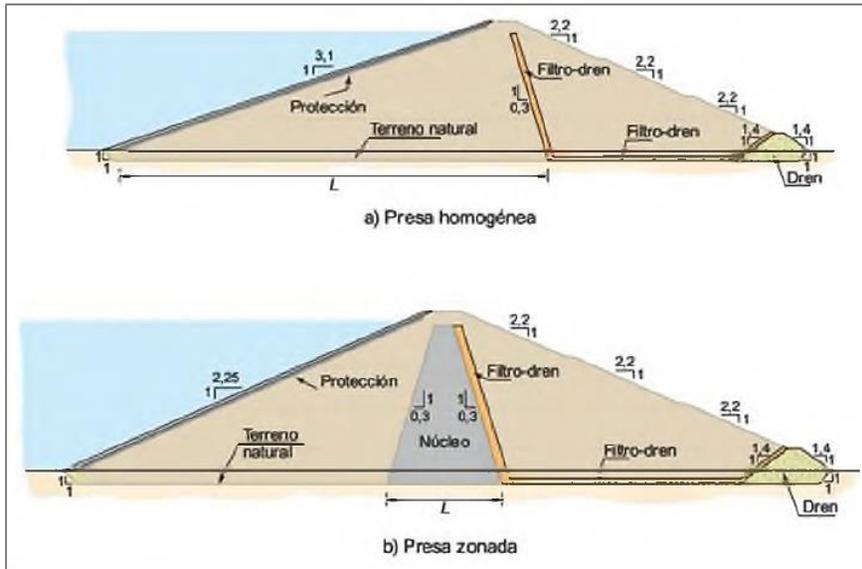
En general, cuando los macizos de cimentación son muy deformables o de baja resistencia, la solución más adecuada es la construcción de una presa de materiales sueltos.

b2). Disponibilidad de materiales de construcción

Según González de Vallejo (2022) otro de las condicionantes para la elección del tipo de presa es la disponibilidad de materiales en sus proximidades, necesarios para los dos tipos de presas

indicados. En el caso a) de la Figura 11 se muestra la sección de una presa de tierras homogénea, con una permeabilidad media de $k = 10^{-6}$ cm/s. En el caso b) de la misma figura se muestra la sección de una presa zonada de igual altura, en la cual el núcleo tiene también una permeabilidad $k = 10^{-6}$ cm/s, con los espaldones de aguas arriba y de aguas abajo muy permeables. Los flujos de agua en cada ejemplo son completamente distintos en función de los distintos gradientes. El flujo en el caso b) es 5 veces más alto.

Figura 11 *tempos de presas de materiales sueltos con diferentes condiciones de flujo*



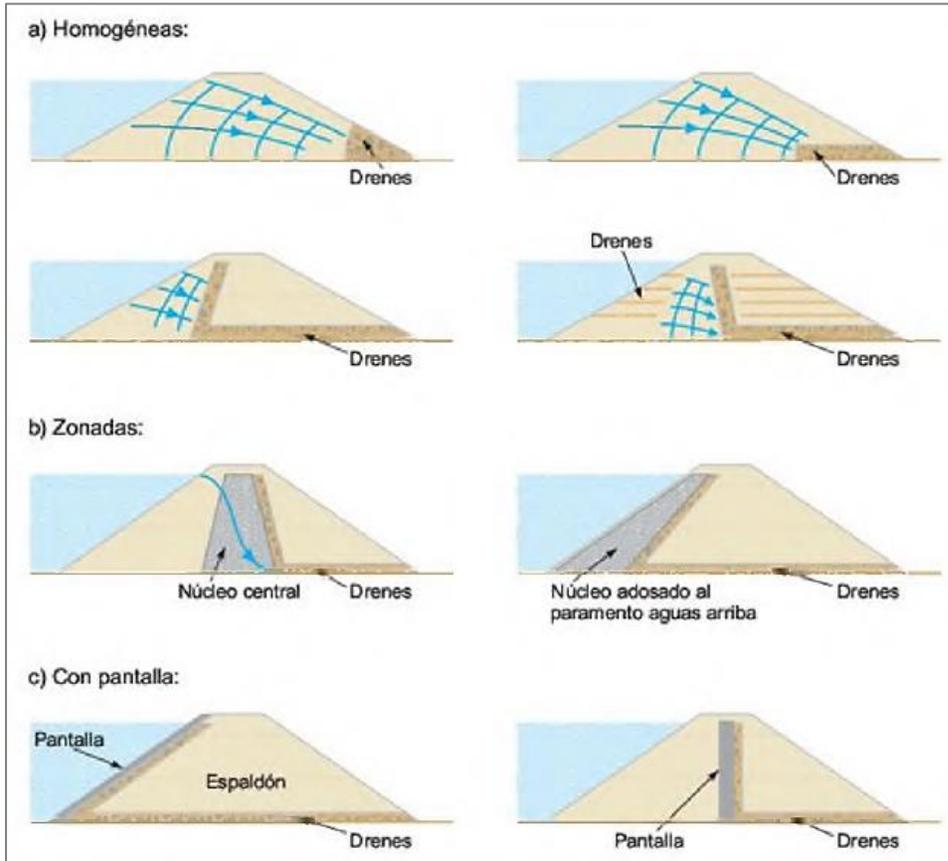
Nota. Fuente: (González de Vallejo, 2022)

1.8.2.8.2. Presas de Tierra (materiales sueltos)

Las presas de tierra, según indica González de Vallejo (2022), tienen principalmente tres tipos de configuración, los cuales se aprecian en la Figura 11. Las presas de sección homogénea, la cual tiene constituida toda o casi toda la sección transversal por un mismo material, formado por tierras compactadas de baja permeabilidad. Las presas zonadas con núcleo impermeable de arcilla, las cuales constan de dos o más tipos de materiales, donde la zona de menor permeabilidad o núcleo ejerce las funciones de elemento impermeable. Y las presas de pantalla, las cuales su

elemento impermeable consiste en una pantalla relativamente delgada o lámina, constituidos normalmente por hormigones asfálticos, hidráulicos, etc.

Figura 12. Esquemas de tipos de presa de materiales sueltos

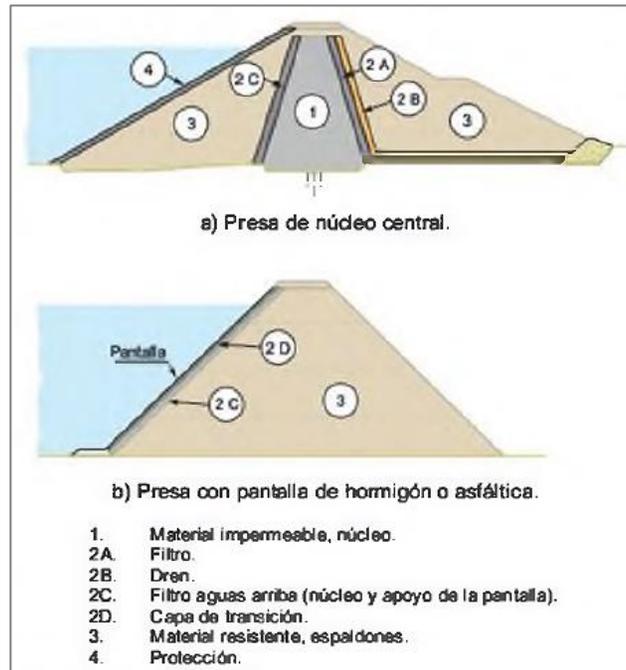


Nota. Fuente: (González de Vallejo, 2022)

1.8.2.8.3. Diseño de Presas de Tierra

La presa de tierra, que consta de diferentes partes estructurales (ver Figura 12), está diseñada y construida por materiales se agrupan en los siguientes tipos: núcleos impermeables, espaldones y escolleras, filtros y drenes. Cada cual está constituido por diferentes materiales, que varía según su función.

Figura 13. Esquema de los tipos de materiales en una presa



Nota. Fuente: (González de Vallejo, 2022)

1.8.3. Marco Conceptual

1.8.3.1. Geología

G.D. Escobar (2020) define la geología como la ciencia que estudia el planeta Tierra en su conjunto, describe los materiales que la forman para averiguar su historia y su evolución e intenta comprender la causa de los fenómenos endógenos y exógenos. Y para describir mejor esta ciencia se subdivide en varias especialidades, para este proyecto nos importa más dos ramas, la litología y geología estructural.

Litología

Según Hernando Costa, S. (2003) es la rama de la geología que estudia las características de las rocas que constituyen una determinada formación geológica, es decir una unidad litoestratigráfica, en la superficie del territorio. el tamaño de grano, de las partículas y sus

características físicas y químicas. La litología es fundamental para entender cómo es el relieve, ya que dependiendo de la naturaleza de las rocas

Geología Estructural

En las superficies rocosas que ocupan varios kilómetros cuadrados de área son atravesados o afectados por los diferentes superficies de discontinuidades o roturas denominadas estructuras geológicas, que es materia de investigación en el presente tesis, es así que J. Spikermann (2010) menciona, La Geología Estructural estudia las deformaciones que se presentan en materiales rocosos de la corteza terrestre, generadas por los procesos principalmente endógenos (diastrofismo) que involucra dos tipos de fenómenos endógenos, la orogenia y la epirogenia.

1.8.2.2. Geomorfología

H Villota (2005) define la geomorfología, como una ciencia que estudia de manera sistemática las formas del relieve terrestre, sus génesis, es decir, el origen o procedencia de lo que se observa en la superficie y la evolución a través del tiempo, como respuesta de los diferentes procesos naturales que se encargan de modelar la superficie terrestre, unas veces de manera tan lenta que puede ser imperceptible y en otras tan rápida o violentas que causan catástrofes impredecibles.

1.8.3.1. Espaldones

Gonzales de Vallejo (2022) señala que los espaldones tienen por objeto transmitir a la presa resistencia y estabilidad, así como protegerla frente a la erosión. Los materiales que forman los espaldones incluyen una gran variedad de rocas, de amplia granulometría, que puede ir desde escolleras y pedraplenes.

1.8.3.2. Estanqueidad de embalses

Gonzales de Vallejo (2022) indica que una de las condiciones básicas que debe reunir un embalse es su estanqueidad. Sin embargo, dependiendo del uso del mismo, las pérdidas de agua pueden ser más o menos tolerables. Así, un embalse de regulación de avenidas no requiere la misma estanqueidad que para abastecimiento o regadío (pág. 561).

1.8.3.3. Filtros y drenes

Se utilizan para evitar el paso de las partículas finas de los materiales contiguos y permitir el drenaje. Los volúmenes requeridos suelen ser muy inferiores con respecto al restos de materiales, aunque sus especificaciones son mucho más exigentes, en cuanto a propiedades y granulometrías. Los materiales para filtros y drenes deben ser granulares, con un criterio granulométrico muy estricto definido en normas, con ausencia de finos, alta resistencia y naturaleza inalterable. Pueden proceder de depósitos naturales o de machaqueo (González de Vallejo, 2022).

1.8.3.4. Núcleo

Los núcleos, como indica Gonzales de Vallejo (2022), se construyen para impedir el paso del agua a través del cuerpo de presa, por lo que precisan materiales de baja o muy baja permeabilidad, del orden de 10^{-5} cm/s o inferior.

CAPÍTULO II GEOMORFOLOGÍA

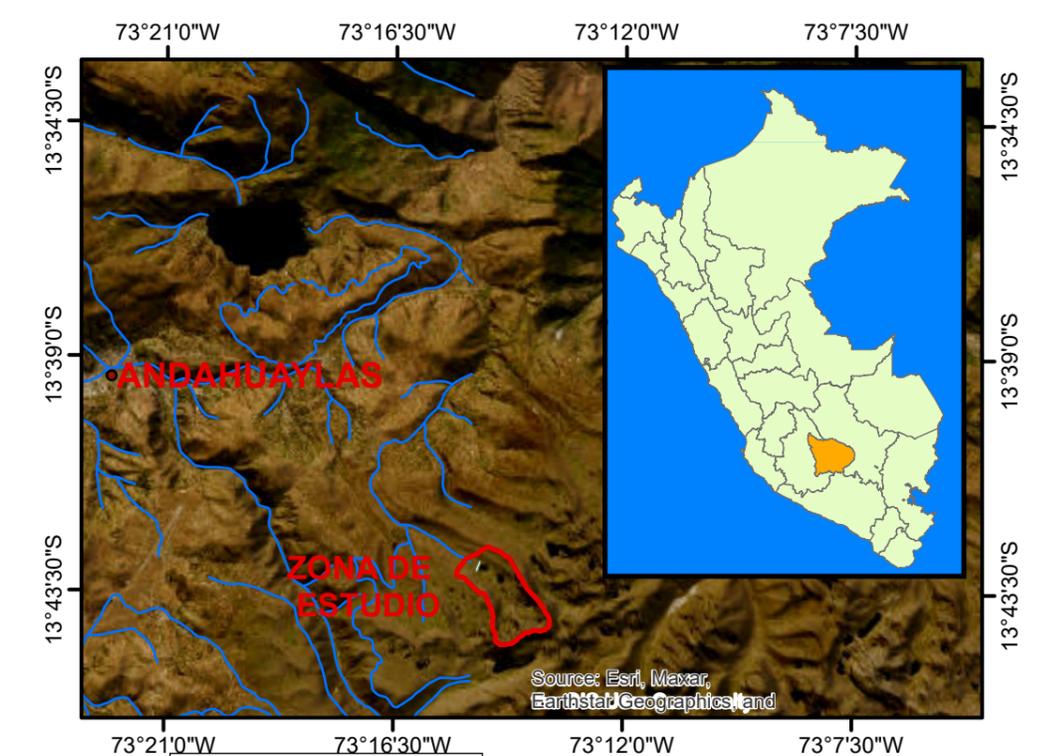
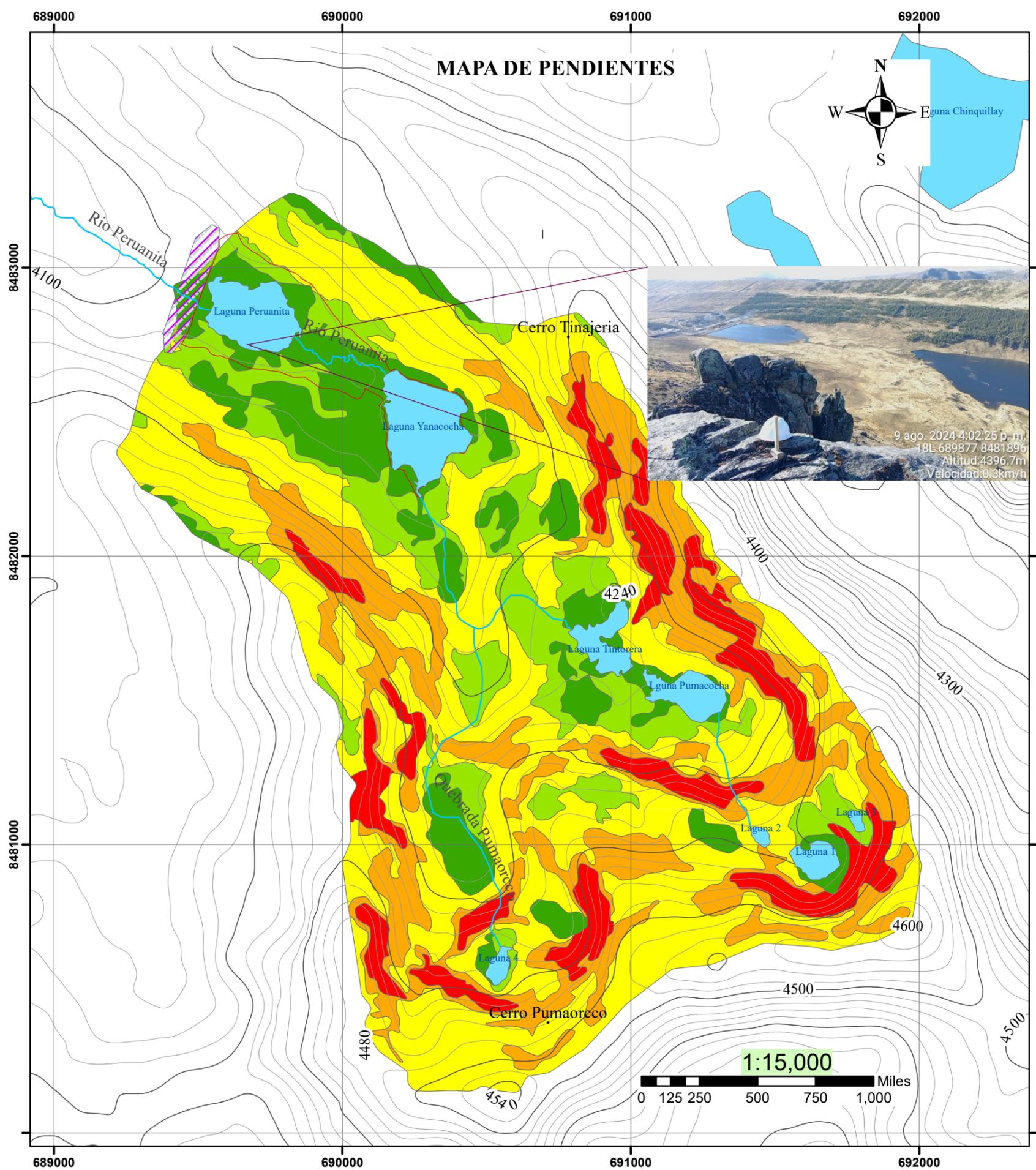
2.1. GEOMORFOLOGÍA

Las diferentes formas estructurales, como montañas estructurales y fondos de valle glacial, que presenta la unidad hidrográfica de nivel 7 con el código 4998149, según la metodología para identificación de cuencas hidrográficas mediante el sistema de codificación realizado por Pfafstetter donde se ubica la laguna Peruanita, se deben a los eventos tectónicos que actuaron, y que posteriormente fueron modelados por los agentes climáticos glaciales, conformando el relieve paisajístico actual que se tiene.

Para la obtención de las unidades geomorfológicas, se ha basado en la metodología convencional de utilización imágenes satelitales de Google Earth y mapeo geomorfológico de campo, sobre esta información base se superpusieron otras capas como las curvas de nivel generadas a 20 m de equidistancia, las redes de drenaje y las lagunas, que fueron cartografiadas en toda la zona de estudio

2.2. Pendientes

La clasificación de pendientes empleados para este estudio, está basado en lo recomendado por la metodología de Evaluación de Riesgos “EVAR” del CENEPRED- GRD. En la Tabla 10 se muestra el resumen de las pendientes determinadas, donde se observa que las montañas que rodean el fondo del valle glacial, presentan pendientes fuertemente empinadas a escarpadas, y piso de valle glacial de forma deprimida que ha permitido la retención del agua, formando lagos.



LEYENDA

- Cuenca Peruanita
- Lagunas
- Eje de la Presa
- Curvas Maestras
- Curvas de Nivel
- Rios

LEYENDA

| RANGO DE PENDIENTE (°) | DESCRIPCION | AREA(%) |
|------------------------|------------------------|---------|
| 0° - 7° | Allanada | 16.02 |
| 7° - 14° | Moderadamente empinada | 13.64 |
| 14° - 27° | Empinada | 42.49 |
| 27° - 37° | Fuertemente empinada | 18.72 |
| >37° | Escarpada | 9.13 |
| Superficie total | | 100 |

| | | |
|---|---|------------------------------|
| | UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA MINAS Y METALURGICA ESCUELA PROFECIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA | |
| ESTUDIO GEOLOGICO GEOTECNICO PARA LA CONSTRUCCION DE LA PRESA DE TIERRA PERUANITA DEL DISTRITO DE SAN JERONIMO ANDAHUAYLAS APURIMAC | | |
| MAPA DE PENDIENTES | | |
| BACH. VICTORIANO QUISPE TIRAHUMA BACH. ELMER QUISPE QUISPE | DATUM WGS84 ZONA 18L FECHA: ABRIL DEL 2025 | MAPA 03 |
| ASESOR: MGT. EDISON SANTIAGO MATTOS OJEDA | ESCALA ENDICADA | |

Tabla 7 *Clasificación de Pendientes para la Micro Cuenca Peruanita*

| Rango pendiente (°) | Descripción | Área_Km2 | Área ha | Área % |
|----------------------------|------------------------|-----------------|----------------|---------------|
| 0 a 7 | Allanada | 0.74 | 73.82 | 16.02 |
| 7 a 14 | Moderadamente empinada | 0.63 | 62.83 | 13.64 |
| 14 a 27 | Empinada | 1.96 | 195.72 | 42.49 |
| 27 a 37 | Fuertemente empinada | 0.86 | 86.22 | 18.72 |
| > 37 | Escarpada | 0.42 | 42.05 | 9.13 |
| Superficie total | | 4.61 | 460.65 | 100.00 |

2.3. Ambiente morfogenético

Para unidad hidrográfica con el código 4998149 donde se ubica la zona de estudio el ambiente morfogenético es la combinación del ambiente estructural y erosional. El primero evidenciado por las diferentes formas estructurales, exponiendo el intrusivo Granodiorítico como ladera de montañas escarpadas; los cuales son disectados por la erosión en surcos y quebradas, dando un aspecto de relieve multiforme acumulando las grandes masas de sedimento formando valles en formas de U.

La presa Peruanita se emplazará en la zona del valle glaciar, ubicado el estribo izquierdo de la presa dentro de límite de las unidades geomorfológicas fondo del valle glaciar y colina alta fuertemente empinada y el estribo derecho de la presa ubicado en los límites de fondo del valle glaciar y bofedales, cuyas aguas represadas se embalsarán dentro del fondo del valle glaciar, dando unión a las lagunas Peruanita y Yanaccocha.

2.4. Unidades geomorfológicas

Geomorfológicamente el vaso de la represa Peruanita, comprende un sistema de lagunas de depresión tiene origen glaciar, comprende una cubeta semicircular, desarrollada en depósitos del cuaternario, como morrenas, fluvio-glaciares, coluviales.

La parte media e inferior del vaso esta laguna Peruanita, la primera es de origen glaciar desarrollada en diferentes épocas de la glaciación durante el pleistoceno. Estos depósitos morrénicos están desarrollados en las partes bajas y media altas de la cubeta, sobre todo las morrenas en sus formas lateral y frontal. En la actualidad estas morrenas están siendo erosionadas por el agua de lluvias y nevadas estacionarias que ocurren ella, formando depósitos de cobertura superficial y bofedales en forma sectorizada, mayormente estos suelos están cubiertos por pastizales e ichu.

Mediante cartografiado geomorfológico se obtuvo las unidades geomorfológicas cuyas extensiones se muestran en la Tabla 8.

Tabla 8 *Unidades geomorfológicas de la cuenca Peruanita*

| N° | Unidad Geomorfológica | Símbolo | Área(km ²) | Porcentaje (%) |
|-------|---|------------|------------------------|----------------|
| 1 | Piso o fondo del valle glaciar | FVG | 0.48 | 9.7 |
| 2 | Cuerpos de agua o lagunales | Lg | 0.23 | 4.6 |
| 3 | Colina baja empinada en roca intrusiva | CbEri | 0.20 | 4.0 |
| 4 | Colina alta fuertemente empinada | CaFE | 0.98 | 20 |
| 5 | Piedemonte de montaña | PM | 0.79 | 16.1 |
| 6 | Ladera de montaña baja empinada en roca intrusiva | LMbEri | 0.67 | 13.6 |
| 7 | Ladera de montaña alta fuertemente empinada a escarpada en roca intrusiva | LMaFE-Esri | 1.75 | 35.7 |
| Total | | | 4.9 | 100 |

2.4.1. Fondo de Valle Glacial (FVG)

Corresponde a la superficie allanada y alargada de característica hidromórfica, donde se emplaza las lagunas de Peruanita y Yanacocha; donde se encuentra el campo de morrenas, los bofedales. Son una evidencia clara de que ha circulado glaciar en dimensiones importantes el

cual ha dejado una geomorfología en forma de U, como se observa en la Figura 14.

Figura 14 *Fondo de valle glacial*



La laguna peruanita se encuentra ubicada en medio de valle glacial característico por presentar un perfil transversal en “U” o artesa, considerado este en geomorfología como el rasgo principal que permite diferenciar estos tipos de canales, por los que se deslizó una lengua de hielo y posteriormente se depositó los sedimentos. La deposición de sedimentos finos en estos valles permitió la formación de suelos de escasa profundidad en las cuales se puede observar vegetación a manera de manto verde típicas de este paisaje (Figura 15). Esta vegetación es conocida como bofedales.

En el valle glacial se evidencia geoformas denominados “campo de morrenas” con elevaciones de 5 a 10 metros de altura, conformado por bloques de roca ígnea en matriz limo-arenosa de baja permeabilidad, que se hallan cubierta por vegetación de la zona, donde hay dispersos bloques erráticos, como se ve en la Figura 15; y también algunos drumlins. En el valle se observa tanto morrenas frontales como laterales.

Figura 15 *Vista de Bloques Erráticos y Drumlins con Superficie Alisada*



Las morrenas laterales se presentan en ambas márgenes de la laguna por encima del Valle Glaciar, compuesto por un conjunto de materiales (till) arrastrados y arrancados por el glaciar durante su curso. Estos materiales se hallan acumulados en rebordes y terraplenes de derrubios encontrados cerca de los márgenes del embalse (Figura 16).

Figura 16 *Morrenas Laterales en los Flancos del Valle*

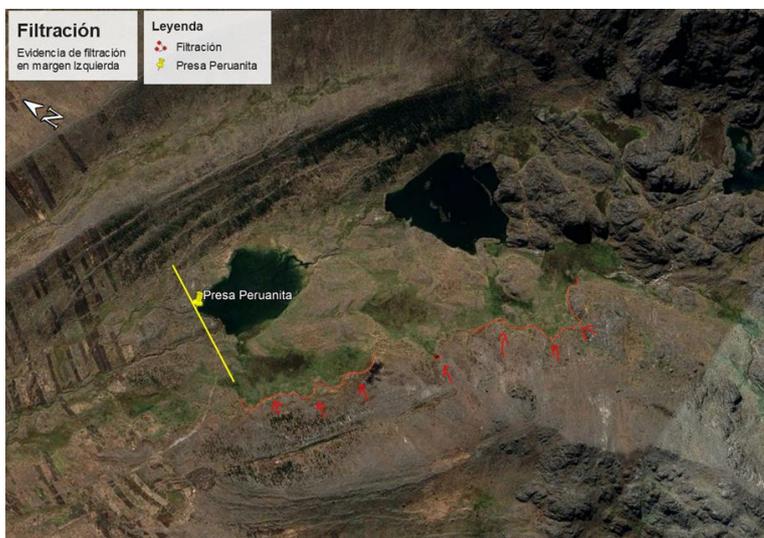


Las morrenas frontales, que se aprecian en el dique proyectado, son los encargados de represar naturalmente a la laguna Peruanita (ver Figura 17).

Figura 17 *Morrenas frontales en cimentación de presa Peruanita*



Figura 18 *Vista satelital de la línea de filtración en margen izquierda*



Nota. Fuente: Satélite Google earth 2023

2.4.2. Cuerpos de agua o lagunares (Lg)

En el piso del valle Glaciar se tiene las dos lagunas principales (que se juntaran cuando se construya el dique), la Peruanita hacia la salida y el Yanacocha hacia el fondo del valle que se encuentran en un área de depresión. (Figura 19).

2.4.3. Colina baja Empinada en roca intrusiva (CbEri)

Hacia el fondo del Piso del Valle, por detrás de la laguna Yanacocha, se observa una agrupación de pequeños domos, conspicuos y agrestes de roca intrusiva

cuarzodiorítica, al que se le denominado Colina baja. En la Figura 19, se puede observar su aspecto aborregada y redondeada. Esta colina de pendientes pronunciados, también se presencian geformas de farallones conspicuos e inaccesible.

Figura 19 *Vista de los lagunales desde la Cima de la Colina baja*

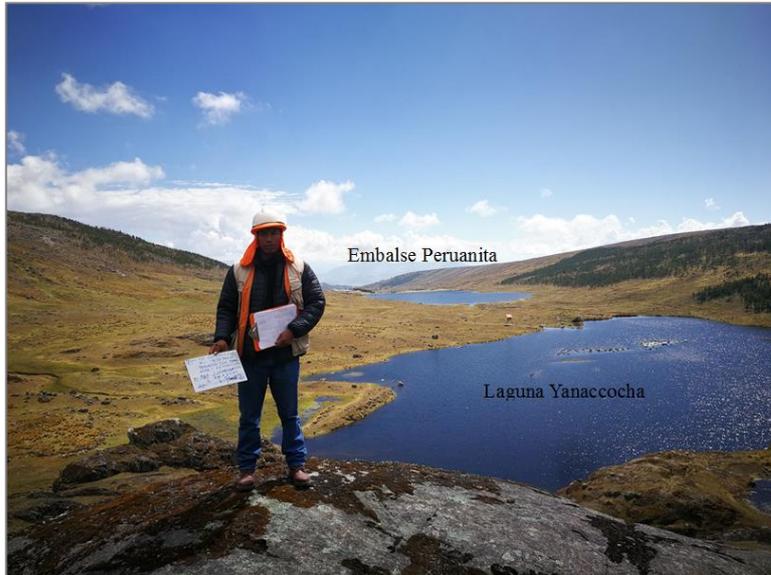


Figura 20 *Farallones de roca intrusiva*



2.4.4. Colina alta Fuertemente Empinada (CaFE)

Estas elevaciones de terreno, se observan en ambos flancos del valle glacial, y que no están en contacto directo con la laguna pues separa de ella los depósitos cuaternarios y morrénicos. Estas colinas tienen elevaciones que sobrepasan los 100 m de

altura, de pendientes empinados a fuertemente empinados. En ciertas partes de la ladera se observan acumulaciones antiguas y recientes de materiales a manera de pequeños conos de deyección respectivamente.

En esta unidad algunas partes presenta erosión moderada, dependiendo del efecto climático, principalmente por cambios bruscos de temperatura, así como escurrimiento superficial durante precipitaciones espontaneas.

2.4.5. Piedemonte de Montaña (PM)

Los piedemontes son las áreas que se encuentran entre el Piso de Valle y las Laderas de Montaña. Aquí la característica son la acumulación de materiales desprendidos de la parte alta, a manera de pequeños conos de escombreras (Figura 21), que se emplazan principalmente en la margen posterior del vaso.

Figura 21 *Pequeño conos de deyección al pie de la Colina Alta*



2.4.6. Ladera de Montaña baja Empinada en roca intrusiva (LMbEri)

Corresponde a zonas de topografía poco accidentada conformada por laderas de montaña (ubicados en los flancos), con pendientes entre los 14° a 26°. Aquí los procesos geomorfológicos corresponden a los de escorrentía superficial, cuya agua a su paso produce erosión en las laderas. La erosión puede ser moderada y severa dependiendo del efecto climático, principalmente el escurrimiento superficial durante precipitaciones.

2.4.7. Ladera de Montaña alta Fuertemente Empinada a Escarpada en roca intrusiva (LMaFE-Esri)

La vertiente montañosa de altos picos empinada y escarpada se encuentra en toda la extensión de la cabecera de la Micro Cuenca (como se ve en la Figura 21), desde los 4180 hasta los 4650 msnm (cima). Tiene una extensión de 234 ha, que representa el 50 % del total del área de la cuenca. Su relieve es accidentado, debido a los pendientes fuertemente empinada a escarpados ($> 40^\circ$), que corresponden a la morfología de la cordillera andina. Litológicamente están constituidas por rocas intrusivas que afloran en toda su extensión en forma de farallos.

Figura 22 *Vista panorámica de Ladera de Montaña en la cabecera de la cuenca*

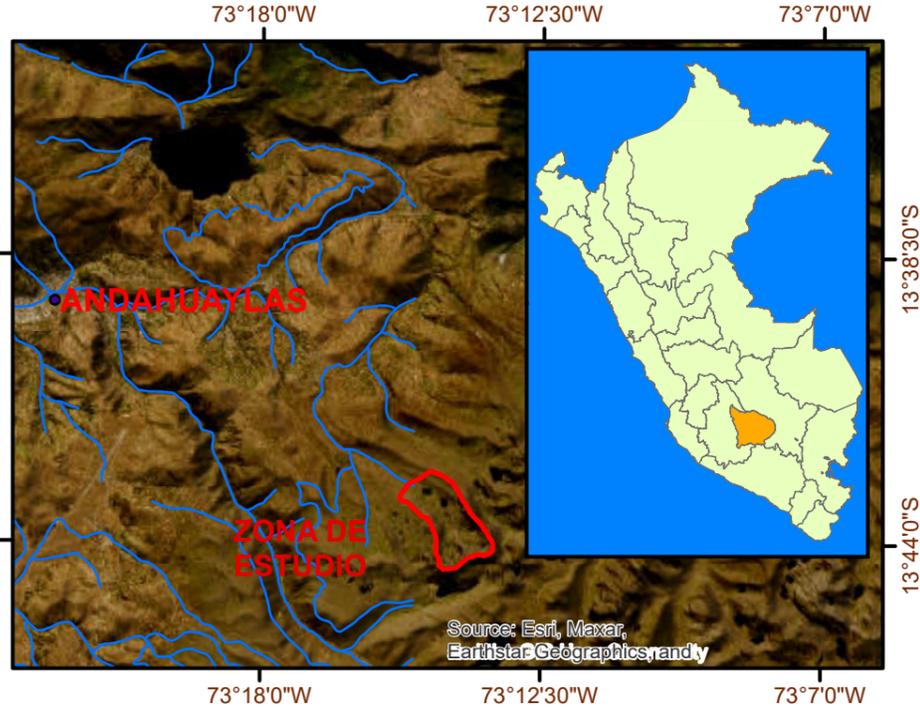
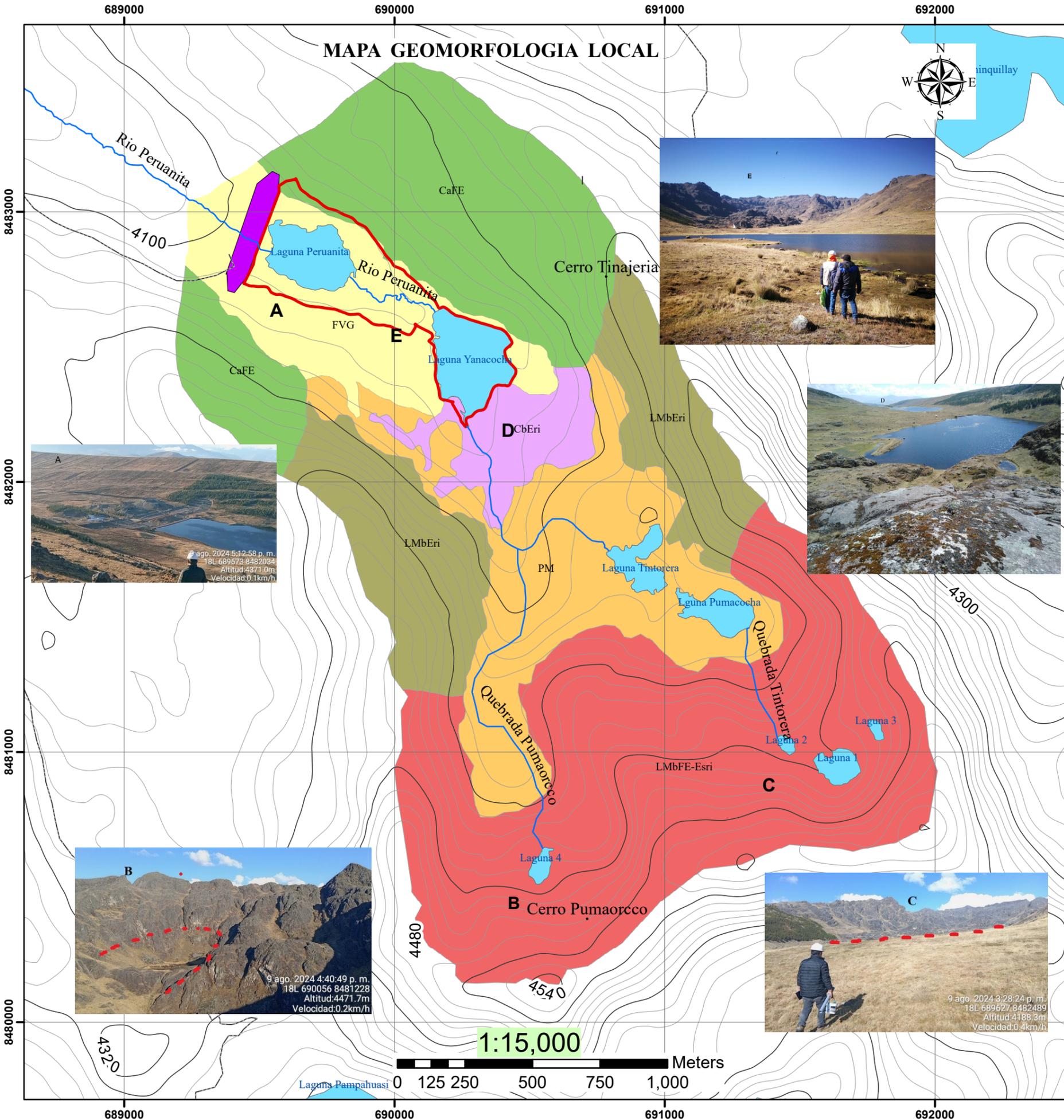


En esta unidad también se pueden observar unas geoformas circulares de pendientes escarpadas, denominados circos glaciales. En la cuenca se puede ver claramente estos circos al fondo de las dos vertientes principales de drenaje (Figura 23).

Figura 23 *Vista parcial de los circos glaciales*



MAPA GEOMORFOLOGIA LOCAL



SIMBOLOGIA

- Curvas de Nivel
- Curvas Maestras
- Trocha Carrozzable
- Rios
- Lagunas
- Eje de la Presa

LEYENDA

| SIMBOLO | UNIDADES GEOMORFOLOGICAS | AREA(Km2) | PORCENTAJE(%) | |
|---------|--------------------------|---|---------------|-------|
| | FVG | Piso o Fondo de Valle Glaciar | 0.55 | 11.19 |
| | CbEri | Colina baja Empinada en roca intrusiva | 0.132 | 2.68 |
| | CaFE | Colina alta Fuertemente Empinada | 0.984 | 19.99 |
| | PM | Piedemonte de Montaña | 0.79 | 16.05 |
| | LMbEri | Ladera de Montaña baja Empinada en roca intrusiva | 0.129 | 2.6 |
| | LMaFE-Esri | Ladera de Montaña alta Fuertemente Empinada a Escarpada en roca intrusiva | 2.335 | 47.43 |
| Total | | | 4.9 | 100 |

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
 FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA MINAS Y METALURGICA
 ESCUELA PROFECIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA

ESTUDIO GEOLOGICO GEOTECNICO PARA LA CONSTRUCCION DE LA PRESA DE TIERRA PERUANITA DEL DISTRITO DE SAN JERONIMO ANDAHUAYLAS APURIMAC

MAPA DE GEOMORFOLOGIA LOCAL

| | | |
|---|-----------------------|--------------------------|
| BACH. VICTORIANO QUISPE TIRAHUMA BACH. ELMER QUISPE QUISPE | DATUM WGS84 ZONA 18L | MAPA 04 |
| ASESOR: MGT. EDISON SANTIAGO MATTOS OJEDA | FECHA: ABRIL DEL 2025 | |
| ESCALA ENDICADA | | |

2.2. PARÁMETROS MORFOMÉTRICOS

Las características para unidad hidrográfica 4998149 están descritas en términos de las siguientes propiedades como son: (1) parámetros de forma, (2) parámetros de relieve, (3) parámetros de drenaje y (4) el tiempo de concentración (T_c), que se describen a continuación.

2.2.1. Parámetros de forma

La respuesta hidrológica del sistema está influenciada por sus características geomorfológicas; además por otros factores, como su geología, tipo de suelos, cobertura vegetal y principalmente clima. Para determinar la forma de una cuenca se utilizan los coeficientes que a continuación se describen.

2.2.1.1. Área de la cuenca (A)

Proyectando el área sobre un plano horizontal, medida dentro de los límites de la cuenca siguiendo la línea de “divortium acuarium” se obtuvo un total de 4.9 km².

2.2.1.2. Perímetro de la cuenca (P)

El perímetro colector está definido por la longitud de la línea denominado “parte aguas o Divortium Acuarium”, dando un total de 12.78 km.

2.2.1.3. Longitud de cauce principal (L) y ancho promedio de la cuenca (A_p)

La longitud del cauce principal es la distancia del curso fluvial de mayor orden, desde la cabecera hasta el punto de desfogue en el dique. Así el cauce determinado tiene una longitud de 4.21 km.

El ancho medio de la cuenca fue calculado mediante la expresión matemática siguiente:

$$Ap = \frac{A}{L} = \frac{4.9}{4.21} = 1.55 \text{ km} \quad (15)$$

2.2.1.4. Coeficiente de Compacidad o Índice de Gravelius (K_c)

El coeficiente de compacidad se calculó mediante la expresión matemática de la ecuación donde K_c es el coeficiente de compacidad, P es el perímetro de la cuenca (km) y A es el área de la micro cuenca (km²).

$$K_c = \frac{P}{2 * \sqrt{\pi * A}} = \frac{12.78}{2 * \sqrt{\pi * 4.9}} = 1.64$$

Tomando en consideración la clasificación del FAO (1985):

- K_c1 : Rango entre 1 y 1.25. corresponde a forma redonda a oval redonda.
- K_c2 : Rango entre 1.25 y 1.5 Corresponde de forma oval redonda a oval oblonga.
- K_c3 : rango mayor a 1.5 – 1.75 corresponde a forma oval oblonga a rectangular oblonga.
- $K_c = 1$: Tiempos de concentraciones menores, cuenca circular. Mayor propensión a las crecientes.
- $K_c = 2$: Tiempo de concentraciones mayores, cuenca alargada, menor propensión a las crecientes.

El coeficiente de compacidad de la cuenca Laguna Peruanita de 1.62 corresponden de acuerdo a la FAO a la forma oval oblonga a rectangular oblonga, que indican una baja tendencia a las crecidas.

2.2.1.5. Factor de Forma (K_f)

El factor de forma se pasa a calcular mediante la expresión (17), donde A es el área de la cuenca (km²) y L es la longitud de la cuenca (km), medido a lo largo del cauce más largo.

$$Kf = \frac{A}{L^2} = \frac{4.9}{4.21^2} = 0.16 \quad (17)$$

Este valor de 0.16 indica que la cuenca presenta escorrentía superficial lenta.

2.2.1.6. Rectángulo Equivalente

Para que esta representación sea posible es necesario que se cumpla la condición $K_c \geq 1.12$. Como el K_c de la cuenca cumple, es posible construir los lados del rectángulo. El rectángulo equivalente esta expresado por “l” como longitud del lado menor del rectángulo (km) y “L” como longitud del lado mayor del rectángulo (km). Estos lados se calcularon mediante la expresión de la ecuación 4 y 5, donde K_c es el coeficiente de compacidad y $A = \text{Área de la cuenca (km}^2\text{)}$.

$$l = \frac{k\sqrt{A}}{1.12} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{1.12}{k}\right)^2}\right) = 0.89953188 \text{ Km} \quad (18)$$

$$L = \frac{k\sqrt{A}}{1.12} \left(1 + \sqrt{1 - \left(\frac{1.12}{k}\right)^2}\right) = 5.445585823 \text{ Km} \quad (19)$$

2.2.2. Parámetros de Relieve

La altitud media de la cuenca es significativa para el cálculo de la precipitación en la cuenca. Es así que la altitud media característica es de 4289.25 msnm; con una altura mínima de 4110 msnm y máxima de 4607 msnm.

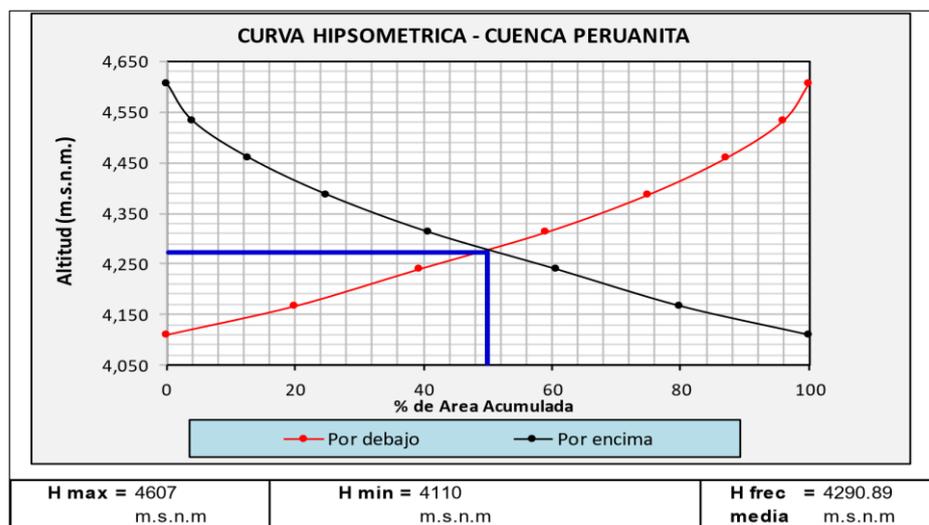
2.2.2.1. Curva hipsométrica (Hm)

La elevación altitudinal media según la curva hipsométrica procesada en la Tabla 12 y la Figura 24, es de unos 4290.89 msnm.

Tabla 9 Curva hipsométrica en función de las áreas por elevación

| Altitud m.s.n.m | Áreas Parciales | | Áreas Acumuladas | | | | Altitud m.s.n.m |
|--------------------|-----------------|------------|---------------------|-------------------|---------------------|-------------------|--------------------|
| | (Km2) | (%) | Por Debajo (Km2) | Por Debajo (%) | Por Encima (Km2) | Por Encima (%) | |
| 4110 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4.9 | 100 | 4607 |
| 4167 | 0.984 | 20.082 | 0.984 | 20.08 | 3.916 | 79.92 | 4533 |
| 4240 | 0.946 | 19.299 | 1.93 | 39.38 | 2.97 | 60.62 | 4460 |
| 4313 | 0.969 | 19.777 | 2.899 | 59.16 | 2.001 | 40.84 | 4387 |
| 4387 | 0.775 | 15.825 | 3.674 | 74.98 | 1.226 | 25.02 | 4313 |
| 4460 | 0.597 | 12.179 | 4.271 | 87.16 | 0.629 | 12.84 | 4240 |
| 4533 | 0.431 | 8.8 | 4.702 | 95.96 | 0.198 | 4.04 | 4167 |
| 4607 | 0.198 | 4.038 | 4.9 | 100 | 0 | 0 | 4110 |
| Total | 4.9 | 100 | | | | | |

Figura 24. Curva hipsométrica de la Micro Cuenca Peruanita

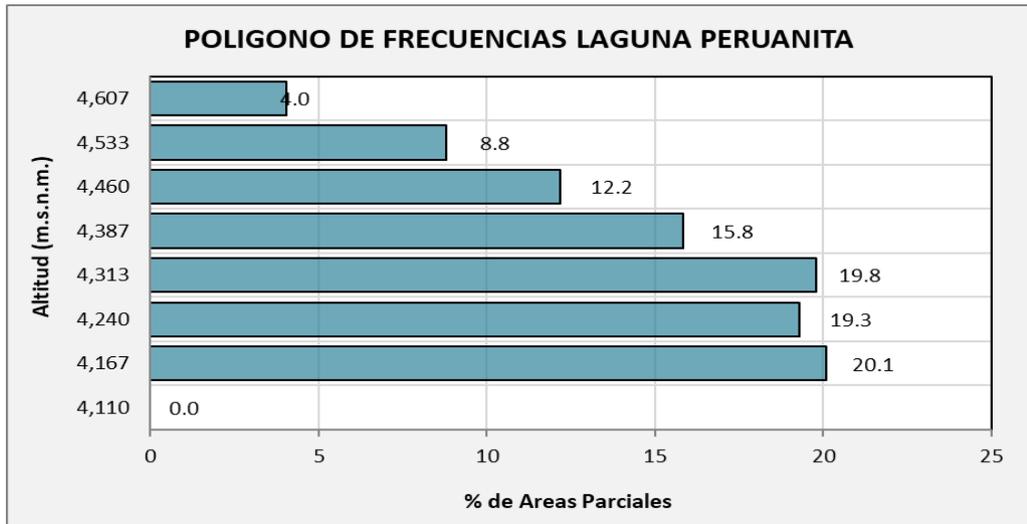


La curva hipsométrica indica que se trata de una cuenca madura, donde existe un equilibrio dinámico entre erosión y sedimentación.

2.2.2.2. Curva o Polígono de frecuencias

En el polígono se distingue que, el mayor porcentaje de áreas están entre las altitudes de 4600 a 4100 msnm; el cual explica su buen rendimiento hídrico y una alta capacidad de recepción de las precipitaciones.

Figura 25 Polígono de frecuencia de la Cuenca Peruanita



Según el histograma obtenido, las altitudes más frecuentes presentan terrenos entre los límites de altitud de 4167 – 4313 msnm.

2.2.3. Parámetros de la red de drenaje

2.2.3.1. Tipo de corriente

La clasificación de la corriente es intermitente. Porque lleva agua la mayor parte del tiempo, pero principalmente en épocas de lluvias.

2.2.3.2. Densidad de drenaje (Dd)

Monsalve (1999), para clasificación de la densidad de drenaje, expresada en Km/Km², toma valores que van desde 0,5 Km/Km² hasta para cuencas con drenaje pobre, y mayores a 3,5 Km/Km² para cuencas excepcionalmente bien drenadas.

La densidad de drenaje expresada por la siguiente ecuación:

$$Dd = \frac{\sum l}{A} = 0.86 \quad (20)$$

Dónde:

Db = densidad de drenaje (Km/Km2)

Lt = Suma de longitudes de todos los tributarios y cauce principal (km)

A = Área de la Cuenca (km2)

El valor de 0.86, indica que presenta una red de drenaje poco desarrollada. Lo que significa que la intensidad de las precipitaciones no influirá directamente sobre la descarga volumétrica de los ríos.

2.2.3.3. Pendiente media del Rio Principal (S)

Una medida de la gradiente del cauce que toma en cuenta el tiempo de respuesta de la cuenca es la pendiente equivalente (S). El procedimiento de cálculo de la pendiente es dividir el cauce en “n” tramos y una pendiente es calculado para cada tramo basado en la ecuación de Manning.

$$S = \left(\frac{m}{\frac{1}{\sqrt{S_1}} + \frac{1}{\sqrt{S_2}} + \dots + \frac{1}{\sqrt{S_n}}} \right)^2 = 0.1455 \quad (21)$$

Dónde: Db = densidad de drenaje (Km/Km2)

Lt = Suma de longitudes de todos los tributarios y cauce principal (km)

A = Área de la Cuenca (km2).

Del valor mostrado, se desprende que el curso principal de la cuenca presenta una pendiente baja, el que influye en la respuesta de la escorrentía superficial.

2.2.3.4. Tiempo de Concentración (Tc)

El tiempo concentración es el tiempo que demora una gota de agua desde la cabecera hasta el dique del embalse Peruanita. Para la determinación de este parámetro se realizó en función a diferentes ecuaciones existentes, asumiendo el valor promedio como representación. Los métodos de cálculo utilizados, fueron los siguientes:

- ✓ Formula de GIANDIATTI

$$T_c = \frac{4\sqrt{A} + 1.5L}{0.8\sqrt{Dm}} = 0.85 \text{ h} \quad (22)$$

✓ Formula de HATAWAY

$$T_c = 0.606 * (L * n)^{0.4678} S^{-0.24} = 0.5 \text{ h} \quad (23)$$

✓ Formula de KIRPICH

$$T_c = 0.0195 * \left(\frac{L * 1000}{\sqrt{S}}\right)^{0.77} = 0.51 \text{ h} \quad (24)$$

✓ Formula Californiana (U.S.B.R)

$$T_c = 0.066 * \left(\frac{L}{J^{0.5}}\right)^{0.77} = 0.42 \text{ h} \quad (25)$$

✓ Formula de Temez

$$T_c = 0.3 * \left(\frac{L}{J^4}\right)^{0.76} = 1.29 \text{ h} \quad (26)$$

Es así que, los 0.71 h de tiempo de concentración, se traducen en una respuesta rápida de la Micro Cuenca ante eventos de precipitación.

Tabla 10 Resumen de los parámetros morfométricos de la Micro Cuenca Peruanita

| Parámetros | | | Unidad | Valor | | |
|--------------------------------|---|---------------------------------------|------------------------------|-------|------|------|
| Área de la unidad hidrográfica | | | Km ² | 4.9 | | |
| Perímetro | | | Km | 12.78 | | |
| Parámetros de forma | Factor de forma | Coeficiente de Compacidad (Gravelius) | | 1 | 1.63 | |
| | | Factor de forma | Longitud del cauce más largo | | Km | 4.21 |
| | | | Ancho Medio | | Km | 1.17 |
| | | | Radio de Circularidad | | 1 | 0.38 |
| | | | Factor de Forma | | 1 | 0.16 |
| | Rectángulo equivalente | | Lado Mayor | Km | 5.56 | |
| | | | Lado Menor | Km | 0.88 | |
| | Longitud total de los ríos de diferentes grados | | Orden 1 | Km | 1.62 | |
| | | | Orden 2 | Km | 1.62 | |

| | | | | |
|-----------------------------------|--|---------|--------------------|--------------|
| | | Orden 3 | Km | - |
| | | Orden 4 | Km | - |
| | | Orden 5 | Km | - |
| Parámetros de relieve | Curva Hipsométrica | | - | ✓ |
| | Polígono de Frecuencia | | - | ✓ |
| | Altitud Máxima de la unidad hidrográfica 4998149 | | m.s.n.m. | 4607 |
| | Altitud Mínima de la unidad hidrográfica 4998149 | | m.s.n.m. | 4110 |
| | Desnivel total de la unidad hidrográfica 4998149 | | Km | 0.5 |
| | Altitud de Frecuencia Media | | m.s.n.m. | 4290.89 |
| | Altitud Media de la unidad hidrográfica 4998149 | | m.s.n.m. | 4290.89 |
| | Altura Máxima del cauce | | m.s.n.m. | 4607 |
| | Altura más frecuente | | m.s.n.m. | 4167 - 4313 |
| | Pendiente (sist. del rectángulo equivalente) | | % | 8.95 |
| Parámetros de la red hidrográfica | Tipo de corriente | | - | Intermitente |
| | Densidad de drenaje | | Km/Km ² | 0.86 |
| | Pendiente media del río principal | | m/m | 0.15 |
| | Altura Máxima del cauce | | m.s.n.m. | 4607 |
| | Altitud Mínima del cauce | | m.s.n.m. | 4110 |
| | Tiempo de concentración | | Hr. | 0.8 |
| | Grado de ramificación | | - | 2° |

2.3 RESULTADOS

Geomorfológicamente la zona de estudio, corresponde a un valle glaciar con perfil transversal en U del Pleistoceno, que se ubica a 4105 msnm modelados por procesos de erosión glaciar generando zonas de depresión en donde en la actualidad existen dos lagunas naturales de Yanacocha y Peruanita como represas naturales esto indica que el área ya tiene un sistema natural de contención de agua por acumulación de materiales glaciares y por otro lado el emplazamiento de la presa se ubica sobre un fondo de valle con superficie allanada con pendiente de 0 a 7° favorables, ya que las pendientes suaves generalmente favorecen la estabilidad del volumen embalsado y de las estructuras y construcción de las obras de cimentación, flanqueadas por colinas y montañas con pendientes 14 a 27° con un ancho en la zona de cierre del embalse de 550 m que Permite desarrollar un vaso de almacenamiento positivo sin estructuras muy altas lo cual es

adecuados para una construcción de presa de tierra; en donde coincide con el estudio realizado por Mesa,W. & Rado,B. (2019) en la Ubicación y características similares También en un valle glaciar, en tanto con los estudios realizados por Gutiérrez, E. & Quispe. (2022) con Similitud, ubicados en valles glaciares que presentan pendientes suaves en el fondo del valle con la Diferencia el valle de presa Huisillupunco es mucho más estrecho con solo 20 m en la base, lo que implica una garganta más marcada, posiblemente menos favorable para una presa de tierra sin grandes movimientos de suelos.

Morfometricamente la superficie de cuenca es de 4.9 Km², es un área relativamente pequeña lo que puede ser positivo en términos de control de la cantidad de agua a almacenar, Índice de Gravelius Kc es de 1.64 Este índice indica la forma de la cuenca es relativamente alargada con baja tendencia a las crecidas.

CAPÍTULO III GEOLOGÍA

3.1. LITOESTRATIGRAFIA

Para la caracterización geológica local se parte de la cartografía regional a escala 1:50 000, realizado por INGEMMET, de los cuadrángulos de Andahuaylas, Abancay y Cotabambas-1975; y la memoria descriptiva de la revisión y actualización del cuadrángulo de Andahuaylas (28-p)- 2003.

El área de estudio está constituida geológicamente por las formaciones que van desde cretácico inferior hasta depósitos recientes glaciares coluviales, localmente el área de estudio está constituida con afloramientos de rocas cuarzodiriticas de unidad Ocobamba y depósitos glaciares (depósitos morrénicos), sobre la cual se emplazara la futura presa peruanita. Superficialmente existen también depósitos saturados por efecto de la filtración en la margen izquierda al que se denomina depósitos de bofedal. Asimismo, se ha encontrado afloramientos de roca ígnea que pertenece a cuarzodiorita de la unidad plutónica de Ancacha ubicados en las partes altas de la cuenca; asimismo la disposición de los estratos o corte geológico en el eje se puede apreciar A continuación, se describirán cada uno de los mencionados.

3.1.1. Unidad Ocobamba Plutón Anchaca (PN-o/cdi)

3.1.1.1. Descripción litológica del afloramiento

La Unidad Acobamba está constituida por macizos de rocas ígneas a modo de farallones, color gris oscuro de textura fanerítica, presenta minerales ferromagnesianos en mayor proporción y cuarzo menor del 30%. Se requiere varios golpes de martillo para romper la muestra en forma de esquirlas, cuyo grado de fracturamiento es en promedio de 8 a 10 fracturas por metro. El macizo rocoso se encuentra sana, no obstante,

superficialmente se presenta decolorada por la meteorización (hasta 10cm). Esta Unidad se encuentra en las partes altas de la Micro Cuenca a modo de farallones, cuya vista del afloramiento se aprecia en la Figura 26 y Figura 27.

Figura 26 Vista panorámica de la Unidad Ocobamba, hacia la parte de la cabecera



Figura 27 Vista del afloramiento del macizo rocoso intrusivo de Occobamba



3.1.1.2. Descripción petrográfica

La unidad Acobamba (Plutón Anchaca) está constituida por rocas ígneas intrusiva cuazodioritas, cuyo afloramiento se encuentra ubicada hacia el SE de la Presa Peruanita (partes altas de la Micro Cuenca). Estos afloramientos presentan una coloración de gris claro blanquecino, y mineralógicamente está constituido por plagioclasa, cuarzo,

hornblenda, ferromagnesianos y biotita, presenta una textura fanerítica de grano medio a fino como se aprecia en la Figura 28).

Figura 28 *Muestra de mano de la roca cuarzodiorita del afloramiento ígneo*



Para la identificación del tipo de roca, se basa en las clasificaciones de campo en base a minerales esenciales visibles con la ayuda de una lupa de 20x de aumento (Figura 28), teniendo como resultado cuarzodiorita.

3.1.2. Depósitos Glaciares Morrénicos (Qh-mo)

Estos depósitos son de origen glaciar, donde en tiempos de glaciación fueron transportados como sedimentos por masas de hielo y depositados en gran parte en el piso del valle, donde se sitúa el eje y vaso de la presa. Estos depósitos están constituidos por materiales de bloques de roca que se encuentran enterradas y semi-enterradas, bolones y gravas sub redondeados en matriz limo-arenosa en ocasiones los bloques están aislados en superficie.

Este depósito se extiende en gran parte del valle, tanto en la cimentación de la presa como en la cantera de Finos Peruanita y están constituidos por materiales de bloques de roca en matriz limo-arenosa en ocasiones los bloques están aislados en superficie; color gris, se presentan mal estratificados, húmeda, de consistencia dura,

cementación fuerte. Lo característico de estos depósitos es que al secar se comportan de consistencia muy dura. en la cimentación de la presa se evidenció a partir de 2.00 metros hasta los 5 metros, es probable que continúe unas decenas de metros el cual debe ser comprobado mediante perforaciones diamantinas. En la Figura 29, se observa bloques y bolones de rocas, redondeado a sub redondeado en el eje de la presa, y en área de embalse que forman parte de materiales glaciares.

Figura 29 *Vista de los depósitos morrénicos en el eje de la presa*



3.1.3. Depósitos Palustres (Qh-pa)

Son depósitos que se encuentran sobre las morrenas, que se caracterizan por localizarse en zonas con topografía llana, con bastante saturación de agua casi permanente con dificultad de drenaje formando sistemas hidromórficos. Estos depósitos están constituidos con altos contenidos de turba, limos, material arcilloso y materia orgánica, producto de los depósitos de los humedales con bastante contenido de vegetación.

3.1.4. Depósitos Coluviales (Qh-co)

Se encuentran ubicados en ambos flancos del valle glacial formando a manera de pequeños conos antiguos. Estos representan acumulaciones de materiales, bloques y fragmentos de rocas de diferentes tamaños, con forma angulosa de composición cuarzo diorítica contenidas en una matriz limosa. La mayor parte de estas acumulaciones se encuentra cubierta por vegetación, como se aprecia en la Figura 30.

Figura 30 *Depósito de coluviales en ladera de montaña*



3.1.5. Depósitos en bofedales (Qh-bo)

Los bofedales también llamados “occonales” derivan de la palabra “ocko” cuyo significado es húmedo en el idioma quechua. Estos depósitos que se encuentran en zona de estudio, tanto en eje de la presa y área de embalse (Figura 31), teniendo como característica la humedad constante durante todo el año. Y están constituidos por suelos orgánicos o turba de color oscuro.

Figura 31. *Vista panorámica de los depósitos orgánicos de humedales*



En la Figura 32 se aprecia filtración de agua en el bofedal y mayor proporción en el contacto con el depósito morrénico. Este último al contacto con el agua procedente de la filtración pierde resistencia y fallan desestabilizando la calicata. Este fenómeno puede afectar en gran medida a la presa, por ello se recomienda drenar las filtraciones existentes y retirar el depósito bofedal antes de iniciar la construcción del dique y obras de arte de la presa Peruanita.

Figura 32 *Depósito de bofedal acompañado de filtración de agua*



3.2. GEOLOGIA ESTRUCTURAL

Los intrusivos plutónicos ocupan el 25 % del área estudiada. En esta zona están comprendidos los cuerpos plutónicos cenozoicos, como: Parcco, Progreso y Ocobamba que en conjunto conforman un gran cuerpo plutónico, el emplazamiento de estos

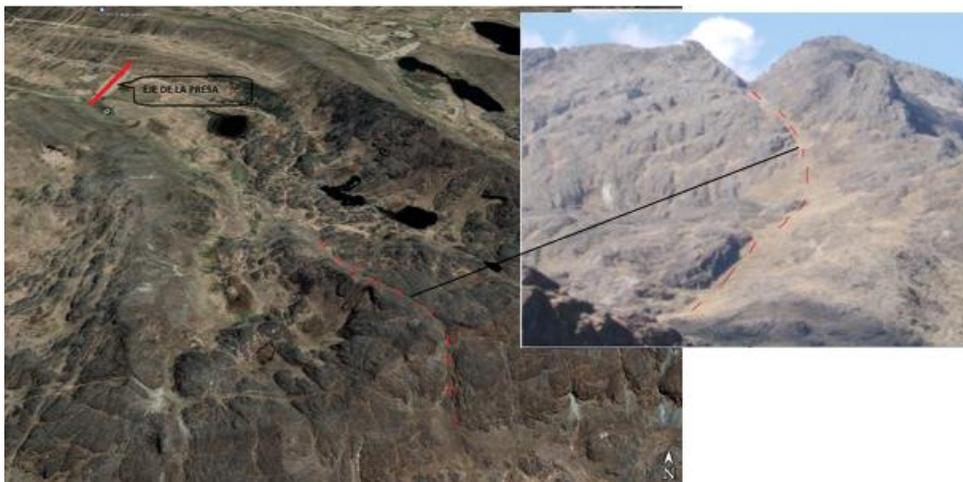
intrusivos se debe a zonas de debilidad y se encuentran afectando a las unidades geológicas del Mesozoico y Cenozoico.

Para el análisis de geología estructural se realizó en dos zonas, estaciones geomecánicas EG-01 y EG-02 en los afloramientos rocosos de la unidad Ocobamba en base a observaciones de campo y observaciones de constatación en imágenes satelitales de Google earth Estructuralmente en el área de estudio se ha realizado el cartografiado donde se observó sistemas de diaclasas donde se estará explicando posteriormente a de detalle.

3.2.1. Fallas Geológicas

Hacia el sur de la ubicación de la presa peruanita (cerro Pumaorcco) se observa presencia de una falla de tipo normal que atraviesa a la formación rocosa de la Unidad Ocobamba- Pluton Anchaca, teniendo como característica de azemud N335 y buzamiento 80NE con una longitud de 1km (Figura 33).

Figura 33 *Falla inferida en la unidad Ocobamba*



3.2.2. Alineamientos Estructurales

En las partes altas del cerro Pumaorcco presentan dos sistemas de alineamiento con direcciones de NW-SE y E-W que atraviesan a la formación rocosa de Unidad Ocobamba según las observación en situ se aprecia cubierta por la vegetación Ichu (ver Figura 35).

Figura 34 Alineamiento del sistema de discontinuidades estructurales



3.2.3. Sistema de Diaclasas

Las fracturas se encuentran en el cuerpo intrusivo de la unidad Ocobamba ubicado en la parte sur de la presa peruanita cuyas coordenadas se tiene en la Tabla 14. Donde las aguas del embalse del represamiento harán contacto con dicha unidad geológica teniendo como dominios estructurales en estación EG-01 NW-SE, NE-SW tal como se observa en la foto y teniendo como dominio estructural en la estación EG-02 NE-SW, NW-SE.

Tabla 11 Ubicación de las estaciones geomecánica para evaluación de diaclasas

| Estación Geomecánica | U.T.M. | |
|----------------------|------------|------------|
| | Este | Norte |
| EG-01 | 690358.00 | 8482250.00 |
| EG-02 | 688971.616 | 8482598.47 |

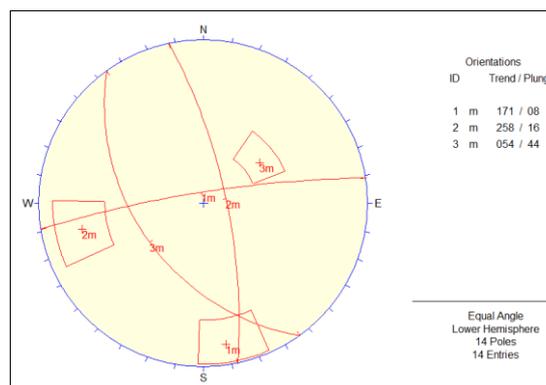
Se observa las fracturas en la parte alta de la unidad Ocobamba, organizados en dos sistemas de diaclasas dominantes (Figura 34), con espaciamientos definidos.

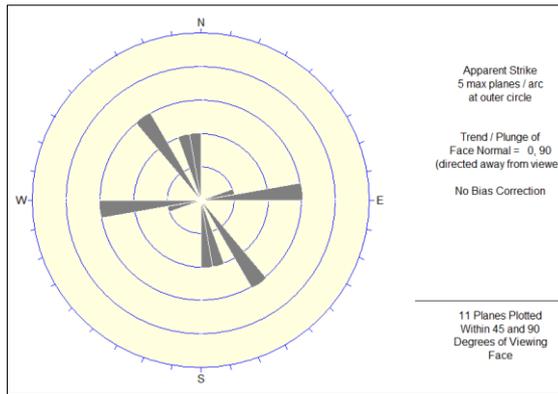
Figura 35 Sistema de diaclasas del macizo rocoso



Con la ayuda de software DIPS 6.0 se ha graficado la orientación estructural de las familias de diaclasas. Para la estación EGO1 donde predominan dos familias de diaclasas con direcciones de NO-SE y el segundo con dirección NW-SE

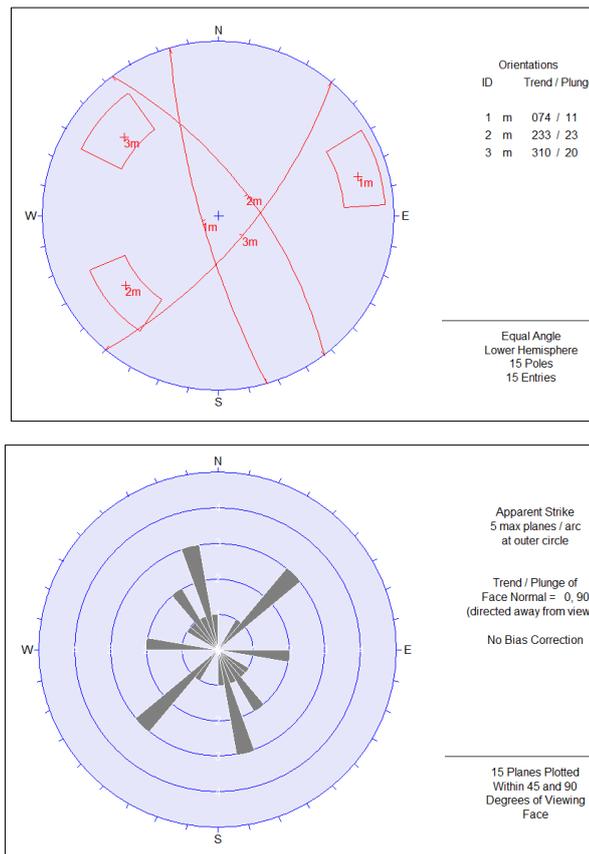
Figura 36 diagrama de rosetas concentración de polos del sistema de diaclasas en EGO1





En las estaciones EG02 predominan dos familias de diaclasas con dirección NE-SW y NW-SE.

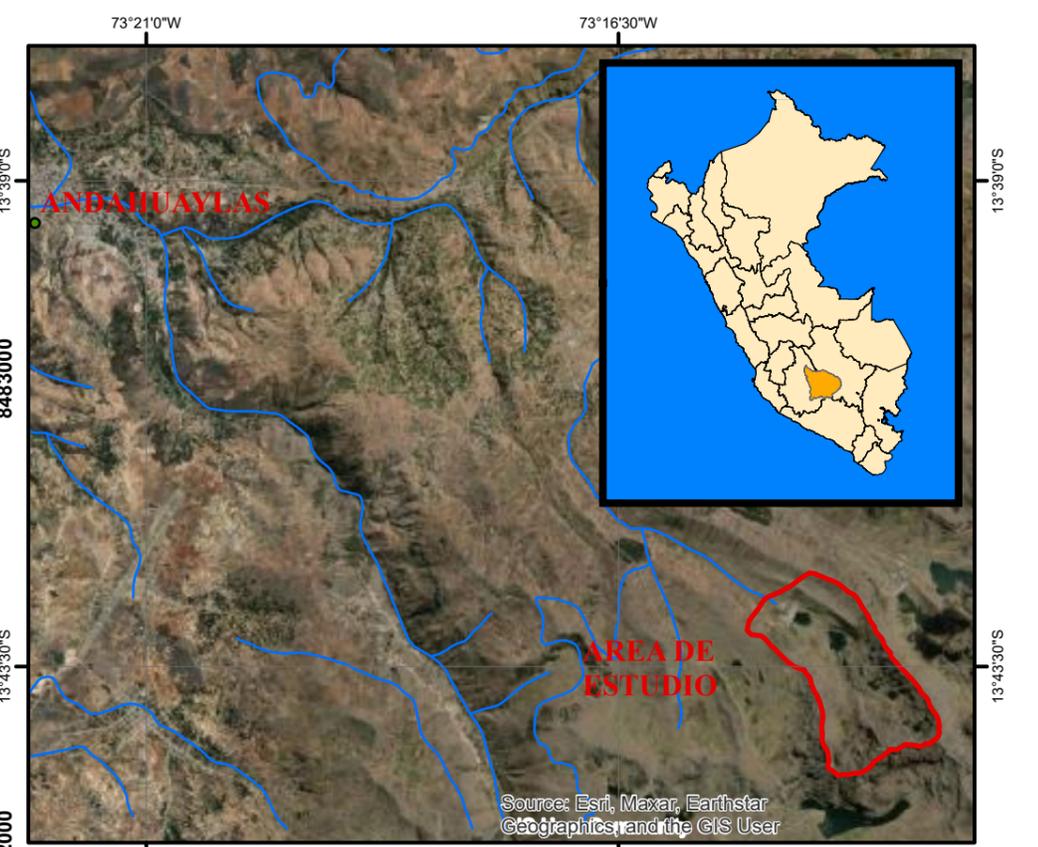
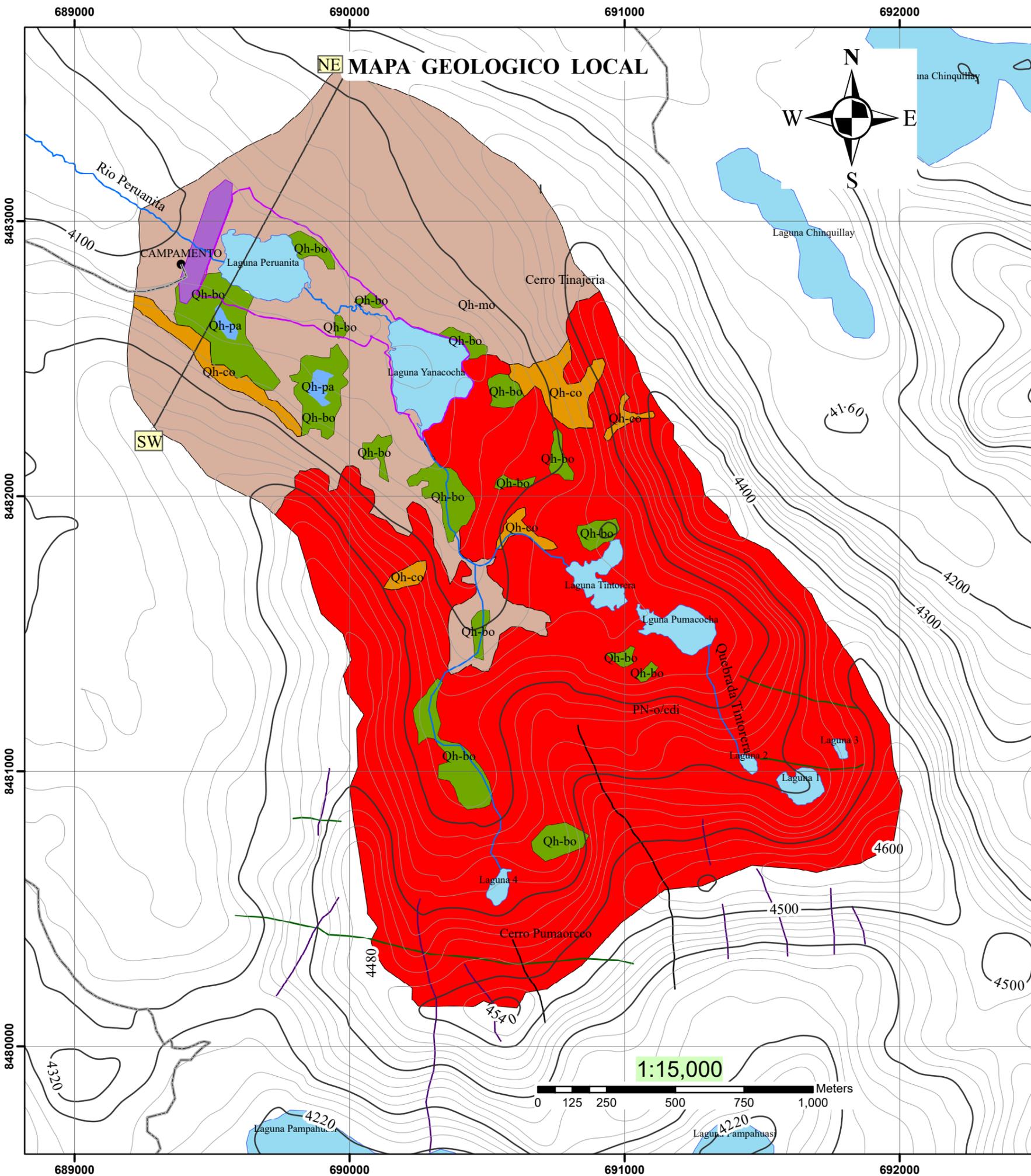
Figura 37. Diagrama de concentración de polos y rosetas del sistema de diaclasas en EG02



3.3 RESULTADOS

La geología de la zona de estudio está caracterizada por depósitos cuaternarios de origen glaciar, depósitos bofedales palustres y afloramientos de rocas intrusivas cuarzodioritas de unidad Acobamba, el área donde se emplazará la presa, se halla constituido por un espesor aproximado de 70 a 80 m de depósitos glaciares o depósitos morrénicos, donde los depósitos morrénicos son de pobre estratificación y composición de bloques, bolones de rocas de origen ígneo cuarzodiorita, en matriz limo-arenosa relativamente densa, están desarrollados en sus formas lateral y frontal. Siendo los depósitos de morrenas laterales del vaso, las que se agrupan en forma escalonada, en tanto que los depósitos de morrenas frontales, que conforman la cerrada de la laguna, favorables a poco favorables para la contención del agua con una geología compleja, en tanto los depósitos bofedales palustres constituidos por material fino orgánico son menos favorables.

Asimismo, hacia el SE, en las partes altas de la cuenca a modo de farallones, se tiene los afloramientos ligeramente fracturados y alterados de roca cuarzodiorítica de la unidad Acobamba Plutón Anchaca. En cuanto a los elementos estructurales en el dominio del ámbito, se tiene lineamientos estructurales y falla normal con característica de azimut N335 y buzamiento 80NE con una longitud de 1km de dirección NW-SE, que aparentemente no llegan a alcanzar al lugar del emplazamiento de la presa que se encuentran cubiertos por depósitos morrénicos.



SIMBOLOGIA

- Falla Normal
- Aliniamiento NW-SE
- Aliniamiento N-S
- Línea de corte
- Curvas Maestras
- Curvas de Nivel
- Ríos
- Trocha carrosable
- Campamento
- Lagunas
- Eje de la presa

LEYENDA

| UNIDADES LITOESTRATIGRAFICAS | DESCRIPCION |
|------------------------------|---|
| Deposito Bofedal | Qh-bo suelos orgánicos húmedos de color oscuro. |
| Deposito Palustre | Qh-pa material arcilloso limoso, turba con bastante contenido de vegetación. |
| Deposito Coluvial | Qh-co materiales gravas, limos, bolones y bloques |
| Deposito Glacial | Qh-mo material arena, limo, bolones y bloques subredondeados |
| Unidad Acobamba | PN-o/cdi Granodiorita color gris oscuro |

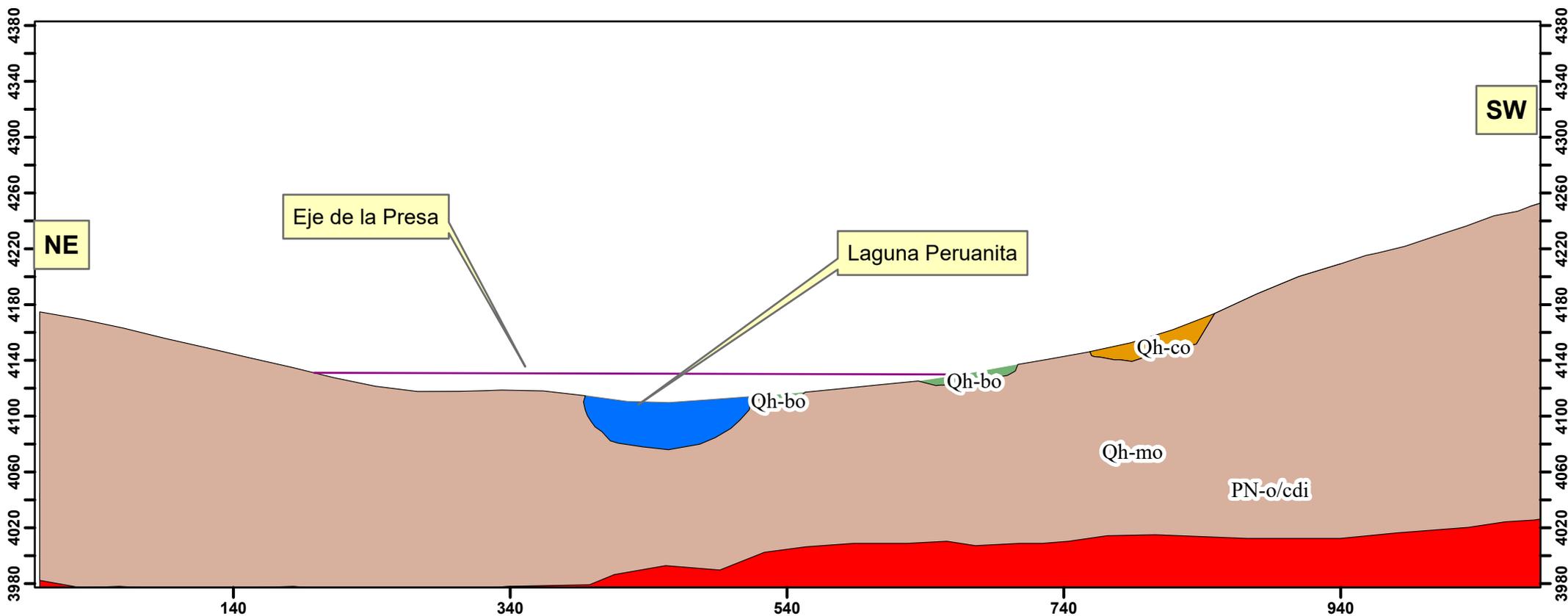
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
 FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA MINAS Y METALURGICA
 ESCUELA PROFECIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA

ESTUDIO GEOLOGICO GEOTECNICO PARA LA CONSTRUCCION
 DE LA PRESA DE TIERRA PERUANITA DEL DISTRITO DE SAN JERONIMO
 ANDAHUAYLAS APURIMAC

MAPA GEOLOGICO LOCAL

| | | |
|---|-----------------------|--------------------------|
| BACH. VICTORIANO QUISPE TIRAHUMA BACH. ELMER QUISPE QUISPE | DATUM WGS84 ZONA 18L | MAPA 05 |
| ASESOR: MGT. EDISON SANTIAGO MATTOS OJEDA | FECHA: ABRIL DEL 2025 | |
| | ESCALA ENDICADA | |

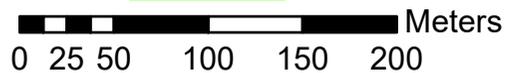
SECCION GEOLOGICA NE-SW



LEYENDA

- Deposito Bofedal
- Deposito Coluvial
- Deposito Glacial
- Unidad Acobamba Cuarzodiorita

1:4,000



| | | | |
|---|---|---|---|
|  | UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA MINAS Y METALURGICA ESCUELA PROFECIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA | |  |
| | ESTUDIO GEOLOGICO GEOTECNICO PARA LA CONSTRUCCION DE LA PRESA DE TIERRA PERUANITA DEL DISTRITO DE SAN JERONIMO ANDAHUAYLAS APURIMAC | | |
| SECCION GEOLOGICO | | | |
| BACH. VICTORIANO QUISPE TIRAHUMA BACH. ELMER QUISPE QUISPE | | FECHA: OCTUBRE DEL 2024 | MAPA 06 |
| ASESOR: MGT. EDISON SANTIAGO MATTOS OJEDA | | FECHA: OCTUBRE DEL 2024 ESCALA: ENDICADA | |

CAPÍTULO IV HIDROGEOLOGIA

4.1. GENERALIDADES

Caracterizar el potencial de las unidades hidrogeológicas que llegan a aportar su caudal a lo largo del año hacia el embalse de la presa. Para ello primero se ha procedido a realizar un inventario de fuentes de agua (ríos de aporte, lagunas o bofedales) a lo largo de la cuenca, registrando sus caudales mediante aforos, asimismo se ha llevado a cabo la evaluación de las propiedades hidrogeológicas de las unidades existentes, ósea la capacidad de infiltración de las aguas superficiales. Es así que, para evaluar la recarga de los llamados acuíferos, se hizo pruebas de permeabilidad a carga variable pruebas de Lefranc en el vaso y eje de la presa, para conocer la pérdida del agua por infiltración hacia las profundidades.

4.2. INVENTARIO DE FUENTES DE AGUA

4.2.1. Caudal de Aforo

En el área de estudio se tiene un sistema de cuerpos de agua que aportan durante todo el año al embalse existente de Peruanita, ubicada en la salida del área delimitada para este estudio. Estos cuerpos de aporte de agua se dividen esencialmente en los ríos de aporte que derivan de lagunas menores situados aguas arriba; y en el aporte que procede de los flujos subterráneos y las filtraciones de bofedales situados principalmente hacia noreste de la presa. Además de todo ello para el periodo de lluvias, están el aporte directo de las precipitaciones.

En la parte alta se tiene cinco lagunas pequeñas, cada una de las cuales es alimentada por manantes que proceden de los acuíferos fracturados de rocas intrusivas de la Unidad Ocobamba. Los cuales llevan sus aguas hacia la laguna Yanacocha, situada en

la parte baja, y este a su vez vierte sus aguas en la laguna de peruanita. Se ha tomado la cantidad de aporte por aforo volumétrico del caudal que entra en la laguna Yanacocha y Peruanita, uno de los resultados del aforo se muestra en la Tabla 12.

Tabla 12 Aforo en la salida de laguna. Peruanita

| | Ancho(cm) | Largo(cm) | Profundidad(cm) | Tiempo(seg) |
|----------|-----------|-----------|-----------------|-------------|
| 1 | 60 | 800 | 15 | 16 |
| 2 | 56 | 800 | 23 | 15 |
| 3 | 62 | 800 | 24 | 14 |
| Promedio | 59.33 | 800.00 | 20.67 | 15.00 |

Ensayo de medición de caudal del río Callejón con coordenadas UTM E: 689499.909

N: 8482986.738 **de Fecha:** 17 de mayo del 2022.

Área de la sección del río = 1226.351cm²

Velocidad = 53.3 cm/seg

Caudal Q = V/T 65.40 L/S

Tabla 13 aforo en la salida de laguna peruanita en el mes de marzo del 2022

| TIEMPO (seg) | LONGITUD (m) | VELOC. (m/s) | AREA (m2) | CAUDAL (m3/s) |
|--|--------------|-----------------------|-----------|------------------------------|
| t ₁ = 4.80 | L = 3.60 | V ₁ = 0.75 | 0.324 | Q ₁ = 0.243 |
| t ₂ = 4.75 | L = 3.60 | V ₂ = 0.76 | 0.324 | Q ₂ = 0.245 |
| t ₃ = 4.90 | L = 3.60 | V ₃ = 0.73 | 0.324 | Q ₃ = 0.238 |
| t ₄ = 4.85 | L = 3.60 | V ₄ = 0.74 | 0.324 | Q ₄ = 0.240 |
| t ₅ = 4.94 | L = 3.60 | V ₅ = 0.73 | 0.324 | Q ₅ = 0.236 |
| CAUDAL AFORADO (m³/seg) | | | | Q_n = 0.240 |
| CAUDAL DISPONIBLE DE LA FUENTE 01 (l/s) | | | | 240.46 |

4.2.2. Inventario de Manantes

Los afloramiento de aguas subterráneas en la superficie que se presenta en la zona de estudio flaco Izquierdo de la Micro Cuenca de peruanita en mayor número de manantes, los datos tomados corresponden a la época de estiaje. En la Figura 55 se aprecia

la toma de datos del aforo volumetrico de las corrientes, asimismo; se estimo el flujo subterraneo procedente de la direccion SO, que alimenta directamente el embalse (Figura 38).

Figura 38 Aforo de manantes



En la Tabla 14 se tiene un resumen del inventario de 16 manantes (donde surgen), que aportan directamente a los rios que desembocan en las pequeñas cochas y de ahí a los embalses de Yanacocha y Peruanita.

Tabla 14. Inventario de manantes en la zona de estudio

| código | UTM: este(m) | UTM: norte(m) | Altitud(msnm) | Caudal(l/s) |
|--------|--------------|---------------|---------------|-------------|
| M-01 | 689583.82 | 8482532.77 | 4141 | 0.048 |
| M-02 | 689683.47 | 8482436.54 | 4157 | 0.042 |
| M-03 | 689838.38 | 8482207.37 | 4192 | 0.065 |
| M-04 | 689892.72 | 8482088.74 | 4229 | 0.026 |
| M-05 | 690069.95 | 8482113.72 | 4163 | 0.015 |
| M-06 | 690108.08 | 8482033.17 | 4175 | 0.030 |
| M-07 | 690103.2 | 8481945.35 | 4200 | 0.040 |
| M-08 | 690231.5 | 8482063.61 | 4149 | 0.008 |
| M-09 | 690278.84 | 8481992.83 | 4159 | 0.043 |
| M-10 | 690368.07 | 8481856.26 | 4158 | 0.050 |
| M-11 | 690781.24 | 8482198.97 | 4209 | 0.060 |
| M-12 | 690575.97 | 8482348.39 | 4152 | 0.070 |
| M-13 | 691318.4 | 8481407.92 | 4246 | 0.045 |
| M-14 | 690480.54 | 8481417.97 | 4207 | 0.040 |
| M-15 | 690276.67 | 8481345.94 | 4273 | 0.016 |
| M-16 | 690294.64 | 8481228 | 4278 | 0.050 |

| | | | | |
|------|-----------|------------|------|-------|
| M-17 | 690394.72 | 8480890.87 | 4276 | 0.045 |
| M-18 | 690444.41 | 8480852.1 | 4278 | 0.080 |

4.3. PARÁMETROS HIDROGEOLÓGICOS

4.3.1. Porosidad

La porosidad granular varía según sea en los materiales sedimentarios no consolidados del valle; así como también en los afloramientos rocosos ígneos, donde para los primeros se estimó en 20 a 24 % (Tabla 15). Los últimos presentan porosidad secundaria o por fisuración y/o fracturación, donde se almacena y circula las aguas subterráneas procedentes de la infiltración de las lluvias.

Estos valores de porosidad corresponden al eje de la presa obtenidas de las calicatas mencionadas en tabla 15

Tabla 15 Valores de porosidad que corresponden en el eje de la presa

| Calicata | UTM: Este (m) | UTM: Norte (m) | Porosidad (%) |
|----------|---------------|----------------|---------------|
| C-2 | 689477 | 8482795 | 20 |
| C-3 | 689521 | 8482847 | 20 |
| C-4 | 689555 | 8483013 | 24 |

4.3.2. Coeficiente de permeabilidad

Parte de los estudios hidrogeológicos es determinar los coeficientes de permeabilidad del terreno tanto en el vaso como en el eje de la presa. Para determinar la permeabilidad en el vaso se hizo por medio de tubos de infiltración, y para el eje se aprovechó la perforación diamantina, mediante el ensayo de permeabilidad de Lefranc.

Con la finalidad de determinar las características Hidrogeológicas del Vaso y el suelo de fundación (Eje de presa), así como la confiabilidad del embalse del vaso, se

efectuaron ensayos, dentro de las calicatas aperturadas, permeabilidad in-situ: El factor del coeficiente de permeabilidad $K = \text{cm/s}$, se calcula según la formula siguiente:

$$K = R^2/2L(t_2 - t_1) \times \ln(L/R) \ln (h_1/h_2) \quad (27)$$

Donde:

R= radio del tubo PVC 2”

H= altura de carga o longitud del tubo PVC. 100cm.

T= lecturas tiempo en segundos.

Se tomó como referencia y consideración los coeficientes de permeabilidad de la Tabla 45, tomado de la fuente.

Tabla 16 *Resumen de permeabilidad en calicata del vaso de la presa*

| Código | Coord. Este | Coord. Norte | Cota (msnm) | Profund. (m) | Coefficiente de K (cm/s) | Clasificación |
|--------|-------------|--------------|-------------|--------------|--------------------------|----------------|
| K-01 | 689,561 | 8,483,050 | 4158 | 1.8 | 1.04E-03 | semipermeable |
| K-02 | 689,527 | 8,482,942 | 4157 | 2.05 | 1.12E-04 | Poco permeable |
| K-03 | 689,461 | 8,482,768 | 4157 | 2.2 | 5.19E-04 | Poco permeable |
| K-04 | 689,499 | 8,482,725 | 4154 | 2.05 | 2.80E-04 | Poco permeable |
| K-05 | 689,529 | 8,482,743 | 4152 | 2.05 | 3.70E-04 | Poco permeable |
| K-06 | 689,537 | 8,482,771 | 4151 | 3.3 | 4.50E-04 | Poco permeable |
| K-07 | 689,602 | 8,482,963 | 4153 | 3.05 | 4.80E-04 | Poco permeable |
| K-08 | 689,614 | 8,482,990 | 4152 | 2.2 | 4.10E-04 | Poco permeable |
| K-09 | 689,626 | 8,483,028 | 4154 | 1.05 | 4.20E-04 | Poco permeable |
| K-10 | 689,662 | 8,483,007 | 4151 | 1.1 | 6.70E-04 | Poco permeable |

Vista de ejecución del ensayo de permeabilidad Lefranc ubicado en el centro del dique de la presa peruanita, se realizó en la calicata CA-03.

Figura 39 *Ensayo de permeabilidad por percolación en calicatas*



5.3.2.1. Permeabilidad Lefranc por perforación diamantina

Como parte de los estudios geotécnicos se ejecutó la perforación diamantina con recuperación de núcleos de testigos de suelos en línea de perforación HQ. Durante la perforación se realizaron ensayos de permeabilidad tipo Lefranc aproximadamente cada 5 m, a la par que se hacía la descripción de las características fisicomecánicas del terreno mediante el logueo geotécnico.

En la laguna Peruanita se realizaron 04 perforaciones, alineados en el eje de la presa. La ubicación de los mismos se detalla en la Tabla 17.

Tabla 17 *Ubicación de los puntos de ensayo de permeabilidad Lefranc*

| Sondaje | Ubicación aguas abajo | Coordenadas UTM | | |
|----------------|------------------------------|------------------------|--------------|--------------------|
| | | Este | Norte | Cota (msnm) |
| SGPE-01 | Estribo derecho | 689567 | 8483065 | 4128.4 |
| SGPE-02 | Fondo de valle | 689531 | 8482960 | 4130.8 |
| SGPE-03 | Fondo de valle | 689501 | 8482879 | 4128.5 |
| SGPE-04 | Estribo izquierdo | 689464 | 8482782 | 4135.9 |

Nota. fuente ingeotecom geotecnia y concreto

En los sondajes diamantinos se han ejecutado 20 ensayos de permeabilidad tipo Lefranc de acuerdo a las características del terreno perforado con una frecuencia de 5

metros por ensayo, y no se realizó ensayos de permeabilidad del tipo Lugeon por no encontrarse macizos rocosos.

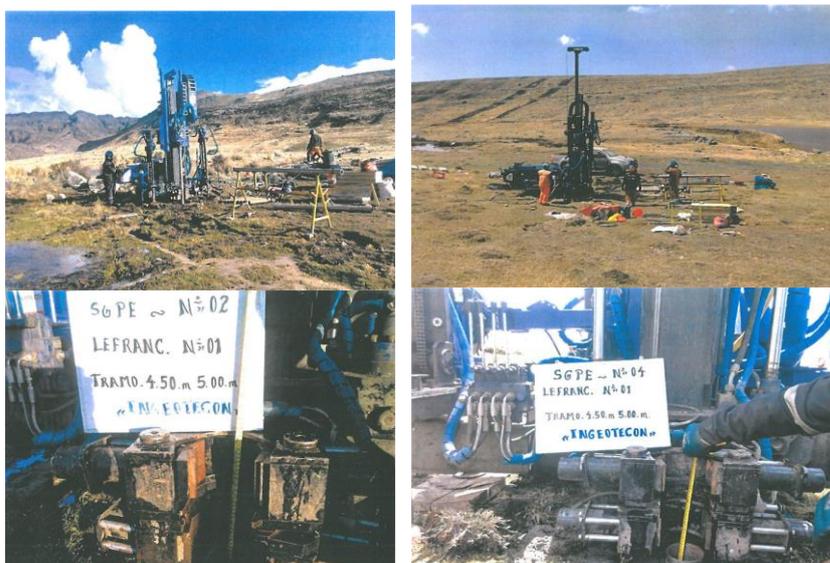
Los coeficientes de permeabilidad determinados en los cuatro puntos perforados, indican en general que la permeabilidad de los suelos dominantes Grava limosa con arena, varia de poco permeable a permeable. Cuyo valor máx. y mín. son 3.93E-05 (0.0000393 cm/s) y 8.28E-04 (0.000828 cm/s), Asimismo, los cálculos respectivos se detallan en ANEXOS.

Tabla 18 Resultados de en los ensayos Lefranc

| Sondaje | Nº | Profundidad (m) | Tipo de ensayo | Permeabilidad k (cm/s) | Clasificación (Custodio y Llamas1976.) |
|-------------------------------|----|-----------------|----------------|------------------------|--|
| SGPE-1 (Estribo derecho) | 1 | 4.9 - 5.4 | Lefranc | 8.38E-05 | Material poco permeable |
| | 2 | 9.6 - 10.1 | Lefranc | 2.75E-04 | Material semi permeable |
| | 3 | 15.0 - 15.5 | Lefranc | 1.59E-04 | Material semi permeable |
| | 4 | 19.5 - 20.0 | Lefranc | 5.09E-05 | Material poco permeable |
| SGPE-2 (Fondo de valle) | 5 | 4.5 - 5.0 | Lefranc | 1.92E-04 | Material semi permeable |
| | 6 | 9.6 - 10.1 | Lefranc | 1.13E-04 | Material semi permeable |
| | 7 | 14.8 - 15.5 | Lefranc | 8.54E-05 | Material poco permeable |
| | 8 | 19.5 - 20.2 | Lefranc | 5.11E-05 | Material poco permeable |
| | 9 | 24.9 - 25.4 | Lefranc | 2.72E-04 | Material semi permeable |
| | 10 | 29.5 - 30.0 | Lefranc | 8.28E-04 | Material semi permeable |
| SGPE-3 (Fondo de valle) | 11 | 5.0 - 5.5 | Lefranc | 2.32E-04 | Material semi permeable |
| | 12 | 9.6 - 10.1 | Lefranc | 3.93E-05 | Material poco permeable |
| | 13 | 14.7 - 15.2 | Lefranc | 7.69E-05 | Material poco permeable |
| | 14 | 19.8 - 20.3 | Lefranc | 1.23E-04 | Material semi permeable |
| | 15 | 24.5 - 25.0 | Lefranc | 9.93E-05 | Material poco permeable |
| | 16 | 29.8 - 30.3 | Lefranc | 3.45E-04 | Material semipermeable |
| SGPE-4 (Estribo izquierdo) | 17 | 4.5 - 5.0 | Lefranc | 1.52E-03 | Material semi permeable |
| | 18 | 9.6 - 10.1 | Lefranc | 1.10E-04 | Material semi permeable |
| | 19 | 14.5 - 15.0 | Lefranc | 9.15E-05 | Material poco permeable |
| | 20 | 19.5 - 20.0 | Lefranc | 4.80E-05 | Material poco permeable |
| Promedio | | | | 2.40E-04 | Material semi permeable |

Nota. fuente ingeotecom geotecnia y concreto

Figura 40 Vista del ensayo Lefranc SGPE-02 y SGPE-04



Nota. fuente ingeotecom geotecnia y concreto

4.4. PROSPECCIÓN GEOFÍSICA DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS

Para la prospección geofísica de las aguas subterráneas de laguna Peruanita, se ha empleado el método de la resistividad de los materiales con el instrumento de “tomografía eléctrica”. En total se ha evaluado tres líneas tomográficas, ubicadas en el eje transversal de la presa.

4.4.1. Exploración tomográfica

Con la exploración geofísica se busca determinar en forma indirecta los espesores y las características de los suelos que se encuentran a diferentes profundidades en el área de estudio. Para el cual estos ensayos geoelectricos comprenden 03 líneas de tomografía eléctrica con un metrado total de 1000 m. Se realizaron dos líneas de 400 m y una línea de 200 m en

En las Tabla 19 se indican las coordenadas representativas de las investigaciones geofísicas referidas al Datum WGS84-UTM Zone18L.

Tabla 19 Ubicación inicio - fin de las líneas tomográficas

| Línea Tomográfica | Inicio | | | Fin | | |
|-------------------|----------|-----------|----------|----------|-----------|----------|
| | Este (m) | Norte (m) | Cota (m) | Este (m) | Norte (m) | Cota (m) |
| LTE - 01 | 689410 | 8482938 | 4088 | 689580 | 8482835 | 4217 |
| LTE - 02 | 689618 | 8483193 | 4153 | 689473 | 8482825 | 4132 |
| LTE - 03 | 689436 | 8482676 | 4147 | 689612 | 8483033 | 4135 |

4.4.1.3. Trabajos de campo y procesamiento de la información de tomografía eléctrica

En el presente trabajo se realizó 3 líneas de tomografía eléctrica. De los cuales 2 son de 400m de longitud y 1 es de 200m de longitud, con separaciones entre electrodos de 5 m y de 10m, que permitieron explorar una profundidad aproximada de hasta 80 m (con 81 electrodos con espacio de 5m de cada electrodo).

Figura 41 Equipo empleado en el presente estudio de Tomografía Eléctrica



a). Línea de Tomografía Eléctrica LTE- 01

Intervalo de electrodos $E_e = 5$ m distancia total LTE = 200 m. (41 electrodos),
cuya disposición del tendido de la línea de tomografía se muestra.

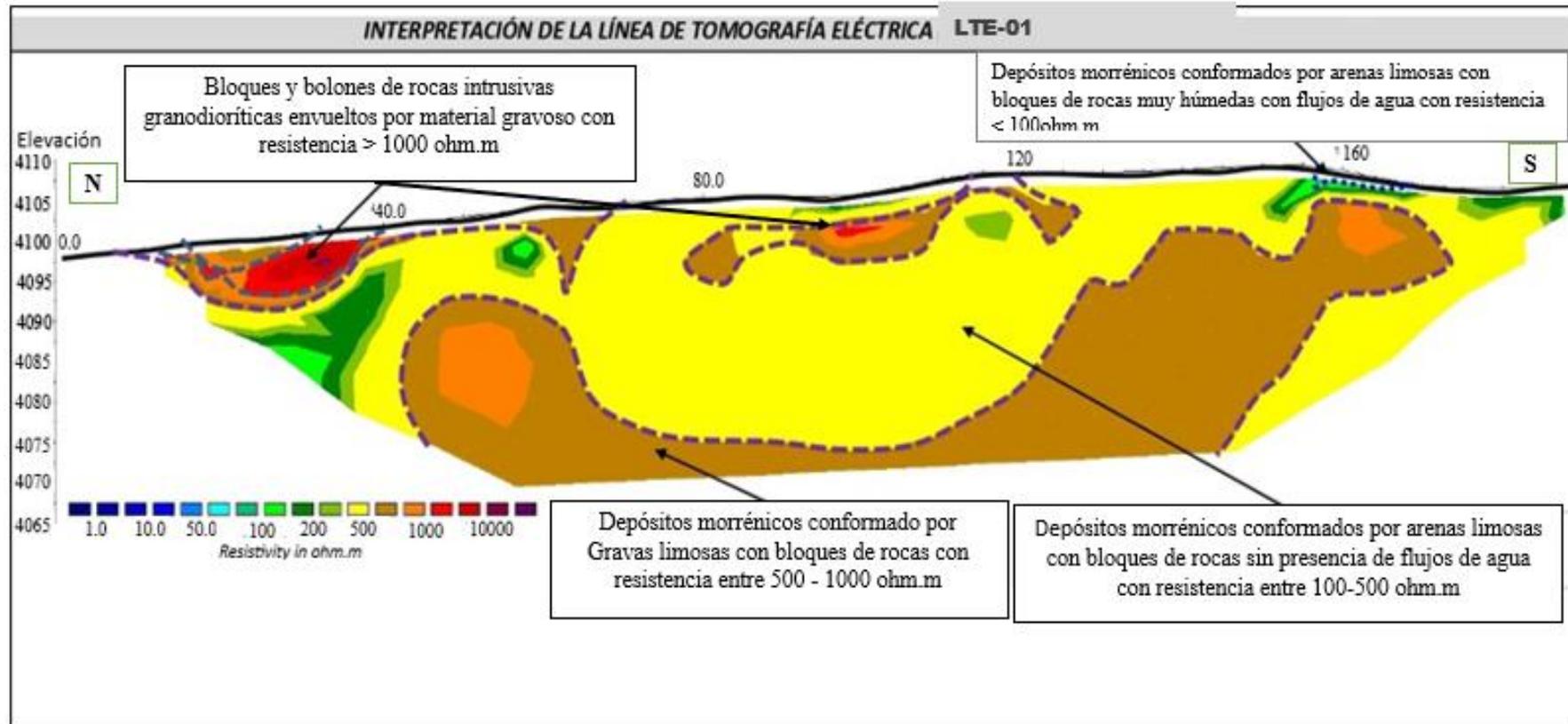
Figura 42 Disposición del tendido de la línea de tomografía eléctrica LTE-01



Seccion de Resistividad e Interpretacion

Los valores de resistividad de 10 Ohm.m a 100 Ohm.m corresponden a formaciones geológicas de morrenas muy húmedos hasta con flujos de agua conformado por arenas Limosas con Gravas que alcanzan una profundidad de hasta 4 metros, esta parte saturada se encuentra cercano a las periferias de la laguna peruanita. Los valores de resistividad de 100 Ohm.m a 500 Ohm.m corresponden a formaciones geológicas de morréneas húmedos conformado por Arenas Limosas con Gravas con bolones y bloques con un espesor de 10 metros. Los valores de resistividad entre los 500 - 1 000 ohm.m, corresponden a depósitos morrénicos conformado por Arenas Gravasas con Limos con bolones y bloques. Mas permeables que la primera capa geo eléctrica. Y los Valores de resistividad mayores a 1 000 ohm.m corresponde a bloques de rocas producto por el transporte glacial, envueltos con arenas limosas con gravas.

Figura 43 perfil de interpretación de la resistividad LTE-01



Nota. en la parte sur de la sección cerca de la laguna de peruanita se observan capas de arena limosa que contienen filtraciones de agua de la laguna que podría ser vía de tránsito de agua y a la profundidad de 20m se encuentran estratos de grava limosa. (fuente: elaboración propia)

b). Línea de Tomografía Eléctrica LTE- 02

Figura 44 Disposición del tendido de la línea de tomografía eléctrica LTE-02



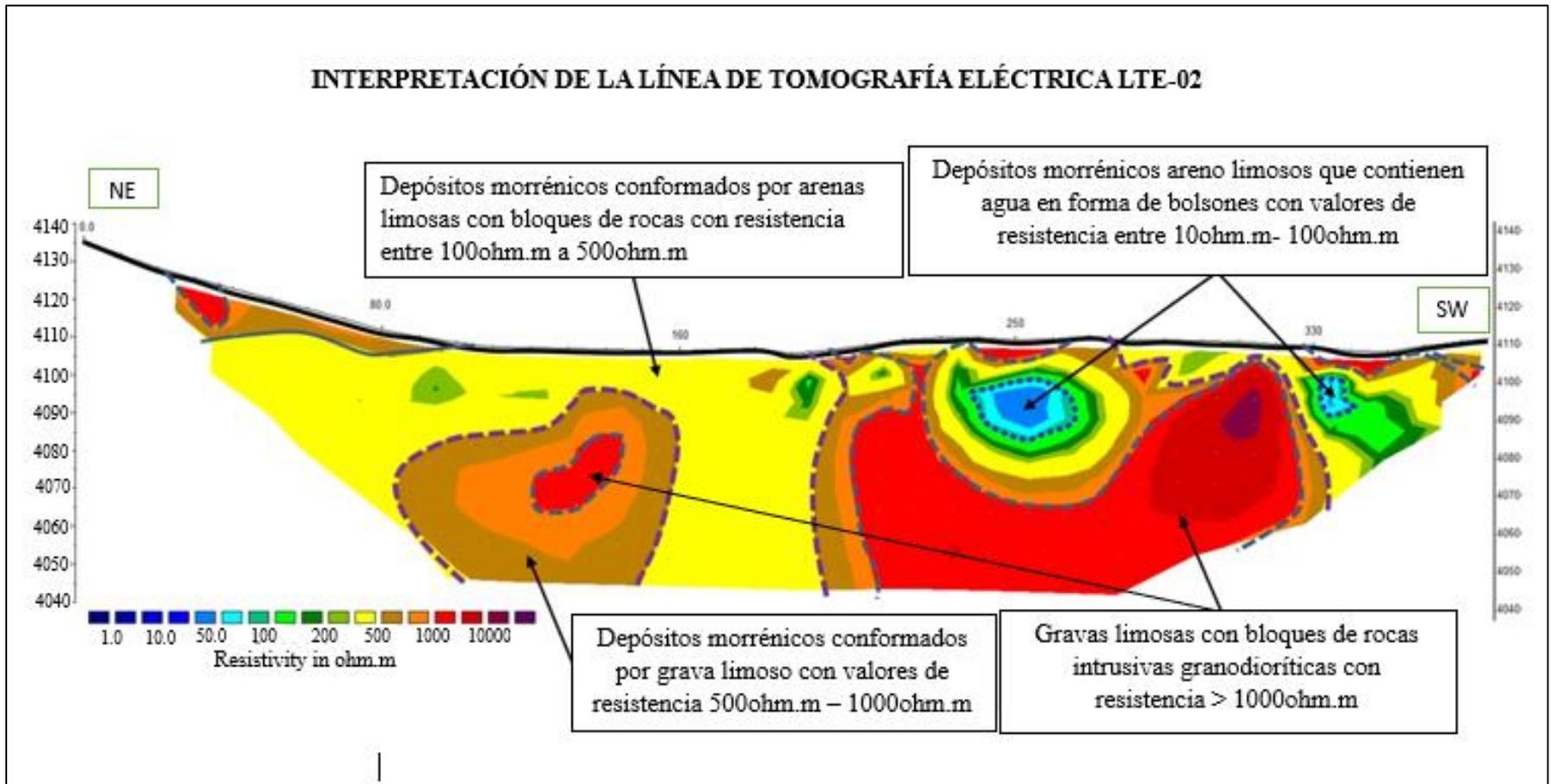
Sección de Resistividad e Interpretación

Esta sección de resistividad eléctrica tiene una orientación de NE-SW paralelo al eje de la presa con valores de resistividades que varían entre los valores de 10 Ohm.m a 1500 Ohm.m, los valores que corresponden a cada estrato es como sigue.

Los valores de resistividad de 10 Ohm.m a 100 Ohm.m corresponden a formaciones de morrenas saturadas de agua conformado por Arenas Limosas que se encuentran en forma de capas, a una profundidad de 5 a 6 metros del nivel de la superficie, estas zonas saturadas se encuentran entre las progresivas de 0+290 y 0+210 en el eje de la presa.

Los valores de resistividad de 100 Ohm.m a 500 Ohm.m corresponden a depósitos morrénicos húmedos conformado por Arenas Limosas con Gravas con bolones y bloques de roca que presentan un espesor variable con mayor presencia en el estribo izquierdo de la presa. Los valores de resistividad entre los 500 - 1 000 ohm.m, corresponden a depósitos morrénicos húmedos conformado por Arenas Gravasas con Limos con bolones y bloques de rocas que subyacen a la capa de arena limosas. y los valores de resistividad mayores a 1 000 ohm.m corresponden a bloques de rocas ígneas de unidad Ocobamba transportados durante el avance glacial.

Figura 45 Perfil de interpretación de la resistividad LTE-02



c). Línea de Tomografía Eléctrica LTE- 03

Intervalo de electrodos $E_e = 5$ m distancia total LTE = 400 m. (81 electrodos), cuya disposición del tendido de la línea de tomografía se muestra en la Figura 45.

Figura 46 Disposición del tendido de la línea de tomografía eléctrica LTE-03



Sección de Resistividad e Interpretación

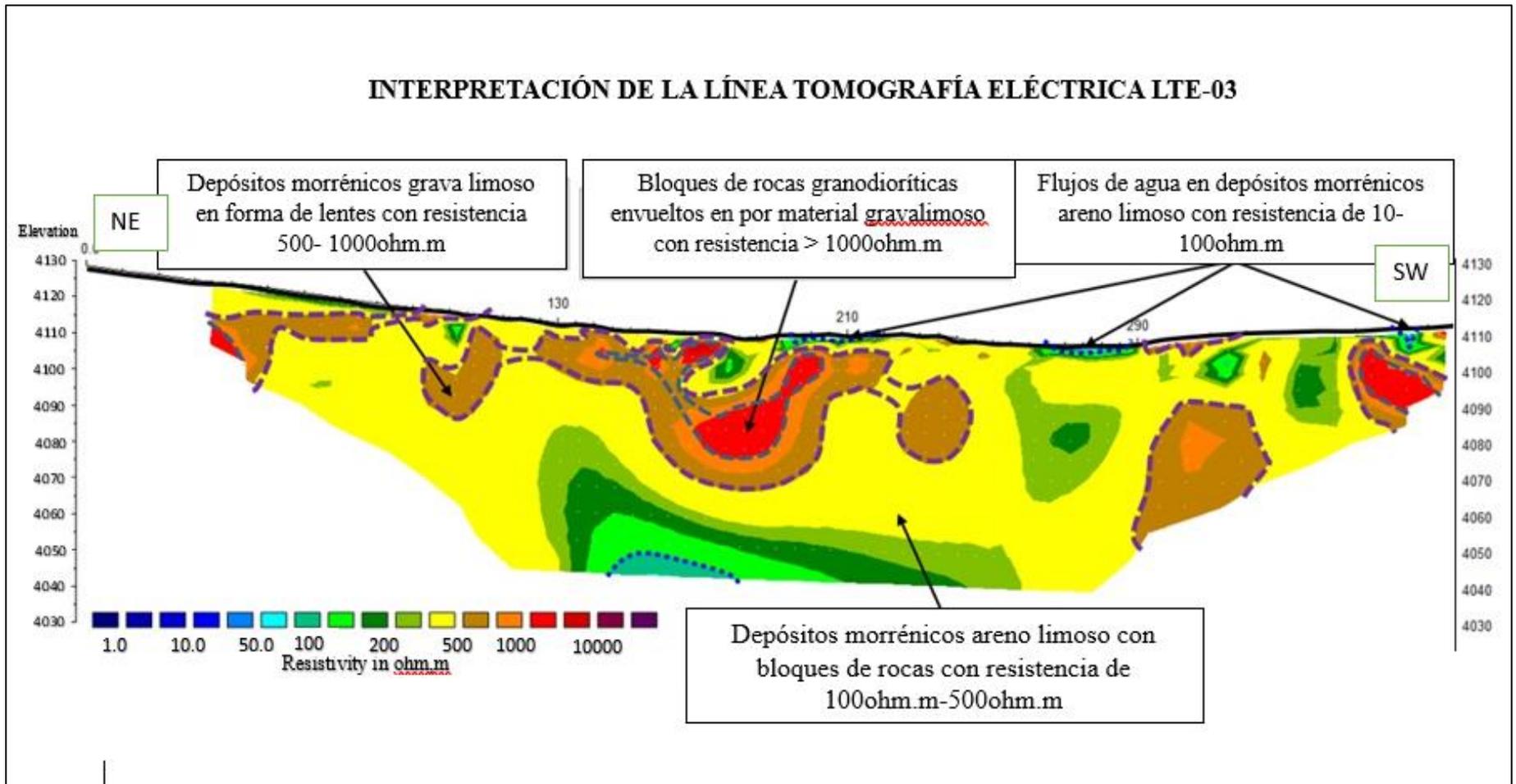
Esta sección de resistividad eléctrica tiene una orientación de NE-SW paralelo al eje de la presa con valores de resistividades que varían entre los valores de 10 Ohm.m a 1500 Ohm.m, los valores que corresponden a cada estrato es como sigue.

Los valores de resistividad entre 10 Ohm.m a 100 Ohm.m corresponden a zonas saturadas de agua que se presenta en forma de capas superficiales dentro de formaciones de morrenas que se encuentran ubicadas entre las progresivas de 0+210 y 0+290 del eje de la presa.

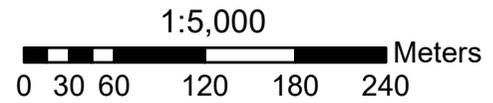
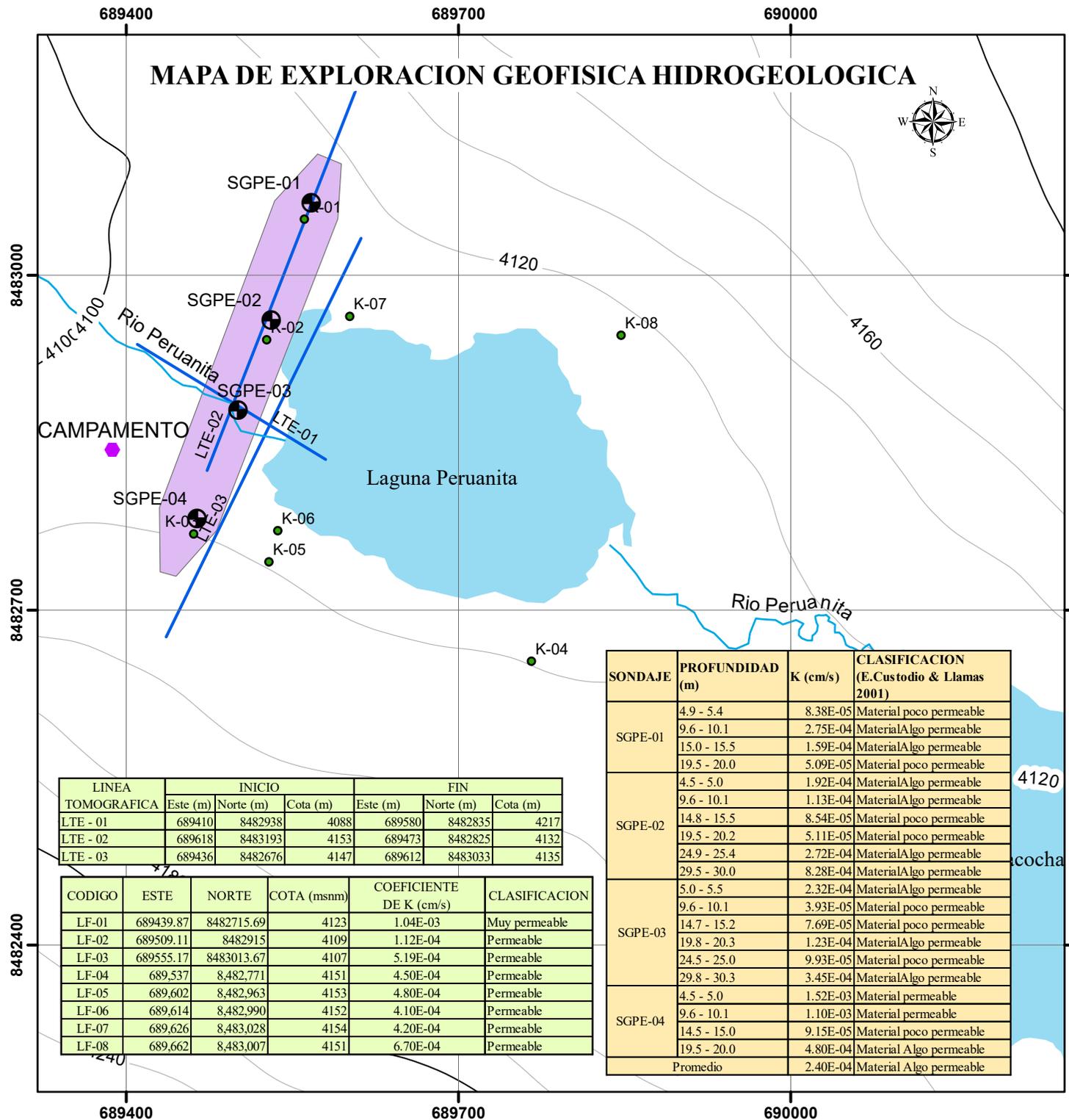
Los valores de resistividad de 100 Ohm.m a 500 Ohm.m corresponden a formaciones geológicas de morrenas conformado por Arenas Limosas con Gravas con bloques de rocas.

Los valores de resistividad entre los 500 - 1 000 ohm.m, corresponden a depósitos morrénicos húmedos conformado por Arenas Gravasas con Limos con bolones y bloques. Y los valores de resistividad mayores a 1 000 ohm.m corresponden a bloques de rocas ígneas que se encuentran envueltos por materiales de arena limoso con gravas.

Figura 47 Perfil de interpretación de la resistividad LTE-03



MAPA DE EXPLORACION GEOFISICA HIDROGEOLOGICA



| SIMBOLOGIA | |
|------------|-------------------------------|
| | Perforacion Diamantina |
| | Ensayos de Permiabilidad |
| | Linea de Tomografia Electrica |
| | Rios |
| | Curvas de Nivel |
| | Eje de la Presa |
| | Lagunas |
| | Campamento |

| LINEA TOMOGRAFICA | INICIO | | | FIN | | |
|-------------------|----------|-----------|----------|----------|-----------|----------|
| | Este (m) | Norte (m) | Cota (m) | Este (m) | Norte (m) | Cota (m) |
| LTE - 01 | 689410 | 8482938 | 4088 | 689580 | 8482835 | 4217 |
| LTE - 02 | 689618 | 8483193 | 4153 | 689473 | 8482825 | 4132 |
| LTE - 03 | 689436 | 8482676 | 4147 | 689612 | 8483033 | 4135 |

| CODIGO | ESTE | NORTE | COTA (msnm) | COEFICIENTE DE K (cm/s) | CLASIFICACION |
|--------|-----------|------------|-------------|-------------------------|---------------|
| LF-01 | 689439.87 | 8482715.69 | 4123 | 1.04E-03 | Muy permeable |
| LF-02 | 689509.11 | 8482915 | 4109 | 1.12E-04 | Permeable |
| LF-03 | 689555.17 | 8483013.67 | 4107 | 5.19E-04 | Permeable |
| LF-04 | 689537 | 8482771 | 4151 | 4.50E-04 | Permeable |
| LF-05 | 689602 | 8482963 | 4153 | 4.80E-04 | Permeable |
| LF-06 | 689614 | 8482990 | 4152 | 4.10E-04 | Permeable |
| LF-07 | 689626 | 8483028 | 4154 | 4.20E-04 | Permeable |
| LF-08 | 689662 | 8483007 | 4151 | 6.70E-04 | Permeable |

| SONDAJE | PROFUNDIDAD (m) | K (cm/s) | CLASIFICACION (E.Custodio & Llamas 2001) |
|----------|-----------------|----------|--|
| SGPE-01 | 4.9 - 5.4 | 8.38E-05 | Material poco permeable |
| | 9.6 - 10.1 | 2.75E-04 | Material Algo permeable |
| | 15.0 - 15.5 | 1.59E-04 | Material Algo permeable |
| | 19.5 - 20.0 | 5.09E-05 | Material poco permeable |
| SGPE-02 | 4.5 - 5.0 | 1.92E-04 | Material Algo permeable |
| | 9.6 - 10.1 | 1.13E-04 | Material Algo permeable |
| | 14.8 - 15.5 | 8.54E-05 | Material poco permeable |
| | 19.5 - 20.2 | 5.11E-05 | Material poco permeable |
| | 24.9 - 25.4 | 2.72E-04 | Material Algo permeable |
| SGPE-03 | 29.5 - 30.0 | 8.28E-04 | Material Algo permeable |
| | 5.0 - 5.5 | 2.32E-04 | Material Algo permeable |
| | 9.6 - 10.1 | 3.93E-04 | Material poco permeable |
| | 14.7 - 15.2 | 7.69E-05 | Material poco permeable |
| | 19.8 - 20.3 | 1.23E-04 | Material Algo permeable |
| SGPE-04 | 24.5 - 25.0 | 9.93E-05 | Material poco permeable |
| | 29.8 - 30.3 | 3.45E-04 | Material Algo permeable |
| | 4.5 - 5.0 | 1.52E-03 | Material permeable |
| | 9.6 - 10.1 | 1.10E-03 | Material permeable |
| | 14.5 - 15.0 | 9.15E-05 | Material poco permeable |
| Promedio | 19.5 - 20.0 | 4.80E-04 | Material Algo permeable |
| Promedio | | 2.40E-04 | Material Algo permeable |

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA MINAS Y METALURGICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA

ESTUDIO GEOLOGICO GEOTECNICO PARA LA CONSTRUCCION DE LA PRESA DE TIERRA PERUANITA DEL DISTRITO DE SAN JERONIMO ANDAHUAYLAS APURIMAC

MAPA DE EXPLORACION GEOFISICA HIDROGEOLOGICA

| | | |
|---|-----------------------|-------------|
| BACH. VICTORIANO QUISPE TIRAHUMA BACH. ELMER QUISPE QUISPE | DATUM WGS84 ZONA 18L | MAPA |
| ASESOR: MGT. EDISON SANTIAGO MATTOS OJEDA | FECHA: ABRIL DEL 2025 | 07 |
| | ESCALA: ENDICADA | |

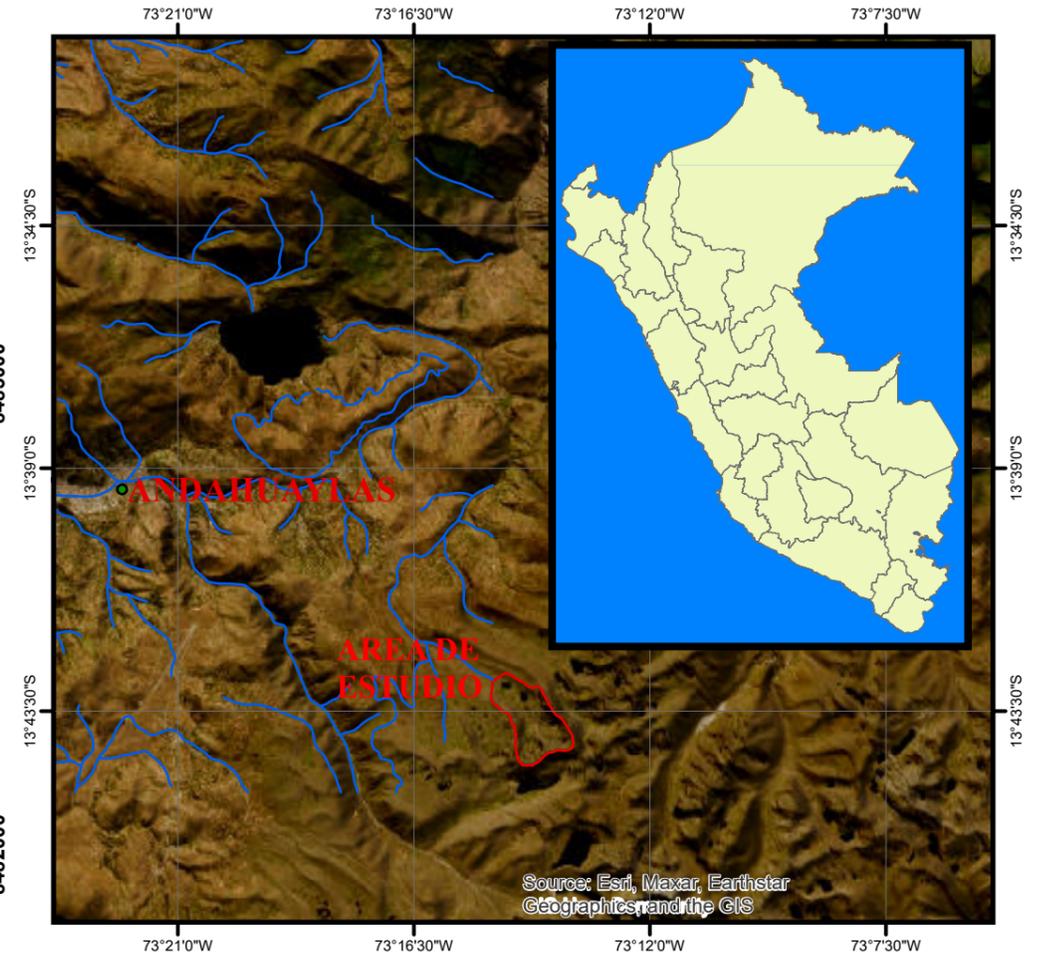
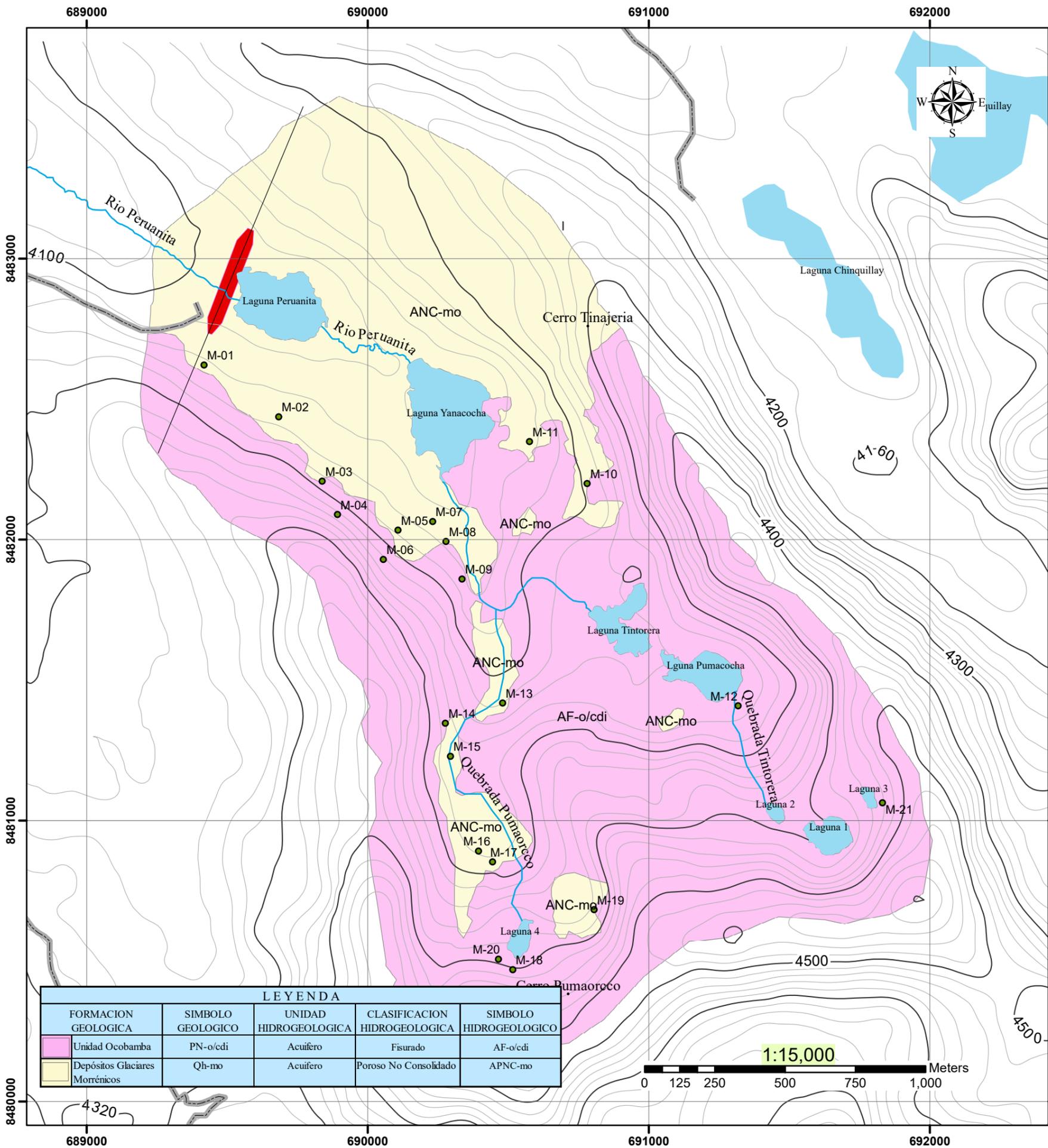
4.5. UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS

4.5.1. Unidad de acuífero poroso no consolidado

Esta unidad hidrogeológica denominada como acuífero poroso no consolidado ocupa un 34.5 % del área de estudio. El cual está conformado por depósitos de materiales de bloques de rocas de diversos tamaños, gravas, envueltos en un matriz arenolimoso de origen geológico (depósitos de morrenas), depósitos bofedales, producto del transporte de masas de hielo. Según los ensayos de permeabilidad realizadas en las excavaciones de calicatas y perforación diamantina, presenta una permeabilidad entre 1.52×10^{-01} m/día a 6.70×10^{-02} m/día, clasificado como un acuífero pobre según la literatura de E. Custodio y M. Llamas. Dentro del periferie de estas áreas, se observan la presencia de surgencia de manantes, que vierten sus aguas a las lagunas de Yanacocha, Peruanita (ver MAPA N° 9). Según la cartografía de campo, se hallaron un total de 16 manantes, ubicadas mayormente en la parte de flanco izquierdo del valle glacial, generando zonas de bofedales, cuyas aguas drenan hacia la dirección de las lagunas.

4.5.2. Unidad de acuífero fisurado

Esta unidad de acuífero está conformada por macizos rocosas intrusivas de unidad Ocobamba ubicadas hacia la parte sur del proyecto de presa Peruanita (partes altas de la cuenca) ocupando un 65.5% de área de estudio. Dentro del área de estas formaciones rocosas se puede observar afloramientos de manantes y/o ojos de agua que nos indican las manifestaciones de aguas subterráneas. Teniendo como características hidrogeológicas que controlaran el tránsito de flujos de agua los sistemas de fallas geológicas con dirección NW-SE y los sistemas de diaclasas que presentan una dirección de NE-SW, NW-SE. Estas diaclasas tienen apertura entre 0.5mm a 5 mm, por donde se realizará el tránsito de aguas meteóricas desde las partes altas hacia las partes bajas aprovechando estas fracturas.

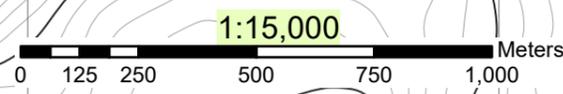


SIMBOLOGIA

- Manantes
- ~ Rios
- Lagunas
- trocha carroable
- Curvas Maestras
- Curvas de Nivel
- Eje de la Presa

LEYENDA

| FORMACION GEOLOGICA | SIMBOLO GEOLOGICO | UNIDAD HIDROGEOLOGICA | CLASIFICACION HIDROGEOLOGICA | SIMBOLO HIDROGEOLOGICO |
|--------------------------------|-------------------|-----------------------|------------------------------|------------------------|
| Unidad Ocobamba | PN-o/cdi | Acuifero | Fisurado | AF-o/cdi |
| Depósitos Glaciares Morrénicos | Qh-mo | Acuifero | Poroso No Consolidado | APNC-mo |



| | | |
|---|---|---|
|  UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA MINAS Y METALURGICA ESCUELA PROFECIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA | |  |
| ESTUDIO GEOLOGICO GEOTECNICO PARA LA CONSTRUCCION DE LA PRESA DE TIERRA PERUANITA DEL DISTRITO DE SAN JERONIMO ANDAHUAYLAS APURIMAC | | |
| MAPA HIDROGEOLOGICO | | |
| BACH. VICTORIANO QUISPE TIRAHUMA BACH. ELMER QUISPE QUISPE | DATUM WGS84 ZONA 18L FECHA: ABRIL DEL 2025 | MAPA 08 |
| ASESOR: MGT. EDISON SANTIAGO MATTOS OJEDA | ESCALA ENDICADA | |

4.6. HIDRODINÁMICA SUBTERRÁNEA

4.6.1 Hidrodinámica de acuíferos

el movimiento de aguas en los acuíferos tomando en cuenta una vez inundada el valle glaciar con la construcción del dique de la presa va generar un ascenso de nivel freático produciendo una recarga de los acuíferos que bordean el vaso o en algunos casos flujo de agua desde el vaso hacia el exterior cuencas vecinas o por la zona del eje aguas abajo.

Los depósitos morrénicos ya descritos en capítulo de geología donde se emplazará la presa peruanita son formaciones heterogéneas compuestas por mezcla de variedades de gravas, arenas, limos y bloques de rocas cuarzodioríticas presentando una alta variabilidad granulométrica implicando zonas de alta y baja permeabilidad capas irregulares en donde son vías de flujo de agua.

Estas características que presentan la zona de estudio tienen como incidencia como filtraciones descontroladas erosionando zonas débiles transporte de partículas finas acompañado de supresiones o presión de poros elevados cuyas medidas de mitigación se trata en los siguientes capítulos.

4.6.2. Nivel freático

La presencia de aguas subterráneas se encuentra en la zona de estudio a una profundidad variada tanto el área de zona de embalse y eje de la presa, en el flanco izquierdo del valle se presenta a una profundidad de 0.5m de profundidad en las áreas de los bofedales, según las exploraciones realizadas en el eje de la presa no se ha evidenciado presencia de agua cabe aclarar las exploraciones son realizadas en épocas secas.

4.7 RESULTADOS

Hidrogeológicamente se tiene como resultado que las aguas subterráneas en el área de estudio se manifiestan a través de manantes que surgen de las rocas intrusivas cuarzodioríticas. Esta unidad constituye acuífero fisurado ubicado hacia la parte sur del proyecto (partes altas de la cuenca) ocupando un 65.5% de área de estudio que nos indican las manifestaciones de aguas subterráneas forman lagunas en las zonas de depresión, teniendo como características hidrogeológicas que controlaran el tránsito de flujos de agua los sistemas de fallas geológicas con dirección NW- SE y los sistemas de diaclasas que presentan una dirección de NE-SW, NW-SE. La porosidad secundaria o por fisuración, donde se almacena y circula las aguas subterráneas procedentes de la infiltración de las lluvias y en la parte fondo de valle glaciar donde se emplazara la presa hay presencia de aguas subterráneas a una profundidad variable, siendo a una profundidad de 0.50 m en el flanco izquierdo donde se ubicara uno de los estribos de la presa que puede requerir algunos tratamientos para la estabilización, la porosidad varía según sea en los materiales morrénicos de 20% a 24% donde los coeficientes de permeabilidad, indican en general que la permeabilidad de los suelos dominantes Arena limosa y Grava limosa con arena, varia de poco permeable a permeable en algunas partes hasta muy permeables. Cuyo valor máx. y mín. son $3.93E-05$ (0.0000393 cm/s) y $8.28E-04$ (0.000828 cm/s) Estos valores indican que el material tiene capacidad de retención poco aceptable a aceptable, pero puede requerir tratamiento especialmente en zonas con permeabilidad más alta debido por la heterogeneidad que presentan los materiales morrénicos especialmente en zonas con concentración de gravas o bloques de rocas.

CAPÍTULO V GEOTÉCNIA

5.1. GENERALIDADES

El estudio geotécnico, es la principal de las evaluaciones que se deben llevar en cualquier obra de envergadura, como las presas de tierra. Es así que, en este capítulo se hace los estudios respectivos sobre todo del eje de la presa. Para ello es necesario obtener toda la información posible de los suelos y materiales que se hallan, sobre todo donde se construirá la estructura principal de la presa, el dique; el mismo que va contener el embalse (ya existente) de Peruanita. Para luego con estas informaciones, hacer los cálculos respectivos en cuanto la capacidad de embalse, la estanqueidad, las dimensiones y estructuración de la presa en sí, entre otros cálculos, que se tratan en el capítulo VII (ingeniería del proyecto).

La prospección geotécnica se hizo mediante métodos exploración directa (calicatas y perforación diamantina) y mediante exploración indirecta (sondeos geofísicos de refracción sísmica). Ya que con este último se logra sondear profundidades mayores a 5 m, lo que no se logra con el primero. Sobre todo, en busca del sustrato rocoso y de su estado mecánico (grado de compactación, fracturación).

5.2. PROSPECCIÓN GEOTÉCNICA DIRECTA

La prospección geotécnica directa del eje de la presa consta de dos métodos; las calicatas y perforación diamantina. Todo ello llevado básicamente en tres etapas. La primera etapa del estudio, son la exploración directa realizada en campo, tanto en el eje como en el vaso de la presa. Así obteniendo las muestras alteradas e inalteradas, de las calicatas y de las perforaciones (núcleos diamantinos). La segunda etapa del estudio

prosigue con ensayos en laboratorio de acuerdo a las normas vigentes, y finalmente los cálculos de gabinete, con procesamiento de datos obtenidos en el laboratorio.

Mediante los estudios geotécnicos conoceremos las diferentes propiedades fisicomecánicas del suelo que serán fundamentales para el diseño de la Presa Peruanita.

Es así que se efectuaron 5 calicatas de 5.00 m de profundidad en el eje de la presa y 4 calicatas en el vaso de la presa.

5.2.1. Calicatas en la presa

5.2.1.1. Calicatas en el eje de la presa

Para la excavación en el vaso de la presa se utilizaron herramientas como pico pala barreta etc. y para la excavación en el eje de la presa mediante una retroexcavadora.

En la Tabla 20 se presenta la ubicación exacta de los puntos de exploración.

Tabla 20. *Ubicación de calicatas de exploración de la Presa Peruanita*

| Calicata | UTM: Este (m) | UTM: Norte (m) | Cota (msnm) | Ubicación |
|----------|---------------|----------------|-------------|-----------------|
| CA-01 | 689439 | 8482715 | 4122 | Eje de la presa |
| CA-02 | 689477 | 8482795 | 4114 | Eje de la presa |
| CA-03 | 689521 | 8482847 | 4109 | Eje de la presa |
| CA-04 | 689555 | 8483013 | 4106 | Eje de la presa |
| CA-05 | 689569 | 8483089 | 4106 | Eje de la presa |

En estas aperturas de terreno se evidencia diferentes estratos de suelo, que en los siguientes acápite son descritas con mayor detalle.

5.2.1.1.1. Calicata CA-01

Estrato 01 comprende de 0.00m – 1.30 m, está constituido por Material fino orgánico de color marrón-negro, plasticidad media, con presencia de raíces de plantas.

Estrato 02 comprende de 1.30 – 3.00 m. este estrato está constituido por material arenoso con presencia de finos, con coloración gris-naranja, con contenido de bloques y

bolones de rocas subredondeados de origen ígneo con diámetros de 5cm a 40cm, de muy baja plasticidad, húmeda con presencia de lentes de arena.

Estrato 03 comprende de 3.00 – 5.00 m. Arena limosa con grava de color gris con presencia de bolones de roca de forma subredondeada, no plástico, húmeda de consistencia firme con presencia de lentejones de arena.

Figura 48 Vista de la estratigrafía de la Calicata-01



5.2.1.1.2. Calicata CA-02

Estrato 01 comprende de 0.00m – 1.20 m. en este estrato se presentan Materiales finos de color marrón y de color negro denominados suelos orgánicos (Pt).

Estrato 02 desde 1.20 – 5.00 m. Material arenoso limoso con contenido de finos de color gris con bloques y bolones de roca de forma subredondeada entre 7cm a 20cm, no plástico, húmeda de consistencia firme.

Figura 49 Vista de la estratigrafía de la Calicata-02



5.2.1.1.3. Calicata CA-03

Estrato 01 comprende de 0.00m– 1.40 m. en este estrato presenta Material orgánico con contenidos de arcilla de color marrón amarillento de plasticidad media, húmedo con consistencia firme con presencia de raíces de plantas.

Estrato 02 comprende de 1.40 – 5.00 m. Material areno-limoso con contenido de finos de color gris con bolones de roca cuya forma es subredondeado de consistencia firme.

Figura 50 Vista de la estratigrafía de la Calicata-03



5.2.1.1.4. Calicata CA-04

Estrato 01 que comprende de 0.00– 1.80 m. presenta material orgánico fino de color marrón-amarillento a negro de plasticidad media de consistencia poco firme a blanda.

Estrato 02 que comprende de 1.80 – 5.00 m. en este estrato presentan materiales Arena limosa, color gris, subangulosa no plástico, húmeda, consistencia firme, tamaños de bolones y bloques cuyo diámetro es de 5 a 30cm, según las muestras analizadas cuyos resultados es de 39.3% Grava, 45.2% Arena y 15.5% Fino L.L.NP%, L.P. NP% y I.P. NP% Humedad: 4%.

Figura 51 Vista de la estratigrafía de la Calicata-04



5.2.1.1.5. Calicata CA-05

Estrato 01 que comprende 0.00-0.50m en este estrato se observa claramente material orgánico fino de color negro marrón con presencia de raíces de plantas.

Estrato 02 que comprende de 0.50– 1.50, presenta material arena limosa de marrón-amarillento, plasticidad media, húmedo, con contenido de finos y clastos, bolones de origen ígneo que presenta una consistencia firme

Estrato 03 comprende 1.50 -5.00 m. Material arenoso limoso con finos de color gris verdoso, con presencia de clastos bolones y bloques subangulosa no plástico, húmeda, consistencia firme.

Figura 52 Vista de la estratigrafía de la Calicata-05



5.2.1.2. Calicatas en el vaso de la presa

Los perfiles estratigráficos de los suelos se muestran en los anexos

Tabla 21 Ubicación de las calicatas en el vaso de la presa

| Calicata | UTM: Este (m) | UTM: Norte (m) | Cota (msnm) | Ubicación |
|----------|---------------|----------------|-------------|------------------|
| CA-06 | 689498 | 8482699 | 4118 | Vaso de la Presa |
| CA-07 | 689565 | 8482733 | 4116 | Vaso de la Presa |
| CA-08 | 689677 | 8482983 | 4116 | Vaso de la Presa |
| CA-09 | 689630.15 | 8483062.8 | 4120 | Vaso de la Presa |

5.2.1.2.1. Calicata CA- 06

Mediante las excavaciones se ha identificado dos estratos de suelos cuya descripción es como sigue:

Estrato 01 comprende desde 0.00 – 0.60 m, de profundidad está conformado por material orgánico Pt de color negro con clastos y bolones de rocas ígneas.

Estrato 02 comprende desde 0.60 m – 1.10 m de profundidad conformado por suelos Arena Limosa “SM” de baja plasticidad, de color marrón claro, húmedo, en estado semicompacto, en este estrato se observa nivel freático a una profundidad de 1.10 m.

Estrato 03 se extiende de 1.10 -1.60m de profundidad conformado por suelos Arena limosa SM de color gris verdoso, saturada, en estado semicompacto.

Figura 53 Vista de la estratigrafía de la Calicata-06-.



5.2.1.2.2. Calicata C- 07

Durante la excavación de la calicata se ha identificado tres niveles de estratos estrato 01 comprende desde 0.00– 0.30m de profundidad, conformado por material orgánico de color negro según la clasificación de SUSC es denominada Pt.

Estrato 02 comprende desde 0.30 m – 1.25m de profundidad, constituido por un suelo Arena Limosa “SM” de baja plasticidad, de color marrón claro, húmedo, en estado semicompacto.

Estrato 03 desde 1.25 -2.00m de profundidad conformado por suelo Arena limosa SM, de color gris verdoso, en estado semicompacto, Presenta nivel freático a una profundidad de 1.50 m.

5.2.1.2.3. Calicata C- 08

Se identifico tres niveles de estratificación de suelos conformado por los siguientes estratos:

Estrato01 desde 0.00– 0.20 m, de profundidad, conformado por material de suelo orgánico de color negro muy esponjoso Pt.

Estrato02 desde 0.20 m – 1.20 m de profundidad, constituido por material Arena Limosa “SM” de baja plasticidad, de color marrón claro, húmedo, en estado

semicompacto con presencia de bloques, bolones y clastos de rocas ígneas (cuarzodiorítica) de forma subredondeada muy dura. A una profundidad de 1.00 m, se observa nivel freático.

Estrato03 desde 1.20 – 1.60 m de profundidad conformado por suelos Arena limosa SM, de color gris verdoso muy saturado por la presencia de agua.

Figura 54 *Vista de la estratigrafía de la Calicata-08*



5.2.1.2.4. Calicata C- 09

En esta calicata se observan tres niveles de estratificación distribuido de la siguiente forma:

Estrato01 desde 0.0 – 0.40m de profundidad está conformado por material de cobertura vegetal, suelo orgánico Pt de color negro,

Estrato 02 desde 0.40 m – 1.80 m de profundidad en este Segundo estrato se presenta suelo Arena Limosa “SM” de baja plasticidad, de color marrón claro, húmedo, en estado semicompacto.

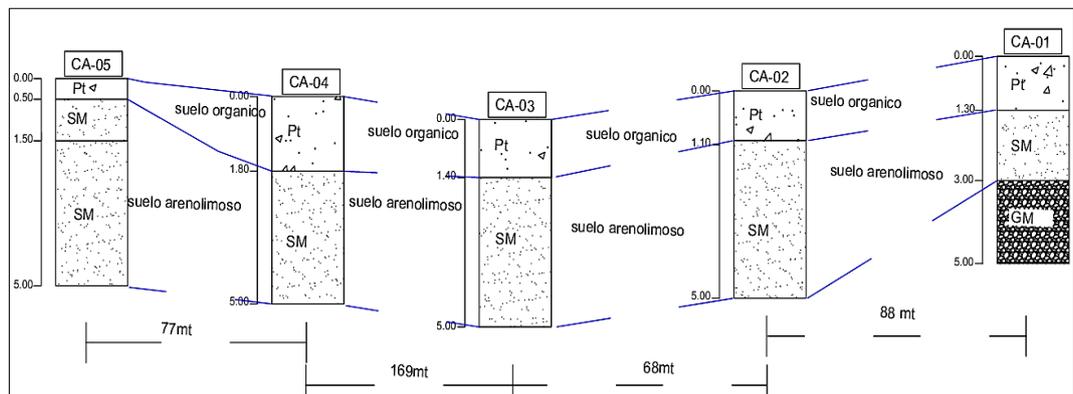
Estrato 03 desde 1.80– 2.30 m de profundidad constituido por suelo Arena limosa SM, de color gris verdoso, en estado semicompacto. Presenta nivel freático a una profundidad de 1.80 m.

5.2.1.3 Correlación Sección A en dirección NE - SW

En la sección estratigráfica de dirección NE-SW compuesta por las calicatas CA-01, CA-02, CA-03, CA-04, CA-05, con una longitud de 402 metros que presentan estratos de tope a base, comenzando por suelos orgánicos (Pt) que prevalecen en toda la continuidad lateral a lo largo del eje de la presa considerados como suelos no competentes para las cimentaciones.

En los estratos intermedios se tienen suelos arenolimoso SM que se presentan en las cinco calicatas excavadas guardan una correlación estratigráfica lateral teniendo una ligera variación de espesor del estrato en la CA-01 presentando un estrato grava limoso en la base que no muestra una continuidad lateral debido por su presencia en forma de lentes.

Figura 55 Configuración de la estratigrafía en dirección NE-SW sección A

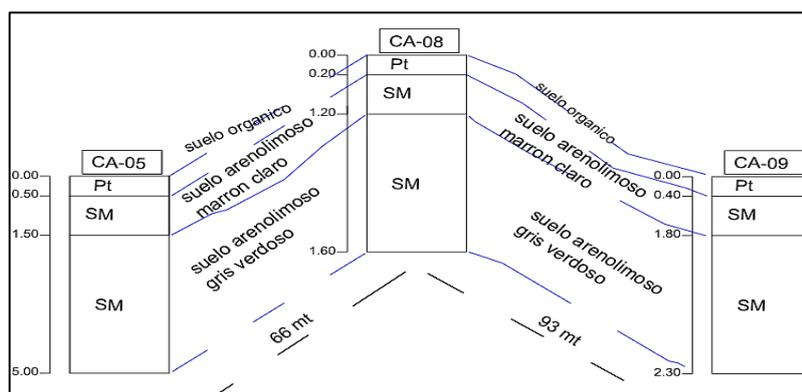


6.2.1.4 Correlación Sección B en dirección N-S

En la sección estratigráfica de dirección N-S compuesta por las calicatas CA-05, CA-08, CA-09 (Figura 55) con una longitud de 159 m que Presentan estratos de tope a base, comenzando por suelos orgánicos (Pt) que prevalecen en toda la continuidad lateral alo largo del área de embalse.

Los estratos que subyacen al material orgánico (Pt) mantienen una correlación estratigráfica, una continuidad lateral en las calicatas siendo suelos arenolimoso SM de color gris en el estrato intermedio y suelos arenolimoso de color gris verdoso en la base.

Figura 56. Configuración de la estratigrafía en dirección N-S área de embalse



5.2.2. Perforación diamantina

Se realizaron cuatro sondajes diamantinos distribuidos en el eje de la presa de la laguna de peruanita, dos de las perforaciones se realizaron en las proximidades del río (fondo de valle) y dos de ellos se realizaron en los estribos (flanco derecho e izquierdo).

5.2.2.1. Equipos empleados

Los equipos empleados ya se mencionaron en el apartado del ensayo de Lefranc.

5.2.2.2. Ubicación de las perforaciones diamantinas

En la laguna de peruanita se realizaron cuatro perforaciones diamantinas la ubicación de las mismas es detallada en la Tabla 22.

Tabla 22 Ubicación de las perforaciones diamantinas

| Sondaje | Ubicación | Coordenadas UTM | | Cota (msnm) | Profundidad de perforación |
|---------|-------------------|-----------------|--------------|----------------|----------------------------------|
| | | Este (m) | Norte (m) | | |
| SGPE-01 | Estribo derecho | 689567 | 8483065 | 4128.4 | 20.00m |
| SGPE-02 | Fondo de valle | 689531 | 8482960 | 4130.8 | 30.00m |
| SGPE-03 | Fondo de valle | 689501 | 8482879 | 4128.5 | 30.3m |
| SGPE-04 | Estribo Izquierdo | 689464 | 8482782 | 4135.9 | 20.2m |

Nota. Ubicación de las perforaciones diamantinas realizadas en el eje de la presa. Fuente: Ingeotecom - (Gobierno Regional de Apurímac, 2019).

5.2.2.3. Ensayos realizados en los sondajes diamantinos

El total de metraje de la perforación diamantina es de 100.5 metros realizados y distribuidos en cuatro sondajes todos distribuidos en el eje de la presa peruanita. En estos sondajes diamantinos se han ejecutado 20 ensayos de permeabilidad tipo Lefranc, de acuerdo a las características del terreno perforado con una frecuencia de 5 metros por ensayo, no se realizó ensayos de permeabilidad del tipo Lugeon por no encontrarse macizos rocosos en la profundidad.

5.2.2.4. Resultados de las perforaciones diamantinas

5.2.2.4.1. Descripción litológica

En base a las muestras obtenidas de la perforación diamantina se ha realizado la descripción litológica de cada sondeo

a). Sondaje SGPE N° 01 (flanco derecho)

Estrato N°01 se extiende desde 0.00m a 0.60m de profundidad compuesto por suelos orgánicos pt de color marrón oscuro.

Estrato N°02 se extiende desde 0.60 a 10.60 metros de profundidad con una coloración de color gris verdoso, conformados por arena limosas SM que según el sistema unificado de clasificación de suelos SUCS.

Estrato N°03 se extiende desde 10.60 a 17.90 metros presenta una coloración de color gris verdoso a claro, conformado por gravas envueltos en una matriz limo arcilloso con arenas, que se clasifican como un GC-GM. Este estrato presenta gravas, pequeñas cantidades de arena y pequeñas cantidades de materiales finos, Por otra parte, la fracción fina es de plasticidad baja con poca presencia de material arcillosa de compresibilidad baja. (muestra de 13.3 m a 13.6 m, G=62.9% S=19.4% M y C=17.8%, ll=16.9%, IP=4.7%).

Estrato N°04 se extiende desde 17.90 a 20.20 los materiales que presentan son de coloración marrón oscuro conformadas por gravas mal gradadas con limos, se clasificándose como GP-GM. (muestra de 17.9m a 18.3m G=75.7%, S=14%, M y C= 10.5%, LL=19.6%, IP=1.1%) presenta a una profundidad de 18.5 a 19.3m lentes de materiales de arena limosa SM.

Figura 57. Cajas de portatestigos y equipo de supervisión de gobierno regional de la SGPE-01



Nota, parte superior se observa muestras de recuperación de perforación diamantina. Fuente: Ingeotecom Geotecnia y Concreto. Y en la parte inferior realización de trabajo de perforación diamantina.

b). Sondaje SGPE N° 02 (fondo de valle)

Estrato N° 01 se extiende desde 0.00 a 0.60 metros de profundidad suelo altamente orgánico Pt con presencia de grava de color marrón oscuro.

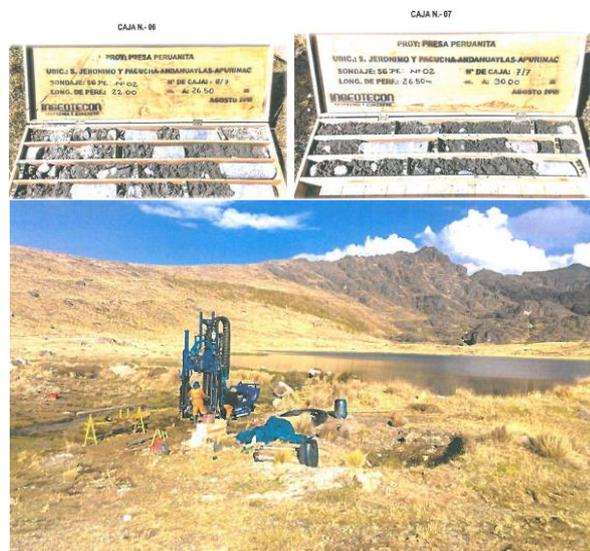
Estrato N°02 se extiende desde 0.60 a 4.40 metros en esta profundidad los materiales presentan con una coloración de color gris verdoso conformados por suelos arenas limosas SM. Este estrato presenta materiales de grava en menores proporciones envueltas en una matriz de arenas y materiales finos (limos y arcillas) de compacidad media densa.

Estrato N°03 se extiende desde 4.40 a 15.00 de profundidad de coloración gris verdosa a claro conformado por gravas envuelto en una matriz de limos con arenas que se clasifican en el sistema unificado de clasificación de suelos SUCS como un GM.

Estrato N°04 se extiende desde 15.00 a 18.30 metros de profundidad presenta una coloración de color marrón a claro, conformados por limos arenosos con gravas que se clasifican en el sistema unificado de clasificación de suelos SUCS como un ML el terreno se encuentra saturada, es de consistencia media a firme, según la muestra obtenida de 17.10 a 18.30 metros $G=1.4\%$, $S=5.9\%$, M y $C= 92.7\%$, $LL=22\%$, $IP=3.1\%$.

Estrato N°05 se extiende desde 18.30 a 30.00 metros de profundidad presenta con una coloración de color gris verdoso a claro, conformado por gravas limosas con arenas que se clasifican en el sistema de clasificación de suelos SUCS como un GM.

Figura 58 Cajas de portatestigos y realización de perforación diamantina SGPE-02



Nota, parte superior se observa muestras de recuperación de perforación diamantina. Fuente: Ingeotecom Geotecnia y Concreto.

c). Sondaje SGPE-03 (fondo de valle)

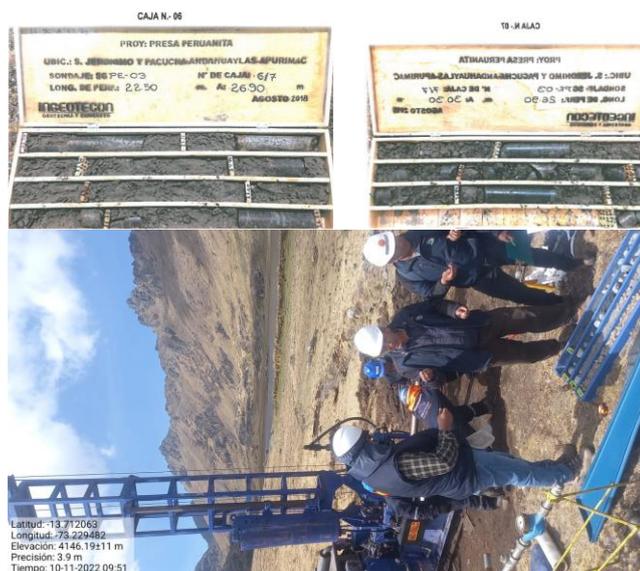
Estrato N°01 se extiende desde 0.00 a 0.90 metros de profundidad compuesto por suelos altamente orgánicos de color marrón oscuro.

Estrato N°02 se extiende desde 0.90 a 1.90 metros presenta una coloración color marrón a gris verdoso conformado por arenas limosas SM de plasticidad baja, de compacidad media, presenta trazas de materia orgánica.

Estrato N°03 se extiende desde 1.90 a 22.00 metros de profundidad con coloración gris verdoso constituido de gravas limosas con arena, que se clasifica en el sistema unificado de clasificación de suelos SUSC como GM. La fracción fina es de plasticidad baja con presencia de arcillas en menor proporción, presenta en un tramo de arenas limosas con gravas de color marrón claro 4.30m a 4.90m(muestra tomada de 9.90m a 10.40m $G=42.3\%$, $S=20.5\%$ M y C $=37.2\%$, $LL=15.6\%$, $IP=2.4\%$).

Estrato N°04 se extiende desde 22.00 m a 30.3 metros de profundidad presenta una coloración de color gris verdoso a gris claro, se clasifican en el sistema unificado de clasificación de suelos SUCS como un SM. Este estrato presenta poca cantidad de gravas y en mayor proporción los arenas y materiales finos como limos y arcillas.

Figura 59 Cajas de portatestigos y equipo de supervisión de gobierno regional de la SGPE-03



Nota, parte superior se observa muestras de recuperación de perforación diamantina. Fuente: Ingeotecom Geotecnia y Concreto.

d). Sondaje SGPE-04 (flanco izquierdo)

EstratoN°01 se extiende desde 0.00 a 0.80 metros de profundidad compuesto por suelos orgánicos Pt de color marrón oscuro.

EstratoN°02 se extiende desde 2.10m a 6.20m presenta una coloración de gris verdoso a gris claro conformado por arenas limosas con gravas que se clasifican en el sistema unificado de clasificación de suelos SUCS como un SM presenta poca cantidad de gravas con mucha presencia de arenas y materiales finos

EstratoN°03 se extiende desde 6.20m a 20.20 m presenta una coloración de color gris verdosa a claro constituida por gravas limosas con arenas que se clasifican en el sistema unificado de clasificación de suelos SUCS como GM. En este estrato presenta bastante cantidad de gravas pequeñas cantidades de arena y materiales finos, esta matriz envuelve bolones y bloque sub redondeados en un 25% del volumen. La litología de los bolones y bloque son de origen ígnea muy duras, en esta profundidad el terreno se encuentra saturada por el agua (muestra de 16.20m a 17.30m G= 56.3%, S=16.0%, M y C=27.7%, LL=18.1%, IP=3.6%).

Figura 60 *Vista de la perforación diamantina de la SGPE-03*



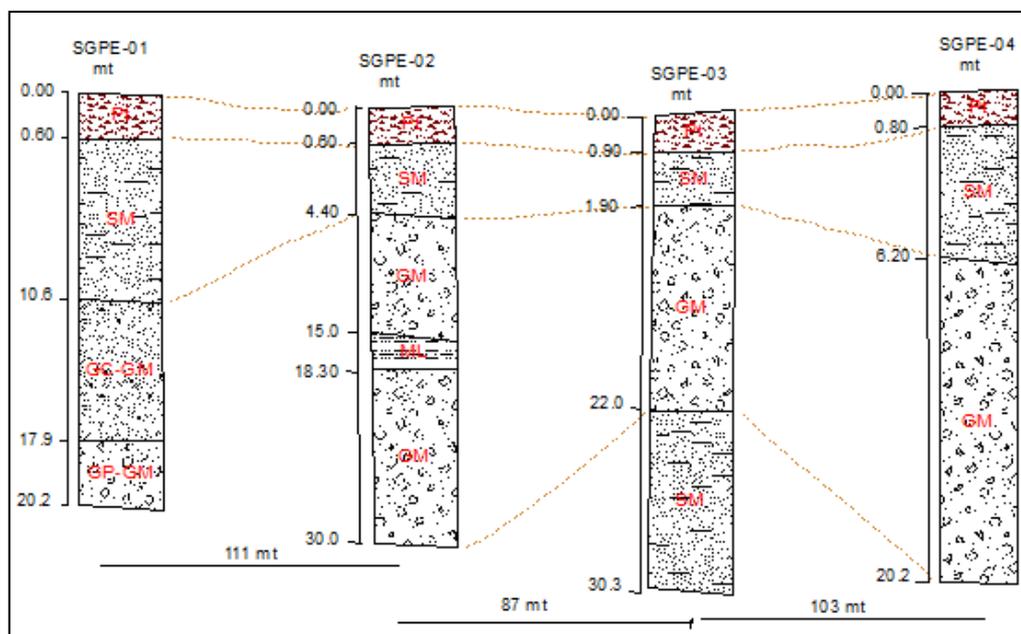
5.2.2.4.2 Correlación de Perforación Diamantina

En la sección estratigráfica de dirección NE-SW compuesta por las perforaciones diamantinas SGPE-01, SGPE-02, SGPE-03 y SGPE-04 con una longitud de 301 m (Figura 92), que presentan estratos de tope a base, comenzando en el tope por suelos orgánicos (Pt) que prevalecen en toda la continuidad lateral en el fondo del valle con un promedio de espesor de 0.80 m

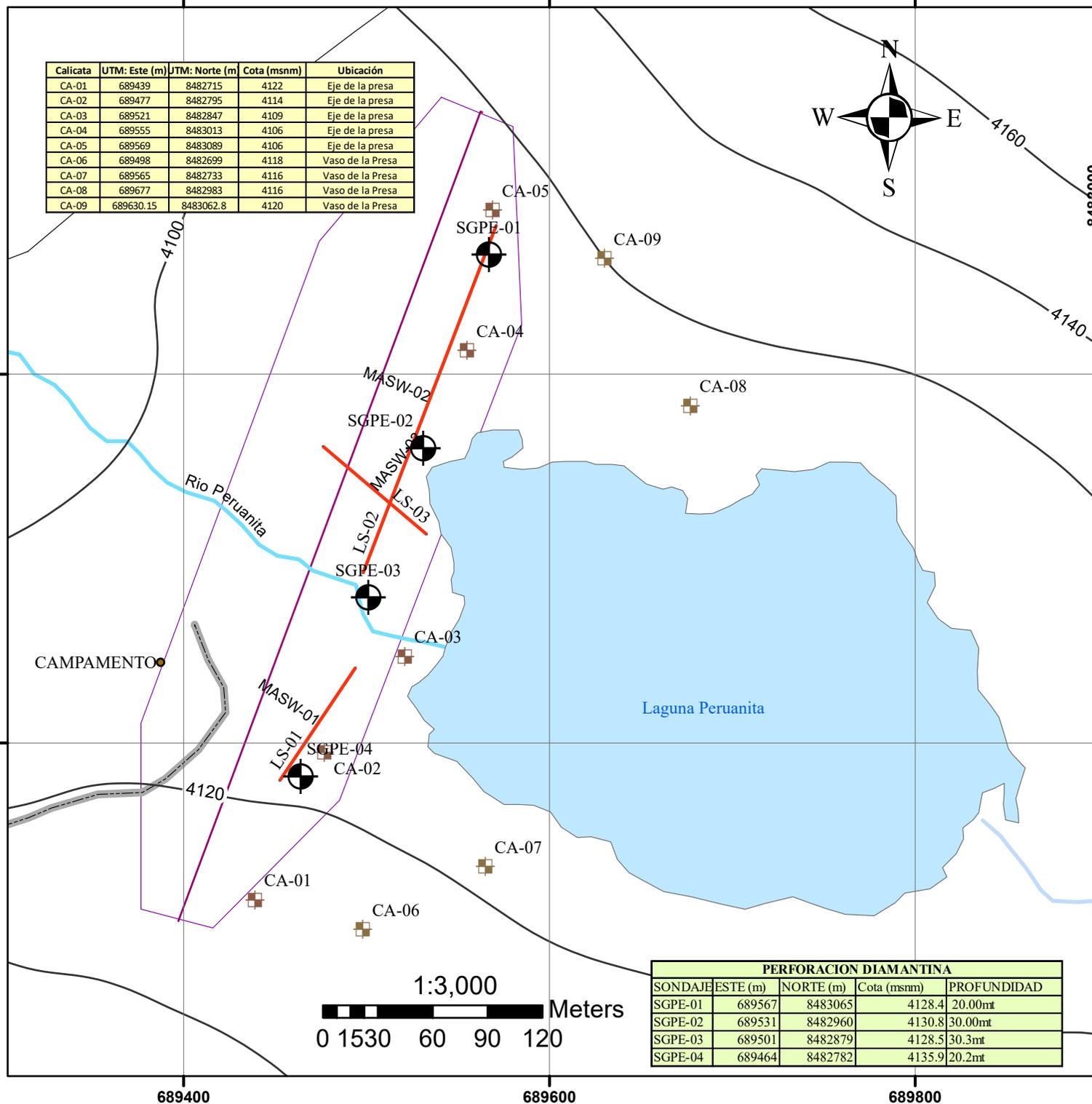
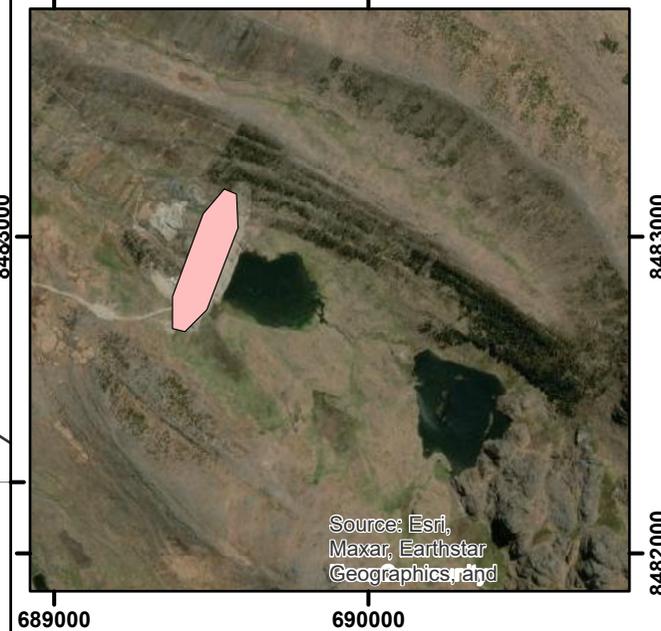
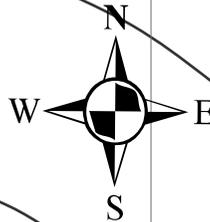
Los estratos que subyacen al material orgánico son suelos arenolimosas SM en donde los espesores en la parte intermedia SGPE-02 y SGPE-03 disminuyen su espesor y hacia los flancos de los valles aumentan su espesor en 7 a 8 metros de espesor

En el base de la perforación en la profundidad de 30.2 m presentan suelos grava limosos con intercalaciones en forma de lentes de suelos arenolimosos SM (SGPE-02) mantiene la continuidad lateral de disposición de estratos.

Figura 61 Correlación estratigráfica a partir de las perforaciones diamantinas

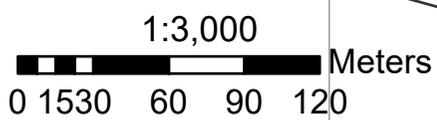


| Calicata | UTM: Este (m) | UTM: Norte (m) | Cota (msnm) | Ubicación |
|----------|---------------|----------------|-------------|------------------|
| CA-01 | 689439 | 8482715 | 4122 | Eje de la presa |
| CA-02 | 689477 | 8482795 | 4114 | Eje de la presa |
| CA-03 | 689521 | 8482847 | 4109 | Eje de la presa |
| CA-04 | 689555 | 8483013 | 4106 | Eje de la presa |
| CA-05 | 689569 | 8483089 | 4106 | Eje de la presa |
| CA-06 | 689498 | 8482699 | 4118 | Vaso de la Presa |
| CA-07 | 689565 | 8482733 | 4116 | Vaso de la Presa |
| CA-08 | 689677 | 8482983 | 4116 | Vaso de la Presa |
| CA-09 | 689630.15 | 8483062.8 | 4120 | Vaso de la Presa |



| ENSAYO DE REFRACCION SISMICA Y MASW | | | | |
|-------------------------------------|-----------|----------|-----------|---------------|
| MASW | Prof. (m) | Este (m) | Norte (m) | Distancia (m) |
| MASW-01 | 30 | 689462 | 8482797 | 75 |
| MASW-02 | 30 | 689511 | 8482925 | 225 |
| MASW-03 | 30 | 689505 | 8482937 | 75 |

| SIMBOLOGIA | |
|------------|-------------------------|
| | Sondajes de Perforacion |
| | Calicatas |
| | Lenia Sismica |
| | Curvas de Nivel |
| | Trocha Carrosable |
| | Eje de la Presa |
| | Campamento |
| | Rio Peruanita |
| | Lagunas |



| PERFORACION DIAMANTINA | | | | |
|------------------------|----------|-----------|-------------|-------------|
| SONDAJE | ESTE (m) | NORTE (m) | Cota (msnm) | PROFUNDIDAD |
| SGPE-01 | 689567 | 8483065 | 4128.4 | 20.00mt |
| SGPE-02 | 689531 | 8482960 | 4130.8 | 30.00mt |
| SGPE-03 | 689501 | 8482879 | 4128.5 | 30.3mt |
| SGPE-04 | 689464 | 8482782 | 4135.9 | 20.2mt |

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
 FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA MINAS Y METALURGICA
 ESCUELA PROFECIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA

ESTUDIO GEOLOGICO GEOTECNICO PARA LA CONSTRUCCION DE LA PRESA DE TIERRA PERUANITA DEL DISTRITO DE SAN JERONIMO ANDAHUAYLAS APURIMAC

MAPA DE EXPLORACION GEOTECNICA GEOFISICA

| | | |
|--|-----------------------|-------------------|
| BACH. VICTORIANO QUISPE TIRAHUMA | DATUM WGS84 ZONA 18L | MAPA 09 |
| BACH. ELMER QUISPE QUISPE | FECHA: ABRIL DEL 2025 | |
| ASESOR: MGT. EDISON SANTIAGO MATTOS OJEDA | ESCALA: ENDICADA | |

5.2.3. Caracterización Fisicomecánica del Suelo

Para la caracterización Fisicomecánica del suelo, los estudios requeridos (eje y vaso de la presa) son realizados de las muestras obtenidas de las diferentes calicatas y de las muestras recuperadas de perforación diamantina, bajo las normas de la American Society For Testing Materials (A.S.T.M.) y normas de Ministerio de Transportes y Comunicaciones (N.T.P.). Donde los ensayos requeridos para el proyecto son realizados en laboratorio de mecánica de suelos HKCONSTRUCTORES E.I.R.L. (Figura 62).

Figura 62 Ensayos de mecánica de suelos en el laboratorio



Tabla 23 Características Fisicomecánica del suelo

| GRANULOMETRIA | | LIMITES DE CONSISTENCIA (%) | | | | SUCS | |
|---------------|-----------|-----------------------------|-----------|----------------|-----------------|------------------|----|
| CODIGO | GRAVA (%) | ARENAS (%) | FINOS (%) | LIMITE LIQUIDO | LIMITE PLASTICO | INDICE DE PLAST. | |
| CA-02 | 29.7 | 47.8 | 22.5 | N. P | N.P | N.P | SM |
| CA-04 | 39.3 | 45.2 | 15.5 | N.P | N.P | N. P | SM |

Tabla 24 Características físicas del suelo

| CALICATA | HUMEDAD (%) | DENSIDAD NATURAL (gr/cm ³) | DENSIDAD SECA (gr/cm ³) | GRAVEDAD ESPECIFICA |
|----------|-------------|--|-------------------------------------|---------------------|
| CA-1 | 12.03 | 2.37 | 2.116 | - |
| CA-2 | 11.70 | 2.392 | 2.142 | 2.71 |
| CA-3 | 11.47 | 2.374 | 2.129 | 2.68 |
| CA-4 | 11.54 | 2.26 | 2.026 | 2.70 |

Tabla 25 Características Fisicomecánica del suelo

| MUESTRA | GRANOLOMETRIA (%) | | | | | PLASTISIDAD (%) | | | HU M. (%) | CLAS. DE SUELOS | |
|---------|-------------------|-------------|-----------|-----------|-----------|-----------------|--------|--------|-----------|-----------------|------------------------------|
| | UBICACION | PROF. (m) | GRAVA (%) | ARENA (%) | FINOS (%) | LL (%) | LP (%) | IP (%) | | SUCS | NOMBRE |
| SONDAJE | | | | | | | | | | | |
| SGPE-01 | Flanco Derecho | 13.30-13.60 | 62.9 | 19.4 | 17.8 | 16.9 | 12.2 | 4.7 | 4.32 | GC-GM | Gravalimoarcillosa con arena |
| SGPE-01 | Flanco Derecho | 17.9-18.8 | 75.7 | 14.0 | 10.3 | 19.6 | 18.5 | 1.1 | 3.47 | GP-GM | Grava mal gradada con limo |
| SGPE-02 | Fondo de valle | 17.10-17.60 | 1.4 | 5.9 | 92.7 | 22.0 | 18.9 | 3.1 | 12.80 | ML | Limo |
| SGPE-02 | Fondo de valle | 23.60-24.80 | 55.1 | 22 | 23 | 13.9 | 11.6 | 2.3 | 4.43 | GM | Grava limosa con arena |
| SGPE-03 | Fondo de valle | 9.90-10.40 | 42.3 | 20.5 | 37.2 | 15.6 | 13.1 | 2.4 | 7.91 | GM | Grava limosa con arena |
| SGPE-03 | Fondo de valle | 19.20-19.70 | 55.2 | 22.1 | 21.7 | 14.7 | 11.6 | 3.1 | 3.62 | GM | Grava limosa con arena |
| SGPE-04 | Flanco izquierdo | 16.20-17.30 | 56.3 | 16 | 27.7 | 18.1 | 14.5 | 3.6 | 5.35 | GM | Grava limosa con arena |

Nota. caracterización de las muestras recuperadas de la perforación diamantina en el eje de la presa, fuente: Ingeotecom Geotecnia y Concreto

Tabla 26 Características Fisicomecánica del suelo en el vaso

| PROSPECCION | GRANULOMETRIA | | | | | LIMITES DE CONSISTENCIA (%) | | | SUCS |
|-------------|-----------------|-----------|------------|-----------|----------------|-----------------------------|------------------|----|------|
| | COD. DE MUESTRA | GRAVA (%) | ARENAS (%) | FINOS (%) | LIMITE LIQUIDO | LIMITE PLASTICO | INDICE DE PLAST. | | |
| CA-06 | M-01 | 13.92 | 47.44 | 38.65 | N.P | N.P | N.P | SM | |

| | | | | | | | | |
|-------|------|-------|-------|-------|-----|-----|-----|----|
| CA-07 | M-02 | 13.92 | 47.44 | 38.65 | N.P | N.P | N.P | SM |
| CA-08 | M-03 | 13.98 | 48.59 | 37.43 | N.P | N.P | N.P | SM |
| CA-09 | M-04 | 14.84 | 47.72 | 37.44 | N.P | N.P | N.P | SM |

Nota. Ensayos realizados en las calicatas con las muestras alteradas para la clasificación del suelo.

5.3. PROSPECCIÓN GEOTÉCNICA INDIRECTA

5.3.1. Refracción sísmica

5.3.1.1. Disposición de las líneas sísmicas de refracción

Se efectuaron 03 líneas de refracción sísmica ubicados en el eje de Presa Peruanita, su distribución es como sigue en la Tabla 27. Y el registro del ensayo se muestra en los anexos

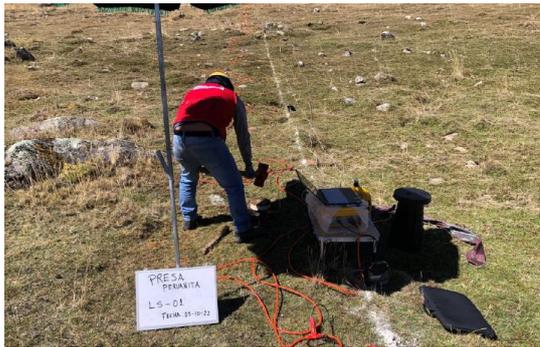
Tabla 27 Disposición de las líneas sísmicas de refracción

| Línea sísmica | UTM: inicio | | UTM: final | | Longitud (m) |
|---------------|-------------|-----------|------------|-----------|--------------|
| | Este (m) | Norte (m) | Este (m) | Norte (m) | |
| LS-01 | 689452 | 8482779 | 689494 | 8482840 | 75 |
| LS-02 | 689498 | 8482892 | 689571 | 8483081 | 210 |
| LS-03 | 689533 | 8482913 | 689476 | 8482961 | 75 |

5.3.1.2. Procedimiento e instrumentación

Para el estudio del presente trabajo de investigación se ejecutó un total de 03 líneas de refracción sísmica, distribuidos en el área del eje de la presa. Cada cual se realizó sobre un área topográfica llana, instalando los sensores en forma alineada recta separado cada 2 metros de un total de 24 geófonos.

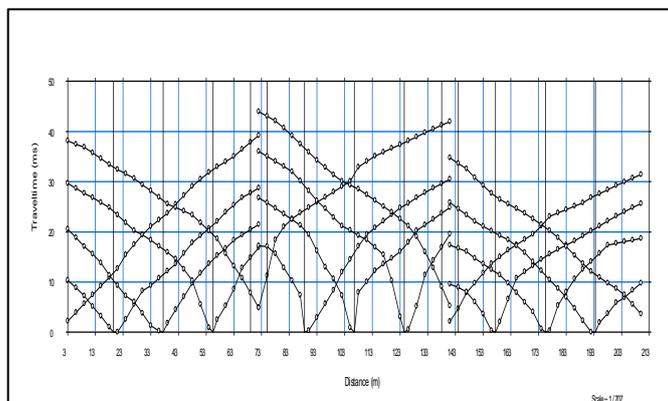
Figura 63 Vista de la ejecución de la línea sísmica 01



5.3.1.3. Procesamiento de datos

En el ensayo de refracción sísmica se determina la medición de los tiempos de arribo de las ondas generadas desde una fuente hacia un sensor o geófono. El tiempo de arribo de las ondas se calculó mediante el software Pickwin, procediendo a elaborar las gráficas tiempo vs distancia, llamadas también curvas dromocrónicas (ver Figura 62).

Figura 64 Curva Dromocrónica de la sección LS-01.



5.3.1.4. Interpretación de resultados

5.3.2.5.1. Perfil de LS-01, (estribo izquierdo)

Tabla 28 Caracterización geofísica según las velocidades V_p

| DESCRIPCIÓN | V_p (m/s) |
|--------------------------------------|-------------|
| Suelo de cobertura | < 1000 |
| Roca muy alterada o aluvión compacta | 1000 – 2000 |
| Roca alterada o aluvión muy compacta | 2000 – 4000 |

| | |
|--------------------|-------------|
| Roca poco alterada | 4000 – 5000 |
| Roca firme | > 5000 |

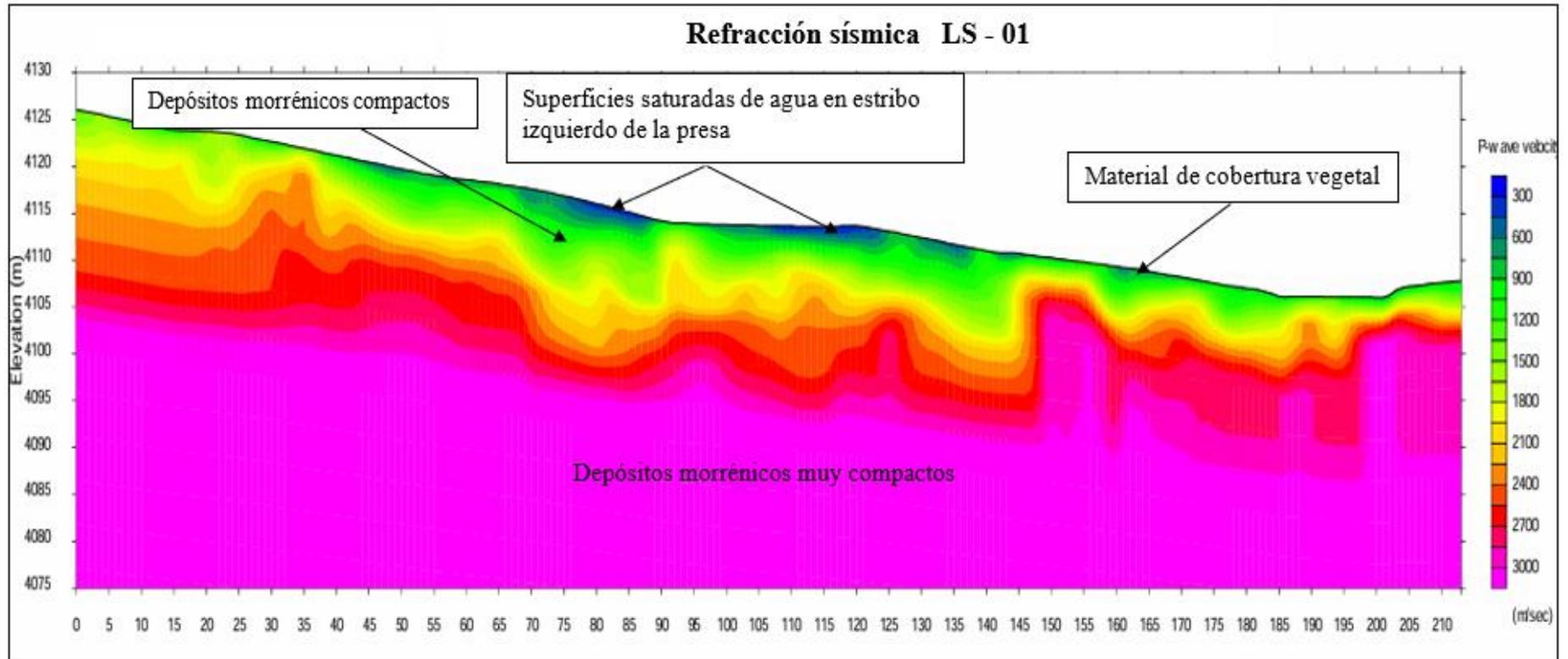
Nota. fuente Arce Helberg (1990).

Tabla 29 Resumen de los resultados de las líneas sísmicas

| Línea sísmica | Estrato sísmico | Vp [m/s] | Profundidad (m) | Descripción |
|----------------------------|-----------------|-----------|-----------------|---------------------------------|
| LS-01 (estribo izquierdo) | 1 | < 1000 | 0-5.30 | Suelo de cobertura vegetal |
| | 2 | 1000-2000 | 5.30-15 | Depósito morrénico compacto |
| | 3 | >2000 | > 15 | Deposito morrénico muy compacto |
| LS-02 (parte central) | 1 | < 1000 | 0 - 2 | Suelo de cobertura vegetal |
| | 2 | 1000-2000 | 02 - 08 | Deposito morrénico compacto |
| | 3 | >2000 | > 8 | Deposito morrénico muy compacto |
| LS-03 perpendic. Eje | 1 | < 1000 | 0 - 2 | Suelo de cobertura vegetal |
| | 2 | 1000-2000 | 02 - 08 | Deposito morrénico compacto |
| | 3 | >2000 | >8 | Deposito morrénico muy compacto |

Nota. En la tabla se observa presencia de tres capas de suelo con velocidades Vp diferentes.

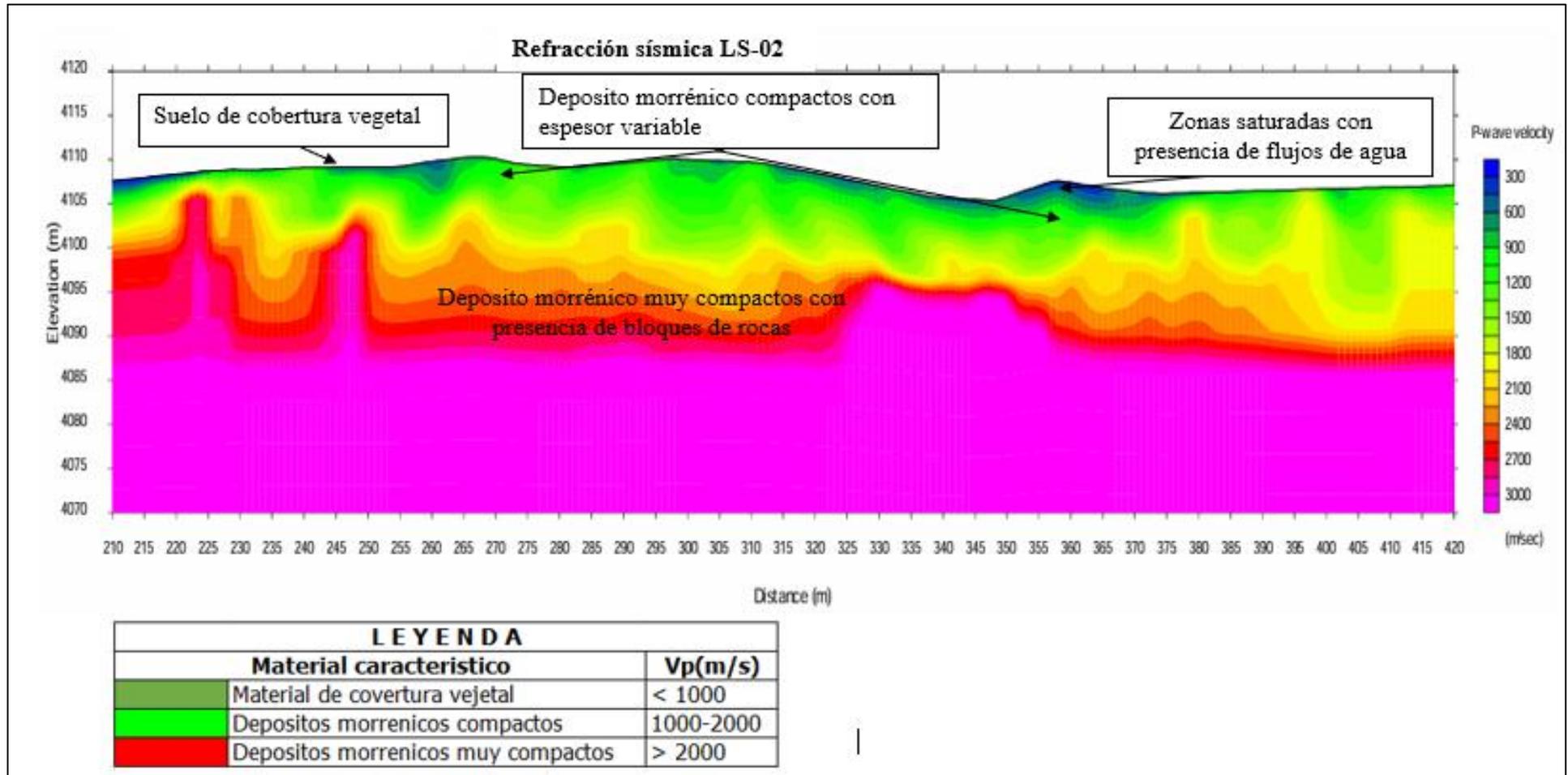
Figura 65 Sección de refracción sísmica LS-01 en el estribo izquierdo de la presa



| LEYENDA | | |
|---------|------------------------------------|-----------|
| | Material característico | Vp(m/s) |
| | Material de cobertura vegetal | < 1000 |
| | Depositos morrenicos compactos | 1000-2000 |
| | Depositos morrenicos muy compactos | > 2000 |

Nota. fuente elaboración propia

Figura 66 Sección de refracción sísmica LS-02 en la parte central e estribo derecho de la presa



Nota. Los estratos de suelos se presentan de forma sinuosa por la presencia de bloques de roca i heterogeneidad de los estratos

5.3.2. Prospección MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves)

5.3.2.1. Ubicación de los ensayos MASW

Se efectuaron 03 ensayos de MASW ubicados en el eje de Presa Peruanita teniendo las siguientes coordenadas UTM como se muestra en la Tabla 30.

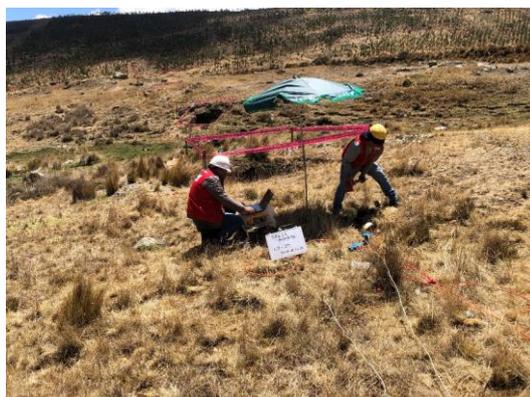
Tabla 30 *Ubicación de los ensayos MASW*

| MASW-ID | Prof. (m) | Este (m) | Norte (m) | Distancia (m) |
|---------|-----------|----------|-----------|---------------|
| MASW-01 | 30 | 689462 | 8482797 | 75 |
| MASW-02 | 30 | 689511 | 8482925 | 75 |
| MASW-03 | 30 | 689505 | 8482937 | 75 |

5.3.2.2. Procedimiento y procesamiento de datos

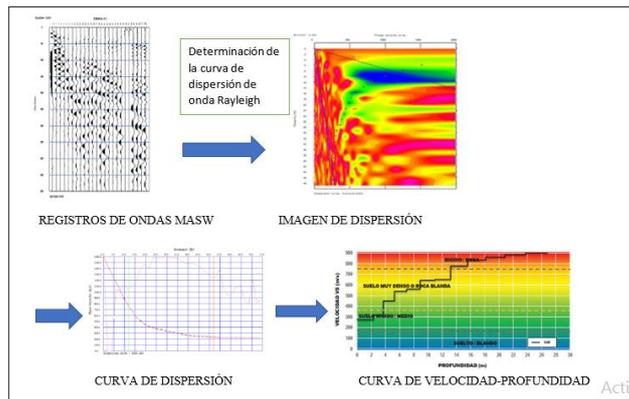
Para la adquisición de datos del terreno en estudio primero definiremos el eje del sondaje sísmico, seguidamente se procede con la instalación de los geófonos de 4.5Hz con una distancia de separación entre geófonos de 3 m. Seguido de ello una onda es generada mediante un impacto con un martillo o comba al extremo de la línea de sondaje y la amplitud del movimiento de las ondas resultantes es registrado como una función del tiempo en cada geófono, este procedimiento se realiza en cada ensayo de forma repetitiva, tal como se ilustra en la Figura 67.

Figura 67 *Vista trabajos de campo ensayos geofísicos MASW*



Mediante la utilización del software seismager son procesadas los diferentes datos obtenidos durante el ensayo, en donde el procedimiento se divide en tres principales pasos: adquisición de datos, análisis de dispersión y por último análisis de inversión (ver Figura 68). Los registros del MASW se pueden verificar en los anexos.

Figura 68 Diagrama de análisis y modelado por el método MASW



Nota. Fuente: H, Arce

5.3.2.3. Resultado e interpretaciones de las mediciones

La exploración de análisis multicanal de ondas superficiales Multichannel Analysis of Surface Waves MASW, se caracterizó utilizando como referencia la clasificación Sísmica ASCE 2010-AASHTO 2014 y NORMA TÉCNICA E.030 diseño sismorresistente presentando los tipos de suelos en los siguientes ensayos, el cual presenta velocidades $180 < V_s < 360$ que abarca desde 0 hasta 3 metros de profundidad, infiriéndose como un *suelo rígido*. Seguidamente, desde los 3 hasta los 30.0 metros se encuentra materiales con velocidades de $360 < V_s < 760$ infiriéndose como un *suelo muy denso*.

Figura 69 valores para distintos tipos perfiles de suelo

| CARACTERISTICAS DE LOS PERFILES DE SUELOS | | |
|---|---------------------------|-----------------------------------|
| PERFIL TIPO | CARACTERISTICAS | Vs |
| S ₀ | Roca Dura | > 1500 m/s |
| S ₁ | Roca o Suelos Muy Rígidos | 500 m/s - 1500 m/s |
| S ₂ | Suelos Intermedios | 180 m/s - 500 m/s |
| S ₃ | Suelos Blandos | < 180 m/s |
| S ₄ | Condiciones Excepcionales | Suelos excepcionalmente flexibles |

Fuente: norma técnica E.030 diseño sismorresistente

Figura 70 clasificación sísmica de suelos según la ASCE 2010 E IBC 2009

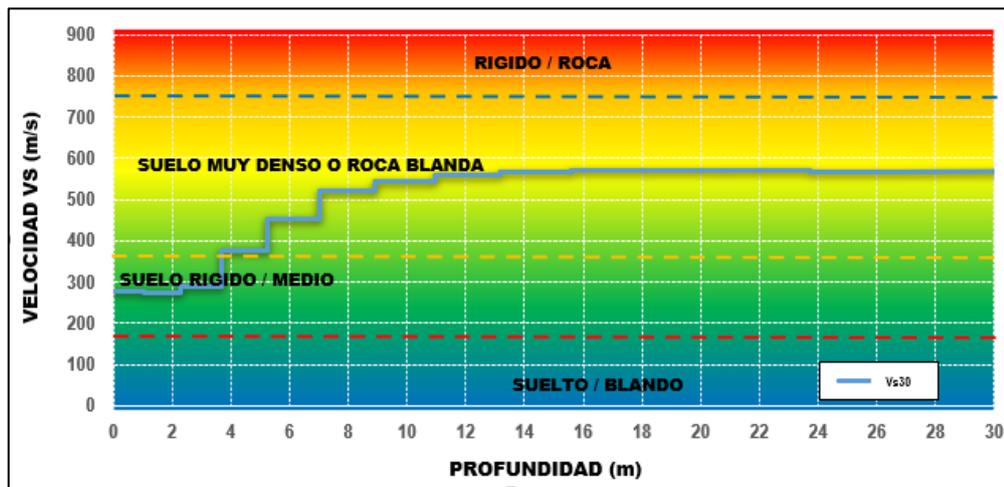
| Tipo de Suelo | Descripción | Vs30 (m/s) | Resistencia a la penetración estándar SPT (N*) |
|---------------|-------------------------------|-------------|--|
| A | Roca muy dura | Vs>1500 | N/A |
| B | Roca | 760<Vs<1500 | N/A |
| C | Roca blanda o suelo muy denso | 360<Vs<760 | N>50 |
| D | Suelo rígido | 180<Vs<360 | 15≤N≤50 |
| E | Suelo blando | Vs<180 | N<15 |

Fuente: IBC 2009: Internacional Building

MASW- LS-01

La exploración MASW-01, se caracterizó utilizando como referencia la y la norma técnica E030 el cual presenta velocidades $180 < V_s < 360$, infiriéndose como un SUELO RIGIDO, abarca desde 0 hasta 4.40 metros de profundidad. Seguidamente, desde los 4.40 hasta los 30.0 metros se encuentra materiales con velocidades de $360 < V_s < 760$ infiriéndose como un SUELO MUY DENSO.

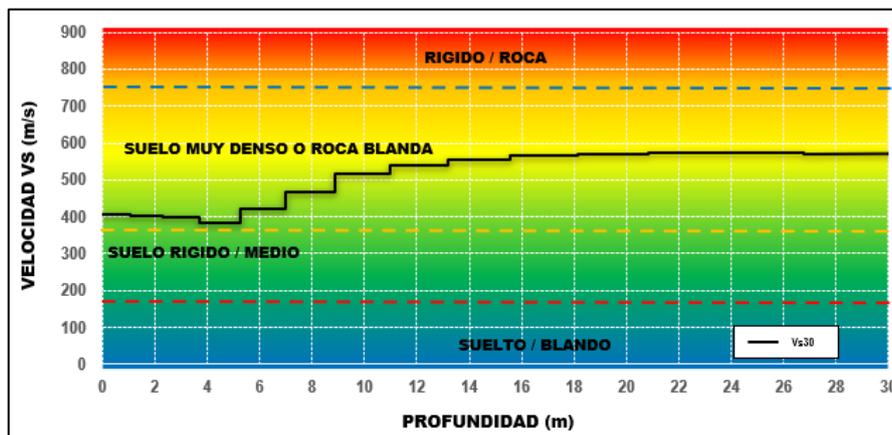
Figura 71 Perfil de velocidades de Vs generadas en el ensayo MASW01



MASW- LS-02

La exploración MASW-02, presenta velocidades de $360 < V_s < 760$ infiriéndose como un SUELO MUY DENSO., abarca desde 0 hasta 30.0 metros de profundidad.

Figura 72 Perfil de velocidades de Vs generadas en el ensayo MASW02



MASW- LS-03

La exploración MASW-03, presenta velocidades $180 < V_s < 360$, infiriéndose como un SUELO RIGIDO, abarca desde 0 hasta 3.00 metros de profundidad. Seguidamente, desde los 3.00 hasta los 30.0 metros se encuentra materiales con velocidades de $360 < V_s < 760$ infiriéndose como un SUELO MUY DENSO.

Figura 73 Perfil de velocidades de Vs generadas en el ensayo MASW03

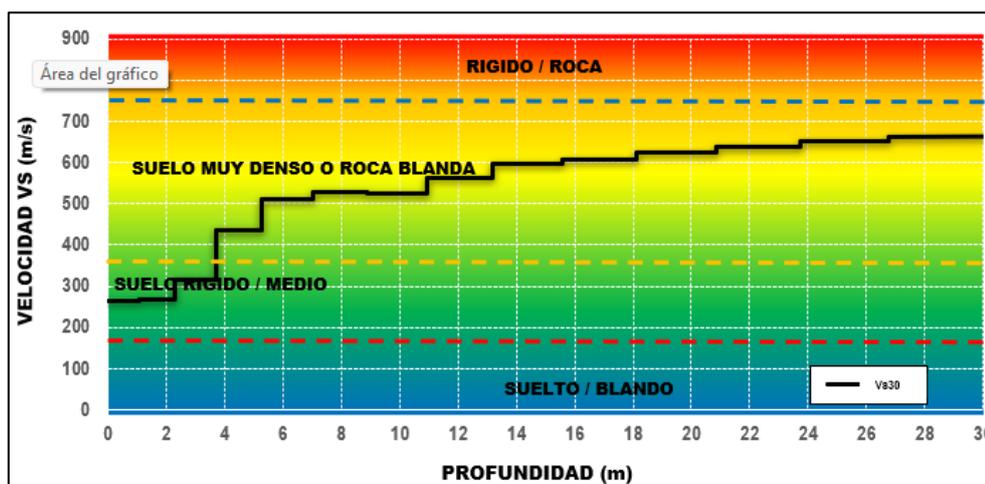


Tabla 31 Resumen de los resultados del sondeo MASW

| MASW- | Prof. (m) | Vs30(m/s) | ASCE 2010 | Norma E030 |
|-----------|-----------|-----------|-------------------|---------------------|
| 1D | | | | |
| MASW-01 | 0- 4.30 | 293.8 | D suelo rígido | S2 suelo intermedio |
| | 4.30 - 30 | 540.2 | C Suelo muy denso | S1 suelo muy rígido |
| MASW-02 | 0- 30 | 537.3 | C Suelo muy denso | S1 Suelo muy rígido |
| MASW-03 | 0 - 3 | 282.1 | D suelo rígido | S2 suelo intermedio |
| | 3 - 30 | 578 | C suelo muy denso | S1 suelo muy rígido |

5.3.2.4. Parámetros de la elasticidad del suelo

Los valores de las ondas compresionales o primarias V_p se obtienen mediante ensayos de refracción sísmica y los valores de las ondas cortantes o secundarias V_s lo obtenemos mediante ensayos de análisis multicanal de ondas superficiales MASW, éstas velocidades sísmicas dependen de las propiedades elásticas del suelo que aumentan su valor con la profundidad dividido por el incremento de presión.

Mediante la determinación de las velocidades V_p y V_s podemos obtener valores de parámetros elásticos de los diferentes estratos que se presentan en el sub suelo del eje de la presa Peruanita módulo de elasticidad (E), coeficiente de Poisson (ν) y módulo de rigidez (G).

Tabla 32 *Parámetros elásticos calculados en MASW-01*

| Prof. (m) | Constantes Elásticas Dinámicas | | | | | |
|-----------|--------------------------------|----------------------|---------------------------|------|---------|---------|
| | V _p (m/s) | V _s (m/s) | Y (g/cm ³) | ν | E (Mpa) | G (Mpa) |
| 1.1 | 450 | 277.2 | 1.82 | 0.19 | 33.358 | 14.016 |
| 2.3 | 500 | 273.1 | 1.83 | 0.29 | 35.269 | 13.670 |
| 3.0 | 600 | 290.5 | 1.86 | 0.35 | 42.471 | 15.730 |
| 4.4 | 630 | 334.5 | 1.87 | 0.30 | 54.548 | 20.980 |
| 5.2 | 700 | 378.6 | 1.89 | 0.29 | 69.709 | 27.019 |
| 6.0 | 850 | 453.7 | 1.90 | 0.30 | 101.774 | 39.144 |
| 7.7 | 1046 | 522.9 | 1.90 | 0.33 | 138.331 | 52.004 |
| 8.6 | 1200 | 522.9 | 1.90 | 0.38 | 143.531 | 52.004 |
| 9.6 | 1290 | 542.7 | 1.90 | 0.39 | 155.711 | 56.011 |
| 10.6 | 1400 | 542.7 | 1.90 | 0.41 | 157.951 | 56.011 |
| 11.6 | 1440 | 558.1 | 1.90 | 0.41 | 167.071 | 59.245 |
| 15.0 | 2000 | 567.6 | 1.90 | 0.46 | 178.900 | 61.267 |
| 16.1 | 2150 | 571.6 | 1.90 | 0.46 | 181.460 | 62.144 |
| 17.4 | 2600 | 571.6 | 1.90 | 0.47 | 182.703 | 62.144 |
| 19.9 | 2800 | 571.8 | 1.90 | 0.48 | 184.094 | 62.194 |
| 21.2 | 2850 | 569.9 | 1.90 | 0.48 | 182.887 | 61.786 |
| 26.9 | 3100 | 565.4 | 1.90 | 0.48 | 180.004 | 60.812 |
| 28.4 | 3150 | 571.8 | 1.90 | 0.48 | 184.094 | 62.194 |
| 30.0 | 3155 | 518.1 | 1.92 | 0.49 | 153.497 | 51.509 |

Tabla 33 *Parámetros elásticos calculados en MASW-02*

| Prof. (m) | Constantes Elásticas Dinámicas | | | | | |
|-----------|--------------------------------|----------------------|------------------------|------|---------|---------|
| | V _p (m/s) | V _s (m/s) | Y (g/cm ³) | ν | E (Mpa) | G (Mpa) |
| 1.1 | 300 | 406.2 | 1.87 | 1.60 | 160.082 | 30.785 |
| 2.3 | 600 | 404.2 | 1.87 | 0.08 | 65.886 | 30.503 |
| 3.0 | 650 | 398.8 | 1.87 | 0.20 | 71.244 | 29.685 |
| 4.4 | 680 | 391.5 | 1.87 | 0.25 | 71.788 | 28.715 |
| 6.0 | 950 | 422.9 | 1.89 | 0.38 | 93.398 | 33.840 |
| 7.7 | 1046 | 468.2 | 1.90 | 0.37 | 114.253 | 41.698 |
| 8.6 | 1200 | 468.2 | 1.90 | 0.41 | 117.588 | 41.698 |
| 10.6 | 1400 | 517.9 | 1.90 | 0.42 | 144.905 | 51.023 |
| 15.0 | 2000 | 556.0 | 1.90 | 0.46 | 171.711 | 58.805 |
| 16.1 | 2150 | 566.6 | 1.90 | 0.46 | 178.330 | 61.072 |
| 19.9 | 2800 | 571.5 | 1.90 | 0.48 | 183.905 | 62.130 |
| 21.2 | 2850 | 572.5 | 1.90 | 0.48 | 184.577 | 62.357 |
| 24.0 | 3000 | 571.7 | 1.90 | 0.48 | 184.011 | 62.166 |
| 26.9 | 3100 | 570.3 | 1.90 | 0.48 | 183.153 | 61.876 |
| 28.4 | 3150 | 572.5 | 1.90 | 0.48 | 184.577 | 62.357 |
| 30.0 | 3155 | 572.5 | 1.90 | 0.48 | 184.349 | 62.280 |

Tabla 34 *Parámetros elásticos calculados en MASW-03*

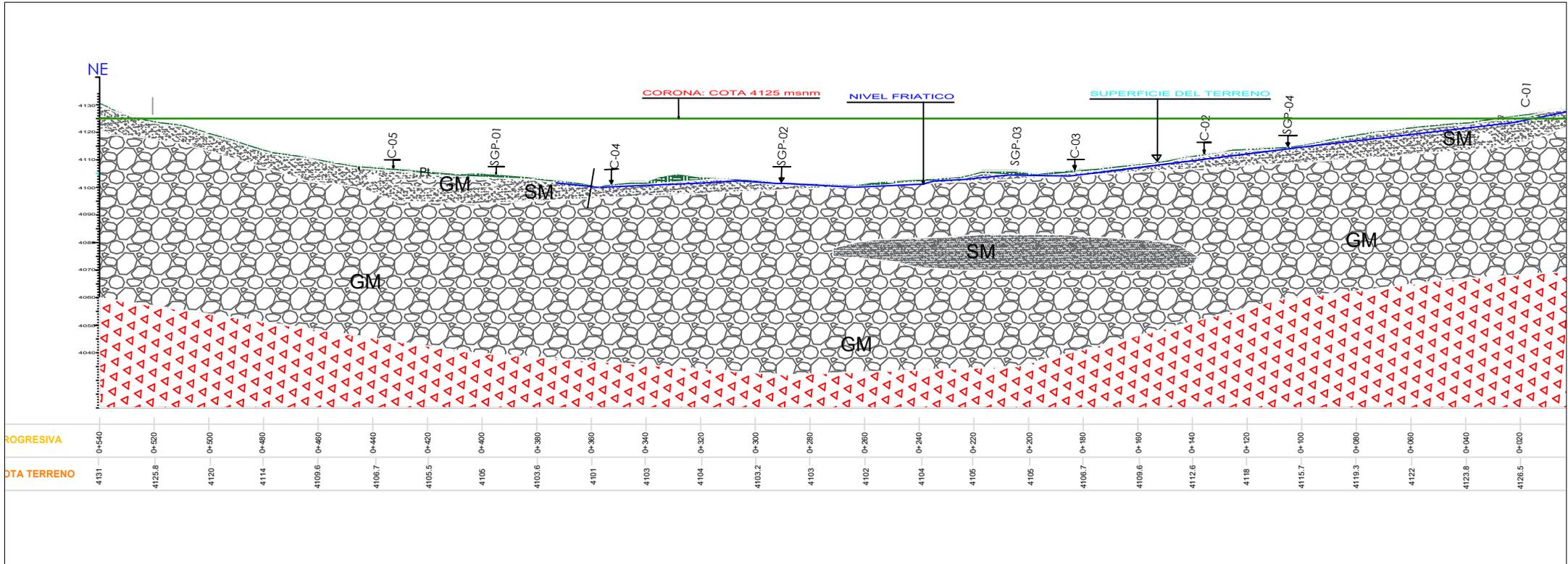
| Prof. (m) | Constantes Elásticas Dinámicas | | | | | E (Mpa) | G (Mpa) |
|-----------|--------------------------------|----------------------|------------------------|------|---------|---------|---------|
| | V _p (m/s) | V _s (m/s) | Y (g/cm ³) | v | | | |
| 1.1 | 500 | 262.9 | 1.83 | 0.31 | 33.088 | 12.629 | |
| 2.3 | 600 | 266.8 | 1.84 | 0.38 | 36.145 | 13.096 | |
| 3.0 | 650 | 316.5 | 1.87 | 0.34 | 50.274 | 18.759 | |
| 4.4 | 680 | 375.2 | 1.88 | 0.28 | 67.878 | 26.515 | |
| 5.2 | 800 | 433.9 | 1.89 | 0.29 | 92.013 | 35.664 | |
| 6.0 | 950 | 510.4 | 1.90 | 0.30 | 128.830 | 49.550 | |
| 7.7 | 1046 | 529.2 | 1.90 | 0.33 | 141.807 | 53.311 | |
| 8.6 | 1200 | 529.2 | 1.90 | 0.38 | 147.138 | 53.311 | |
| 10.6 | 1400 | 525.2 | 1.92 | 0.42 | 150.262 | 52.909 | |
| 12.7 | 1700 | 562.9 | 1.93 | 0.44 | 176.017 | 61.117 | |
| 13.8 | 1750 | 598.1 | 1.93 | 0.43 | 197.326 | 68.995 | |
| 15.0 | 2000 | 598.1 | 1.93 | 0.45 | 200.086 | 68.995 | |
| 16.1 | 2150 | 608.2 | 1.93 | 0.46 | 208.327 | 71.345 | |
| 19.9 | 2800 | 622.4 | 1.93 | 0.47 | 219.706 | 74.730 | |
| 21.2 | 2850 | 637.4 | 1.93 | 0.47 | 230.384 | 78.362 | |
| 22.6 | 2900 | 637.4 | 1.93 | 0.47 | 230.384 | 78.362 | |
| 24.0 | 3000 | 651.1 | 1.93 | 0.48 | 242.060 | 81.777 | |
| 25.5 | 3045 | 651.1 | 1.93 | 0.48 | 242.060 | 81.777 | |
| 26.9 | 3100 | 662.8 | 1.93 | 0.48 | 250.830 | 84.740 | |
| 28.4 | 3150 | 666.5 | 1.93 | 0.48 | 253.607 | 85.678 | |
| 30.0 | 3155 | 666.5 | 1.93 | 0.48 | 253.755 | 85.728 | |

5.4. CONDICIONES GEOTÉCNICAS PARA CIMENTACIÓN DE LA PRESA

5.4.1. Perfil geológico estratigráfico del eje de cimentación

Con las exploraciones directas e indirectas se ha llegado a construir un perfil geológico estratigráfico de los materiales que se halla en el eje (dique) de la presa.

Como se aprecia el perfil geológico del estribo izquierdo y derecho del dique Peruanita, respectivamente, En los primeros estratos comprendidos desde 0.00m hasta 1.00m se encuentran suelos orgánicos de consistencia débil esponjoso denominado top soil, sobre este estrato orgánico subyacen suelos de tipo areno limoso (SM) con presencia de lentes de gravas, hasta una profundidad de 10m y desde la profundidad de 10m predominan suelos grava limosa(GM) en algunas partes teniendo lentes de suelos arenolimosa (SM) de consistencia firme con presencia de bolones y bloques de rocas sub redondeadas de color gris. Según estudios geofísicos realizados menciona la continuidad de estos materiales hasta una profundidad de promedio aproximado 70-80 m, a partir de ello encontrándose el basamento rocoso.



| SONDAJE | COORDENADAS UTM | | COTA (msnm) | PROFUNDIDAD (m) |
|---------|-----------------|-----------|-------------|-----------------|
| | Este (m) | Norte (m) | | |
| SGPE-01 | 689567 | 8483065 | 4128.4 | 20 |
| SGPE-02 | 689531 | 8482960 | 4130.8 | 30 |
| SGPE-03 | 689501 | 8482879 | 4128.5 | 30.3 |
| SGPE-04 | 689464 | 8482782 | 4135.9 | 20.2 |

| CALICATA | UTM: Este (m) | UTM: Norte (m) | COTA (msnm) |
|----------|---------------|----------------|-------------|
| CA-01 | 689439 | 8482715 | 4122 |
| CA-02 | 689477 | 8482795 | 4114 |
| CA-03 | 689521 | 8482847 | 4109 |
| CA-04 | 689555 | 8483013 | 4106 |
| CA-05 | 689569 | 8483089 | 4106 |

LEYENDA

- Suelo Organigo Pt
- Suelo Arenolimoso SM
- Suelo Gravalimoso GM
- Sustrato Rocoso Grandiorita

TESIS: ESTUDIO GEOLOGICO GEOTÉCNICO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA PRESA DE TIERRA PERUANITA DEL DESTRITO DE SAN JERONIMO ANDAHUAYLAS-APURIMAC

PLANO:
PERFIL ESTRATIGRAFICO

UBICACION
Región: APURIMAC
Provincia: ANDAHUAYLAS
Distrito: SAN JERONIMO

ESCALA:
1:2000
FECHA:
JUNIO-2024

ASESOR
Mgt. EDISON SANTIAGO MATTOS OJEDA
TESISTAS:
BACH. VICTORIANO QUISPE TIRAHUMA
BACH. ELMER QUISPE QUISPE

PLANO
10

5.4.2. Ensayos complementarios para cimentación

5.4.2.1. Ensayo de corte directo

Para el ensayo de corte directo la muestra utilizada es Arena limosa, de color gris verdoso, muestra inalterada, en estado semicompacto, las características del espécimen ensayado se muestran en la siguiente Tabla 35.

Tabla 35 Resultados de corte directo

| Calicata | Ángulo de rozamiento interno | Cohesión Kg/cm ² |
|----------|------------------------------|-----------------------------|
| C-2 | 33.66° | 0.095 |
| C-3 | 32.66° | 0.16 |
| C-4 | 32.60° | 0.165 |

5.4.3. Capacidad de carga admisible

Para determinar la capacidad portante admisible del suelo (Tabla 66) se utilizó un factor de seguridad de 3, realizados en las calicatas C-02, C-03 y C-04, ubicados en el eje de la presa. Los parámetros de la resistencia (cohesión y ángulo de fricción) son obtenidos mediante el ensayo de corte directo a través de las muestras inalteradas obtenidas de las calicatas.

Para el cálculo de capacidad portante se utilizó la fórmula de Meyerhof, es necesario considerar el tipo de falla que es “Local”, los factores de capacidad de carga se determinan con el ángulo de fricción interna reducido, calculado mediante la aplicación de la fórmula siguiente:

$$\phi'_{reducido} = \text{Arc Tang} (2/3 \text{Tang} (\phi))$$

Se debe precisar que el Angulo de fricción interna para falla local es un Angulo teórico reducido a partir del Angulo de fricción interna real y que trata de representar matemáticamente el mecanismo de falla de la estructura en dicha condición, mediante los valores de los factores de capacidad de carga.

$$q_u = c' N_c F_{cs} F_{cd} F_{ci} + q N_q F_{qs} F_{qd} F_{qi} + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma F_{\gamma s} F_{\gamma d} F_{\gamma i}$$

Tabla 36 Resultados de factores de capacidad de carga para cimentación

| Calicata | | | C-2 | C-3 | C-4 |
|---|----------|--------------------|--------|--------|--------|
| Profundidad de Cimentación Mínima (m) | | | 3.5 | 3.5 | 3.5 |
| Peso específico (KN/m ³) | | | 23.422 | 23.226 | 22.148 |
| Angulo de fricción interna (°) | | | 33.66 | 32.66 | 34.6 |
| Angulo de fricción interna reducido (°) | | | 23.89 | 23.12 | 24.65 |
| Cohesión (KN/m ²) | | | 9.5462 | 16.213 | 16.555 |
| Factor de Seguridad (FS) | | | 3 | 3 | 3 |
| Capacidad de carga admisible. | Meyerhof | MPa | 0.342 | 0.372 | 0.360 |
| | | Kg/cm ² | 3.498 | 3.802 | 3.679 |

5.4.4. Tipo de cimentación planteada

Para la presa peruanita, que tiene una capacidad admisible del terreno promedio es de 3.6 kg/cm² de acuerdo a Meyerhof, se plantea una cimentación superficial corrida sobre deposito morrénicos, constituido por arenalimosa (SM) y gravas limosas (GM). Donde el nivel de desplante del dique de represamiento se cimentará a una profundidad de 3.5 m en todo el eje de la presa.

5.5 Seguridad del suelo de cimentación de la presa

5.5.1 Asentamientos Inmediatos elásticos

En el presente ítem se analiza el asentamiento del suelo de fundación sometidos a esfuerzos dichos asentamientos que podrían causar daños en cualquier estructura sometiendo al colapso.

Para el presente estudio se ha realizado cálculos de asentamiento en las tres calicatas C-02, C-03, C-04 tomando en cuenta para una cimentación flexible para una profundidad de desplante de 3.5 metros.

$$S_e = q_o(\alpha B') \frac{1 - \mu_s^2}{E_s} I_s I_f$$

q_o = presión neta aplicada

μ = coeficiente de Poisson

E_s = módulo de elasticidad del suelo

B' = $B/2$ para el centro de la cimentación

I_s = factor de forma

Tabla 37 *Calculo de asentamiento elástico realizadas para las calicatas*

| Calicata | C-2 | C-3 | C-4 |
|--|------------|-------------|-------------|
| Presión neta aplicada (Mpa) | 0.276 | 0.315 | 0.364 |
| coeficiente de Poisson | 0.30 | 0.30 | 0.32 |
| módulo de elasticidad del suelo (Mpa) | 107.91 | 105.5 | 105.3 |
| $B/2$ para el centro de la cimentación | 1 | 1 | 1 |
| factor de forma | 0.429 | 0.502 | 0.510 |
| Asentamiento inmediato (mm) | 2.9 | 4.26 | 4.28 |

5.5.2 Ensayo de tubificación (pinhole test)

Para realizar el ensayo de pinhole se siguieron los lineamientos establecidos según la norma Americana ASTM D4647 utilizando muestras inalteradas de suelo de fundación de la presa obtenidas de las calicatas C-02 y C-04, ensayadas en el laboratorio que consiste en hacer circular flujos de agua por medio de un orificio de 1mm de diámetro perforado en las muestras inalteradas a diferentes cargas hidráulicas de 50mm,180mm y finalmente 380mm, teniendo los siguientes resultados.

Tabla 38 ensayo de pinole realizado en C-02

| Tiempo (min) | Carga hidráulica(mm) | Caudal (ml/seg) | turbidez del agua | Diámetro final agujero (mm) |
|---------------------|-----------------------------|------------------------|-------------------------------|------------------------------------|
| 10 | 50 | 0.391 | Claro | |
| 5 | 180 | 1.177 | Ligeramente turbio | 3 |
| 5 | 380 | 2.739 | Moderadamente turbio a oscuro | |

Tabla 39 Ensayo de Pinhole realizado en C-04

| Tiempo (min) | Carga hidráulica(mm) | Caudal (ml/seg) | turbidez del agua | Diámetro final agujero (mm) |
|---------------------|-----------------------------|------------------------|-------------------------------|------------------------------------|
| 10 | 50 | 0.377 | Claro a escasamente turbio | 3.5 |
| 5 | 180 | 1.266 | Ligeramente turbio | |
| 5 | 380 | 2.925 | Oscuro a moderadamente turbio | |

las cabezas de presión de 50mm y 180 mm no arrojaron caudales con grados de turbidez suficientemente oscuros por lo cual, fue necesario incrementar la cabeza de presión hasta 380mm de altura, donde se observó un aumento en el grado de turbidez de caudales y se presentaron flujos volumétricos entre 2.7 y 2.9 ml/s

Figura 74 criterios para la aplicación de carga y clasificación del tipo de suelo

| Dispersive Classification ^a | Head, mm | Test time for given head, min. | Final flow rate through specimen, mL/s | Cloudiness of flow at end of test | | Hole size after test, mm |
|--|----------|--------------------------------|--|-----------------------------------|------------------------------|--------------------------|
| | | | | from side | from top | |
| D1 | 50 | 5 | 1.0–1.4 | dark | very dark | ≥2.0 |
| D2 | 50 | 10 | 1.0–1.4 | moderately dark | dark | >1.5 |
| ND4 | 50 | 10 | 0.8–1.0 | slightly dark | moderately dark | ≤1.5 |
| ND3 | 180 | 5 | 1.4–2.7 | barely visible | slightly dark | ≈1.5 |
| | 380 | 5 | 1.8–3.2 | | | |
| ND2 | 1020 | 5 | >3.0 | clear | barely | <1.5 |
| ND1 | 1020 | 5 | ≤3.0 | perfectly clear | perfectly clear | 1.0 |
| Method B | | | | | | |
| D | 50 | 10 | ... | slightly dark to dark | very dark to moderately dark | ≥1.5 |
| SD | 180–380 | 5 | ... | barely visible | slightly dark | ≈1.5 |
| ND | 380 | 5 | ... | clear | barely visible to clear | <1.5 |

Nota. Fuente: pinhole test ASTM-D4647

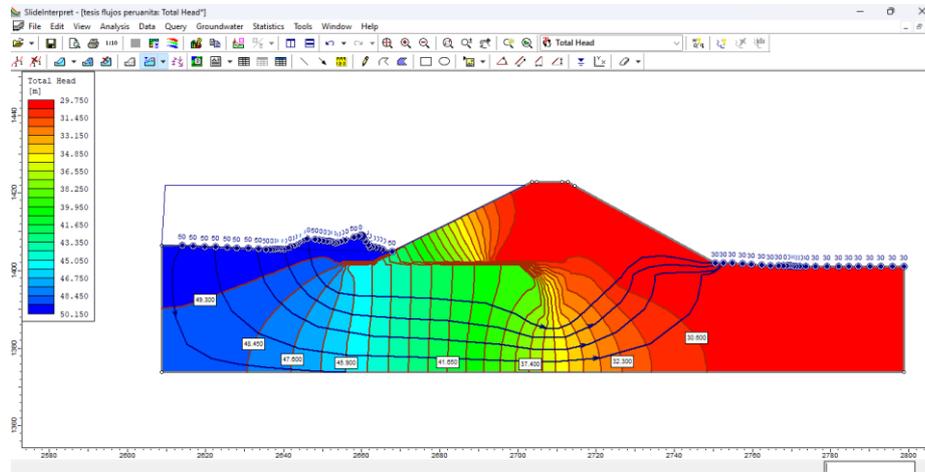
Según la figura muestra resultados obtenidos a un suelo que corresponde a la caracterización de ligeramente dispersivo (ND3).

5.5.3. Análisis de flujo de agua en el eje de la presa

Para el cálculo de flujo de agua en el eje de la presa se utilizó el software slide 7.0 que utiliza como datos de entrada el nivel de operación de la presa, geometría de la presa, permeabilidad del terreno de fundación.

Posteriormente utilizando la ley de Darcy mediante redes de flujo (líneas de corriente y líneas equipotenciales) se calculará el caudal de filtración que atraviesa por todo el eje de la presa desde el embalse hacia lado aguas abajo, la tasa de filtración por unidad de longitud en toda la sección vertical del terreno de fundación de la cimentación de la presa peruanita. En la Figura 74 se tiene el resultado simulado de las redes de flujo en el dique considerando en condiciones de operación en la presa.

Figura 75 líneas de flujo y equipotenciales en el eje de la presa



Nota. Fuente: elaboración propia

$$Q = K(\text{m}^t/\text{seg}) * \Delta H(\text{m}) * \frac{N_f}{N_d}$$

Donde:

- Q = caudal de filtración ($\text{m}^3/\text{seg}/\text{m}$)
- K = coeficiente de permeabilidad (m/seg)
- H = diferencia de altura (m)
- N_f = número de canales de flujo
- N_d = número de caídas de potencial

Para el siguiente cálculo matemático la permeabilidad se utilizará la unidad en metros por segundo

$$Q = 2.40 \times 10^{-6} \text{ m}/\text{seg} * 20 \text{ m} * \frac{05}{24}$$

$$Q = 0.00001 \text{ m}^3/\text{seg} / \text{m}$$

El caudal que pasa por filtración por el eje de la presa teniendo como longitud de 499.52 metros es:

$$Q = 0.00001 \text{ m}^3/\text{seg} * 492$$

$$Q = 0.00499 \text{ m}^3/\text{seg}$$

$$Q = 4.995 \text{ litros}/\text{seg}$$

5.5.4. Análisis de estabilidad de la presa

La estabilidad de los taludes del dique de la presa fue analizada mediante el modelo slide 6.0. Este programa permite modelar la estabilidad de taludes en dos dimensiones empleando los principios de equilibrio límite. Se determinó el factor de seguridad mediante el método desarrollado por Spencer en 1967, el cual se basa en la suposición de que las fuerzas entre dovelas son paralelas las unas con las otras, que tienen el mismo ángulo de inclinación.

Para el análisis se consideró evaluar la estabilidad del dique de la presa bajo condiciones de carga estática considerando embalse vacío (final de la construcción), embalse lleno (operación) y la condición sísmica mediante el análisis pseudo-estático de estabilidad de los taludes, considerando los escenarios de final de la construcción y operación normal de la presa para lo cual se hace el uso de mapa de zonificación sísmica de la E030 (0.32g en la zona).

Figura 76 análisis de estabilidad condición presa vacía

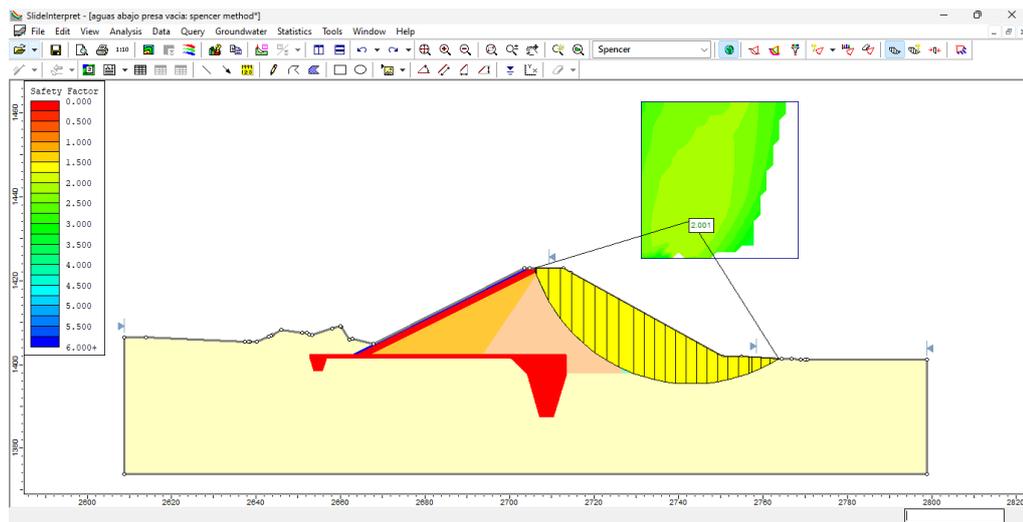


Figura 77 análisis de estabilidad condición de funcionamiento

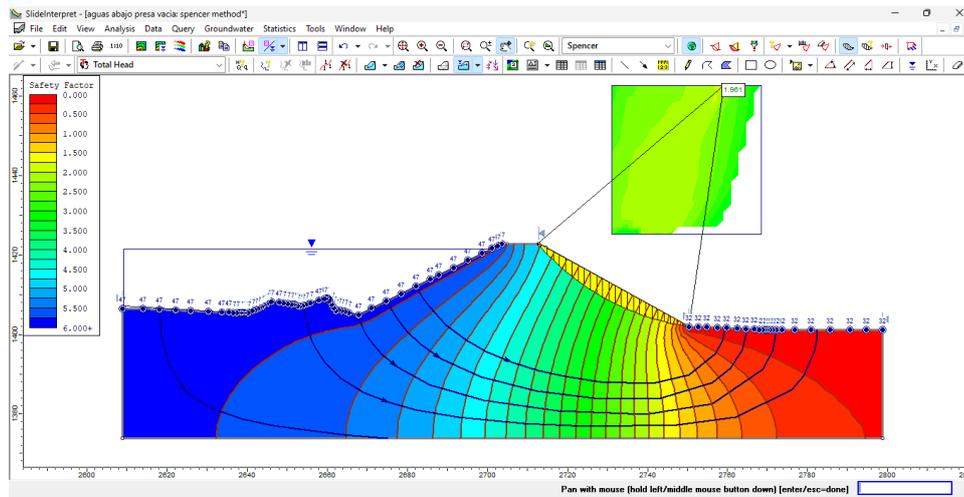


Tabla 40 resultade de análisis de estabilidad de la presa

| TALUD | CONDICIÓN | FACTOR DE SEGURIDAD | |
|--------------|--------------------------|---------------------|-----------------|
| | | ESTÁTICO | PSEUDO ESTATICO |
| Aguas arriba | Final de la construcción | 2.037 | - |
| Aguas abajo | Final de la construcción | 2.001 | - |
| Aguas abajo | Estado de operación | 1.962 | 1.513 |

Para calcular el factor de seguridad se toma en cuenta los datos de entrada como la geometría de la presa parámetros de resistencia del suelo como peso unitario, cohesión y Angulo de fricción interna en donde para garantizar la estabilidad de la presa deben cumplir valores requeridos mínimo en condiciones estáticas es de 1.5 y en condición sísmica 1.1 según Spencer, en donde los valores obtenidos en nuestro estudio superan dichos valores requeridos.

5.5.5. Descripción de las estructuras de la presa

La presa es de tierra con núcleo impermeable con un volumen total acumulado de 2508920.330 metros cúbicos hasta la cota 4126 msnm considerado como la corona de la presa teniendo una altura de presa de 24 m con respecto al cauce, con taludes de 2.5:1 aguas arriba de la presa y 2:1 a 3.5:1 aguas abajo.

De acuerdo a los análisis realizados, las principales características del embalse y que afectan al diseño de la presa, como se aprecia en el plano de diseño de la presa en sección son las siguientes:

5.5.5.1 Ancho de la corona

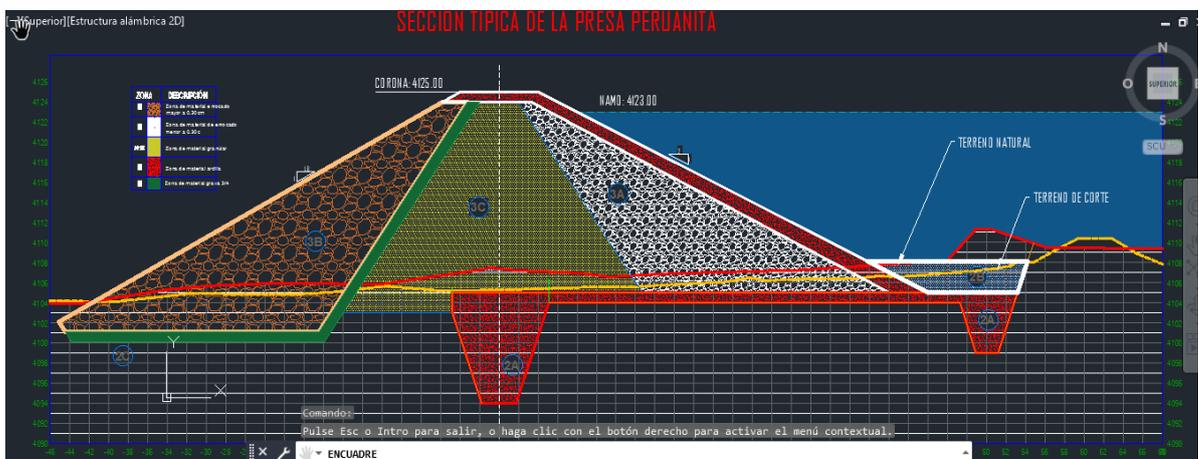
Para la presa peruanita el ancho de la corona es de 8.00 metros de longitud para dar mayor seguridad y estabilidad con una longitud de la corona de 492m, según las bibliografías consultadas sugieren para la construcción de presa de tierra utilizar la formula empírica siguiente:

$$W = Z / 5 + 3$$

W: ancho de la corona (m)

Z: altura de la presa desde el punto más bajo(m)

Figura 78 Sección tipo de cálculo para la situación de presa



5.5.5.2 Altura de la presa (H)

La presa Peruanita tendrá como altura máxima de 24 metros considerado desde el cauce del río, la parte más baja a lo largo del eje de la presa ubicado a 4102.5 msnm hasta la corona de la presa ubicado a 4126.31 msnm

5.5.5.3. Espaldones de presa

De acuerdo al diseño de zonificación realizado del cuerpo de presa hay dos zonas aguas arriba y aguas abajo del núcleo que están ocupados por morrenas compactadas tomadas directamente de los préstamos Sector Peruanita Margen Izquierda, estratos de gravas y arenas con limos, de manera que no se prevé ningún cribado u operación industrial de tratamiento sobre dichos préstamos, más allá de las operaciones de compactación en el cuerpo de presa.

El talud de aguas arriba se construirá con un pendiente de 2H: 1V y el talud de aguas abajo con un pendiente de 1.8H: 1V. De acuerdo a los ensayos de laboratorio que 'prospectaron estos materiales, la permeabilidad de las morrenas naturales compactadas en el cuerpo de presa ha podido valorarse en el entorno de los 10^{-4} cm/s. De acuerdo a la zonificación realizada de la presa, estos materiales se encuentran dentro del cuerpo de presa, inmediatamente aguas arriba y aguas abajo de los filtros y drenes del núcleo arcilloso.

5.5.5.4. Núcleo

El material del núcleo procederá de la cantera de arcillas ubicado a 3 km de la presa los materiales procedentes de los préstamos identificados, con lo que se tendrá un material con una adecuada granulometría fina. la caracterización de las propiedades hidráulicas con un coeficiente de permeabilidad de 1.10^{-6} cm/s cuya función es reducir

al mínimo el paso del agua desde el embalse hacia el interior del cuerpo de la presa, evitando filtraciones excesivas que comprometan la estabilidad estructural.

Protección con Geotextil de 400 kg/m² con alta resistencia alta densidad, utilizado principalmente para funciones de protección para resistir presiones elevadas normalmente.

5.5.5.5. Dentellón de la presa

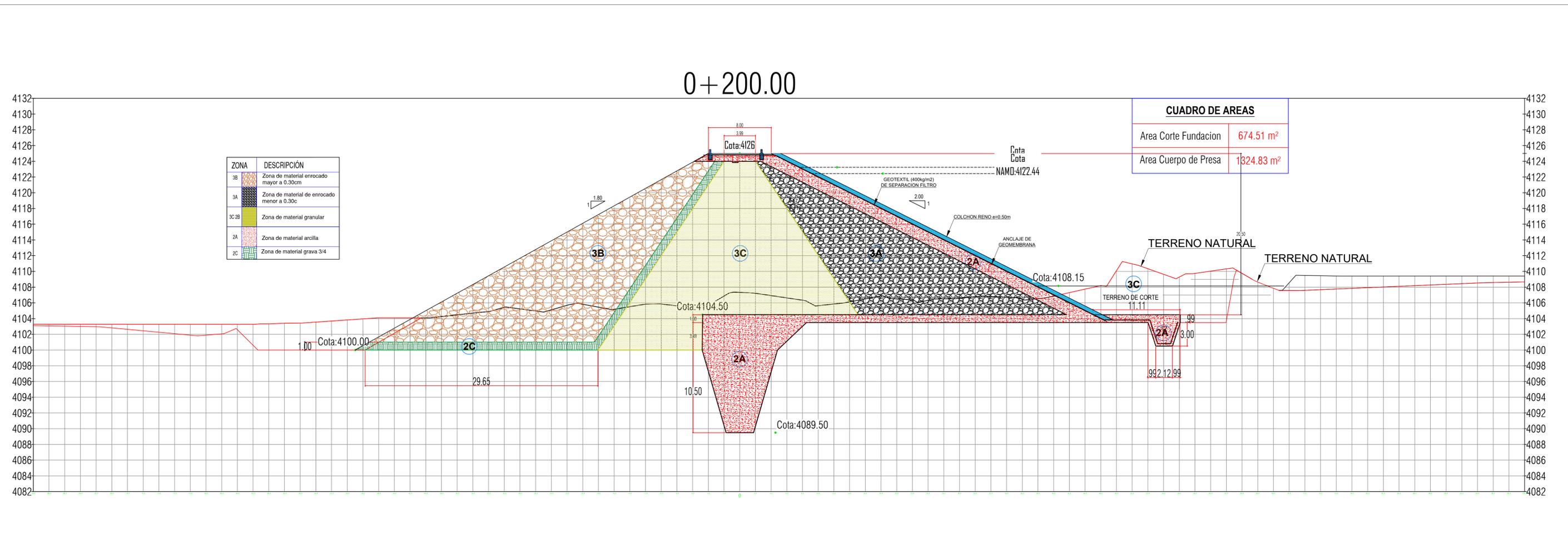
Para la presa de peruanita se ha diseñado con dentellón que está unida al núcleo de la presa con material de cantera de arcillas un suelo SM-SC, según los ensayos de lefranc en las perforaciones diamantinas realizadas en el suelo de fundación solo alcanzaron valores máximos de 9.15E-05 lo cual amerita su diseño con dentellón para una mejora en su funcionamiento.

El dentellón diseñado para la presa peruanita tiene una profundidad de 10.50 metros hasta una cota de 4089 msnm con un ancho en la superficie de 10metros y en la base de 3.50 metros, estas estructuras diseñadas tienen la finalidad de disminuir las líneas de flujo de agua desde el vaso hacia el exterior para almacenar mayor volumen de agua así mismo una reducción de presiones de poros para mantener a lo largo de su vida útil su estabilidad.

Figura 79 *excavación en la parte central para el dentellón.*



SECCION TIPICA PRESA PERUANITA
ESC: 1/250



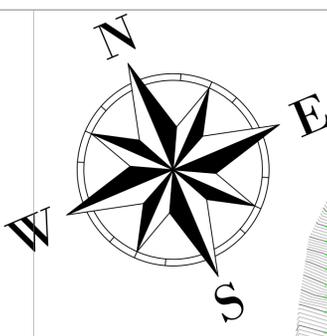
| ZONA | DESCRIPCIÓN |
|-------|--|
| 3B | Zona de material enrocado mayor a 0.30cm |
| 3A | Zona de material de enrocado menor a 0.30c |
| 3C 2B | Zona de material granular |
| 2A | Zona de material arcilla |
| 2C | Zona de material grava 3/4 |

| ZONA | DESCRIPCIÓN |
|-------|--|
| 3B | Zona de material enrocado mayor a 0.30cm |
| 3A | Zona de material de enrocado menor a 0.30c |
| 3C 2B | Zona de material granular |
| 2A | Zona de material arcilla |
| 2C | Zona de material grava 3/4 |

- NOTAS:
- AGUAS ABAJO TALUD VH=1:1.800
 - AGUAS ARRIBA TALUD VH= 1:2.00

| | | | | | |
|---|--|--|---|--|--------------------|
| TESIS: ESTUDIO GEOLOGICO GEOTÉCNICO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA PRESA DE TIERRA PERUANITA DEL DESTRITO DE SAN JERONIMO ANDAHUAYLAS-APURIMAC | PLANO: PLANTA GENERAL PRESA PERUANITA | UBICACION: Región: APURIMAC Provincia: ANDAHUAYLAS Distrito: SAN JERONIMO | ESCALA: INDICADA FECHA: ABRIL 2025 | ASESOR: Mgt. EDISON SANTIAGO MATTOS OJEDA TESISISTAS: BACH. VICTORIANO QUISPE TIRAHUMA BACH. ELMER QUISPE QUISPE | PLANO 12 |
|---|--|--|---|--|--------------------|

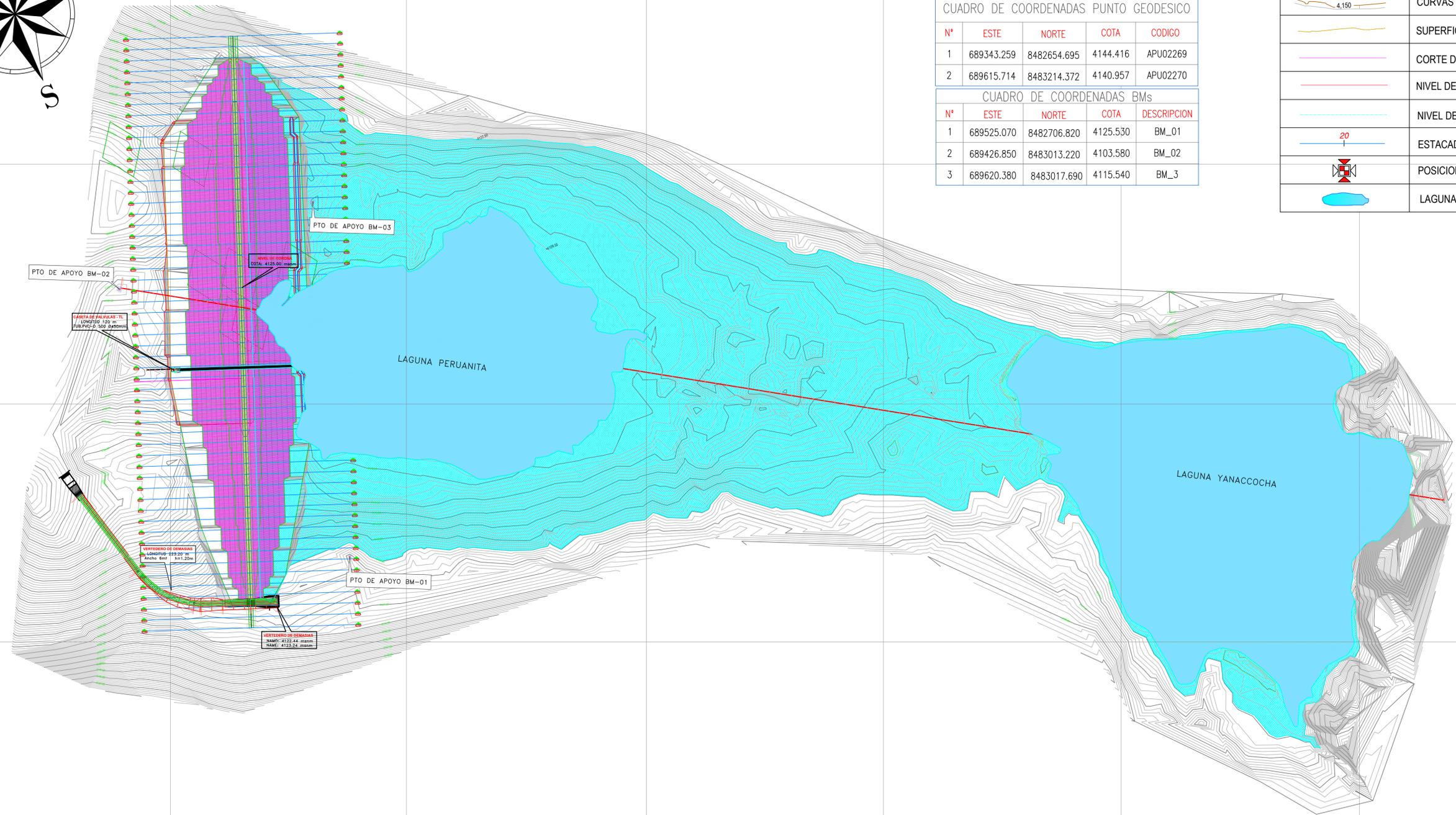
689400.000 689600.000 689800.000 690000.000 690200.000 690400.000 690600.000 690800.000



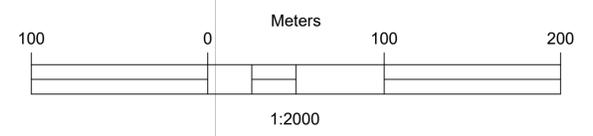
| CUADRO DE COORDENADAS PUNTO GEODESICO | | | | |
|---------------------------------------|------------|-------------|----------|----------|
| N° | ESTE | NORTE | COTA | CODIGO |
| 1 | 689343.259 | 8482654.695 | 4144.416 | APU02269 |
| 2 | 689615.714 | 8483214.372 | 4140.957 | APU02270 |

| CUADRO DE COORDENADAS BMs | | | | |
|---------------------------|------------|-------------|----------|-------------|
| N° | ESTE | NORTE | COTA | DESCRIPCION |
| 1 | 689525.070 | 8482706.820 | 4125.530 | BM_01 |
| 2 | 689426.850 | 8483013.220 | 4103.580 | BM_02 |
| 3 | 689620.380 | 8483017.690 | 4115.540 | BM_3 |

| LEYENDA | |
|---------|----------------------------------|
| | CURVAS DE NIVEL DE LA TOPOGRAFIA |
| | SUPERFICIE DE TERRENO NATURAL |
| | CORTE DE TERRENO ACTUAL |
| | NIVEL DE FUNDACION PROYECTADO |
| | NIVEL DE CORONA |
| | ESTACADO @ 20m |
| | POSICION DE BMs |
| | LAGUNA ECOLOGICA |



PLANO PLANTA
ESC:1/2000



689000.000 689200.000 689400.000 689600.000 689800.000 690000.000 690200.000 690400.000

TESIS: ESTUDIO GEOLOGICO GEOTECNICO PARA LA CONSTRUCCION DE LA PRESA DE TIERRA PERUANITA DEL DESTRITO DE SAN JERONIMO ANDAHUAYLAS-APURIMAC

PLANO:
PLANTA GENERAL
PRESA PERUANITA

UBICACION:
Región: APURIMAC
Provincia: ANDAHUAYLAS
Distrito: SAN JERONIMO

ESCALA:
INDICADA
FECHA:
JUNIO- 2024

ASESOR:
Mgt. EDISON SANTIAGO MATTOS OJEDA
TESISTAS:
BACH. VICTORIANO QUISPE TIRAHUMA
BACH. ELMER QUISPE QUISPE

PLANO
13

5.6. EVALUACIÓN DE CANTERA

Para el presente proyecto de la construcción de la presa se utilizarán materiales de cantera de dos tipos: suelos y rocas. La cantera de suelos corresponde a materiales cuaternarios recientes de depósitos morrénicos; en tanto que la cantera de rocas corresponde a afloramientos ígneos cercanos. Es así que se efectuaron 10 calicatas en la cantera de suelos con contenidos de finos (Tabla 40); de los cuales 7 se encuentran cercanos al eje de la Presa (Cantera Peruanita) y 3 se encuentran en el km 03+000 (Cantera km 03+000).

Tabla 41. *Ubicación UTM de las calicatas de exploración para cantera de finos*

| Calicata | UTM: Este (m) | UTM: Norte (m) | Denominación |
|-----------------|----------------------|-----------------------|---------------------|
| CF-01 | 689470 | 8483089 | Cantera Peruanita |
| CF-02 | 689444 | 8483062 | Cantera Peruanita |
| CF-03 | 689365 | 8483121 | Cantera Peruanita |
| CF-04 | 689327 | 8483058 | Cantera Peruanita |
| CF-05 | 689372 | 8483017 | Cantera Peruanita |
| CF-06 | 689292 | 8482975 | Cantera Peruanita |
| CF-07 | 689327 | 8482880 | Cantera Peruanita |
| CF-11 | 687829 | 8483633 | Cantera km+3000 |
| CF-12 | 687770 | 8483622 | Cantera km+3000 |
| CF-13 | 687827 | 8483573 | Cantera km+3000 |

Estos materiales de cantera se emplearán dependiendo de su aplicabilidad, ya sea para el espaldón o para el núcleo, como sigue a continuación.

5.6.1. Cantera para espaldones

5.6.1.1. Cantera Peruanita

5.6.1.1.1. Ubicación y accesibilidad

La cantera Peruanita, cuyas coordenadas de ubicación se aprecian en la Tabla 42, se encuentra ubicada a 200 metros muy cercano al eje de la presa en dirección aguas abajo.

Tabla 42 Ubicación de la cantera peruanita.

| Cantera | UTM | | Altitud (msnm) | Perímetro (m) | Área (m ²) |
|-------------------|--------|---------|-------------------|------------------|---------------------------|
| | Este | Norte | | | |
| Cantera Peruanita | 689407 | 8483054 | 4101 | 700 | 30000 |

5.6.1.1.2. Ensayo en laboratorio

a). Clasificación

Asimismo, se ha efectuado clasificación de suelo en cantera peruanita; C-01, C-03, C-05 y C-07. Según los resultados de laboratorio los suelos considerados tienen una composición Arena limosa con grava (ver Tabla 43). El registro y desarrollo completo se muestra en los anexos.

Tabla 43 Resultado de clasificación de suelos de la cantera de finos Peruanita

| Cod. | Prof. (m) | Granulometría y plasticidad | | | | | | Clasificación | Nombre de grupo (ASTM 2016) D-2487 | |
|-------|--------------|-----------------------------|------|------|----|----|----|---------------|------------------------------------|-------------------|
| | | %G | %A | %F | LP | LL | IP | | SUCS | |
| CF-01 | 2.00 | 30.2 | 45.1 | 24.7 | NP | NP | NP | SM | Arena | limosa con grava |
| | 5.00 | | | | | | | | | |
| CF-03 | 2.00 | 36.9 | 44.8 | 18.3 | NP | NP | NP | SM | Arena | limosa con grava |
| | 5.00 | | | | | | | | | |
| CF-05 | 1.00 | 20.4 | 28.7 | 50.9 | NP | NP | NP | ML | Limo | arenoso con grava |
| | 3.50 | | | | | | | | | |
| CF-07 | 2.60 | 25.3 | 42.4 | 32.3 | NP | NP | NP | SM | Arena | limosa con grava |
| | 5.00 | | | | | | | | | |

b). Ensayos triaxial CU– Compactación

El ensayo triaxial CU (consolidado no drenado) se ha efectuado en calicata CF-03, ubicada en la cantera de finos Peruanita (aguas debajo de la presa

Tabla 44 Resultado de la resistencia a compresión triaxial

| COD. | Prof. (m) | Ensayos de resistencia | | Ensayos de compactación | |
|-------|-------------|-------------------------|---------|--------------------------|---------|
| | | C (Kg/cm ²) | Phi (°) | MDS (Tn/m ³) | OCH (%) |
| CF-03 | 2.00 – 5.00 | 0 | 36.4 | 2.259 | 5.1 |

Nota. Fuente: laboratorio de suelos Ingeotecom

La cantera Peruanita presenta una potencia útil de 4 metros que provienen de depósitos fluvio-glaciares constituidos por gravas, arenas y limos. Geotécnicamente son suelos arena limosas (SM), los cuales serán utilizados como material de préstamo para la construcción de espaldones. Estos materiales presentan las siguientes características principales.

- ✓ Perímetro de 700 metros
- ✓ Área de 30000 metros cuadrados
- ✓ Volumen total de 101526.74 metros cúbicos

5.6.1.1.3. Disponibilidad y modo de explotación

La explotación de canteras se deberá de realizarse en épocas de estiaje, en donde se empleará las siguientes maquinarias: tractor oruga y cargador frontal, para desbroce de capas superficiales orgánicas y remoción de materiales, y volquetes para el carguío de materiales que será crucial evitar el contacto con los estratos superficiales que son materiales orgánicos Pt.

5.6.2. Cantera para el núcleo

5.6.2.1. Cantera de finos Km+3000

5.6.2.1.1. Ubicación y accesibilidad

La cantera de finos se encuentra ubicado al noreste del eje de la presa a 3km, cuyas coordenadas se expresan en la Tabla 66. Para poder acceder hacia la cantera existe una trocha carrozable por donde serán transportados los materiales de cantera.

Tabla 45 *Ubicación de cantera de finos para el núcleo de la presa*

| Cantera | UTM | | Altitud (msnm) | Perímetro (m) | Área (m ²) |
|------------------|--------|---------|-------------------|------------------|---------------------------|
| | Este | Norte | | | |
| Cantera Finos | 687809 | 8483608 | 4064 | 400 | 10000 |

5.6.2.1.2. Ensayo de laboratorio

Los ensayos de laboratorio indican las propiedades de los suelos evaluados. Para el caso de esta cantera ubicado a km+3000 los suelos son de composición arena limo arcillosa.

Tabla 46 *Resultado de clasificación de suelos de la cantera de finos km+3000*

| Cod. | Prof. (m) | Granulometría y plasticidad | | | | | | Clasificación | | Nombre de grupo (ASTM 2016) D- 2487 | | |
|-----------|-------------|-----------------------------|------|------|----|------|-----|---------------|---------|---|------|----------------|
| | | %G | %A | %F | LP | LL | IP | SUCS | ASSHTO | | | |
| CF- 11 | 0.80 – 1.50 | 6.5 | 48.8 | 44.7 | 21 | 26.3 | 5.3 | SC- SM | A-4 (0) | Arena | Limo | - Arcillosa |

5.6.2.1.3. Disponibilidad y modo de explotación

La cantera de finos (Figura 102) presenta un potencial útil de 6 metros que provienen de depósitos fluvioglaciares, constituidos por arenas, limos y arcillas. Los cuales geotécnicamente son suelos arena limoarcillosas (SM-SC), los cuales serán utilizados como material de préstamo para la construcción del núcleo de la presa, que presentan las dimensiones.

- ✓ Perímetro 400 metros lineales
- ✓ Área 10000 metros cuadrados
- ✓ Volumen total de 41794.23 metros cúbicos

La explotación de canteras se deberá de realizarse en épocas de estiaje, en donde se empleará las siguientes maquinarias: tractor oruga y cargador frontal para desbroce de capas superficiales orgánicas y remoción de materiales; y volquetes para el carguío de materiales. Lo cual será crucial evitar el contacto con los estratos superficiales que son materiales orgánicos Pt.

Figura 80 *Ejecución de calicatas en cantera de Finos Peruanita*



5.6.2.2. *Cantera de rocas*

5.6.2.2.1. *Ubicación y accesibilidad*

La cantera de rocas se encuentra ubicado en el flanco derecho del eje de la presa Peruanita, cuyas coordenadas de ubicación se muestran en la Tabla 47. Al cual para poder acceder a la cantera de rocas es mediante una trocha carrozable con una distancia de 1.2 km hasta llegar al pie de la cantera.

Tabla 47 *Ubicación UTM de exploración para cantera de rocas*

| Código | UTM: Este (m) | UTM: Norte (m) | Denominación |
|---------------|----------------------|-----------------------|---------------------|
| CR-01 | 688955 | 8482604 | Cantera de Roca |

Figura 81 Ejecución de calicatas en cantera de Roca



5.6.2.2.2. Ensayos de laboratorio

Las muestras de rocas traídas de la cantera de rocas seleccionada fueron sometidos a pruebas de absorción y durabilidad, así como a resistencia de compresión. Los resultados alcanzados se aprecian en la Tabla 48.

Tabla 48 Resultados de los ensayos de muestras de cantera de roca

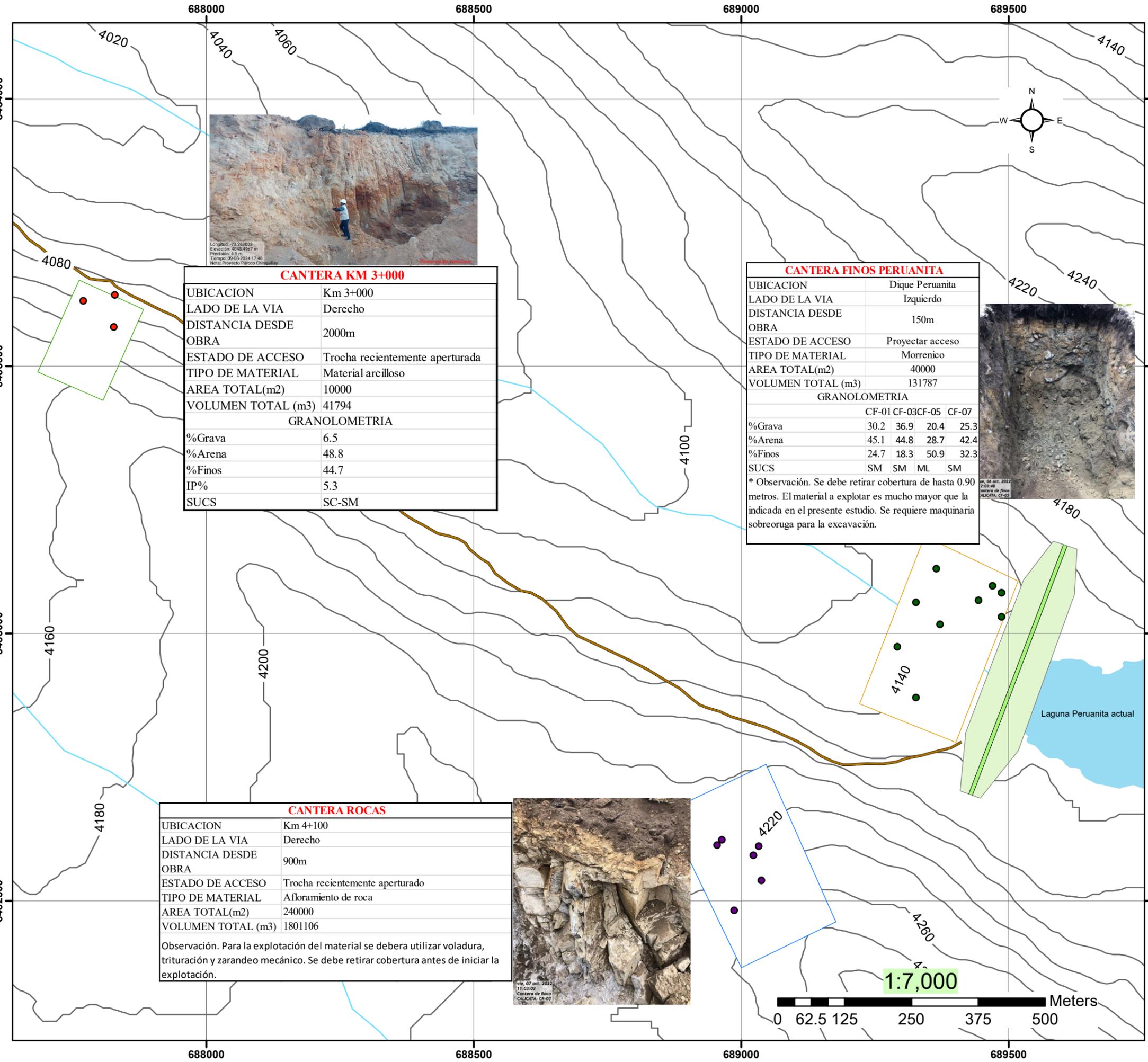
| Ensayo | Valor |
|--|-------|
| Densidad (g/cm ³) | 2.34 |
| Porosidad (%) | 0.1 |
| Absorción (%) | 0.72 |
| Abrasión 698 (%) | 10.02 |
| Resistencia a compresión simple (kg/m ²) | 838.3 |

5.6.2.2.3. Disponibilidad y modo de explotación

Las dimensiones estimadas del área de cantera consideran son las siguientes:

- ✓ Perímetro de 2000 metros lineales
- ✓ Área de 24000 metros cuadrados
- ✓ Volumen de 1801105.64 metros cúbicos

Para la explotación de la cantera se hará mediante arranque de materiales con maquinaria, y uso de explosivos de ser necesario.



CANTERA KM 3+000

| | |
|----------------------|---------------------------------|
| UBICACION | Km 3+000 |
| LADO DE LA VIA | Derecho |
| DISTANCIA DESDE OBRA | 2000m |
| ESTADO DE ACCESO | Trocha recientemente aperturada |
| TIPO DE MATERIAL | Material arcilloso |
| AREA TOTAL(m2) | 10000 |
| VOLUMEN TOTAL (m3) | 41794 |
| GRANOLOMETRIA | |
| %Grava | 6.5 |
| %Arena | 48.8 |
| %Finos | 44.7 |
| IP% | 5.3 |
| SUCS | SC-SM |



CANTERA FINOS PERUANITA

| | | | | |
|----------------------|------------------|-------|-------|-------|
| UBICACION | Dique Peruanita | | | |
| LADO DE LA VIA | Izquierdo | | | |
| DISTANCIA DESDE OBRA | 150m | | | |
| ESTADO DE ACCESO | Proyectar acceso | | | |
| TIPO DE MATERIAL | Morrenico | | | |
| AREA TOTAL(m2) | 40000 | | | |
| VOLUMEN TOTAL (m3) | 131787 | | | |
| GRANOLOMETRIA | | | | |
| | CF-01 | CF-03 | CF-05 | CF-07 |
| %Grava | 30.2 | 36.9 | 20.4 | 25.3 |
| %Arena | 45.1 | 44.8 | 28.7 | 42.4 |
| %Finos | 24.7 | 18.3 | 50.9 | 32.3 |
| SUCS | SM | SM | ML | SM |

* Observación. Se debe retirar cobertura de hasta 0.90 metros. El material a explotar es mucho mayor que la indicada en el presente estudio. Se requiere maquinaria sobreoruga para la excavación.



CANTERA ROCAS

| | |
|----------------------|---------------------------------|
| UBICACION | Km 4+100 |
| LADO DE LA VIA | Derecho |
| DISTANCIA DESDE OBRA | 900m |
| ESTADO DE ACCESO | Trocha recientemente aperturado |
| TIPO DE MATERIAL | Afloramiento de roca |
| AREA TOTAL(m2) | 240000 |
| VOLUMEN TOTAL (m3) | 1801106 |

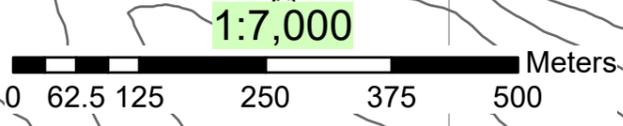
Observación. Para la explotación del material se debera utilizar voladura, trituración y zarandeo mecánico. Se debe retirar cobertura antes de iniciar la explotación.



SIMBOLOGIA

- Trocha carrozable de acceso
- Distribución_Drenaje
- Curvas de Nivel
- Lagunas
- Área de la presa proyectada
- Cantera de finos Peruanita
- Cantera de finos km+3000
- Cantera de rocas

| | | | |
|---|---|--------------------------|--|
| | UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABADEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA MINAS Y METALURGICA ESCUELA PROFECIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA | | |
| | ESTUDIO GEOLOGICO GEOTECNICO PARA LA CONSTRUCCION DE LA PRESA DE TIERRA PERUANITA DEL DISTRITO DE SAN JERONIMO ANDAHUAYLAS APURIMAC | | |
| MAPA UBICACION DE CANTERAS | | | |
| BACH. VICTORIANO QUISPE TIRAHUMA BACH. ELMER QUISPE QUISPE | DATUM WGS84 ZONA 18L FECHA: ABRIL DEL 2025 | MAPA 11 | |
| ASESOR: MGT. EDISON SANTIAGO MATTOS OJEDA | ESCALA: ENDICADA | | |



5.6.3 RESULTADOS

Según los estudios de exploración de calicatas realizadas 05 calicatas en el eje de la presa y 04 calicatas en el vaso de la presa y 04 perforación diamantina realizadas en el eje de la presa, indican que la parte superficial top soil está conformada por suelo orgánico hasta una profundidad de 0.8 m después de este, subyace el estrato arena limoso con grava (SM) a una profundidad variada de 1.9m a 10m en donde no presenta límite líquido ni índice de plasticidad con densidad natural promedio de 2.3gr/cm³ y densidad seca 2.1gr/cm³ seguidamente hacia abajo hasta unos 80 metros de profundidad donde, continua un potente material morrénico del depósito glacial, constituidos en general por materiales de bloques de roca dispersos en matriz de grava limosa con arena (GM), con algunos lentejones de arenas con índice de plasticidad que varía de 1.1 a 4.7 esto indica que ligeramente hay incremento de plasticidad, según los ensayos de refracción sísmica los suelos de cobertura vegetal tienen un valor de Vp menores 1000 m/s, Depósito morrénico compacto con un valor de Vp entre 1000-2000 m/s y Depósito morrénico muy compacto con un valor de Vp mayores 2000 m/s, en cuanto según los resultados realizados mediante el ensayo MASW presentan suelos S1 suelo muy rígido con Vs 537.3 a 578 m/s y suelos S2 intermedio con Vs 282.1 a 293.8 m/s.

Mediante ensayo de corte directo realizados en el laboratorio a través de las muestras inalteradas se obtuvieron de calicatas C-02, C-03 y C-04 valores de cohesión de 0.095kg/cm², 0.16kg/cm², 0.165kg/cm² y valores de Angulo de fricción 33.66°, 32.66° y 32.60° con lo cual, calculando la capacidad portante admisible mediante la metodología de Meyerfor se tiene valores 3.4kg/cm², 3.8kr/cm² y 3.679 kg/cm² considerada como adecuado suelo competente para la construcción de una presa a una profundidad de 3.5 metros donde se desplantara la cimentación de la presa de tipo corrido de forma rectangular a lo largo del eje.

Según los ensayos realizados de pinhole mediante muestras inalteradas de las calicatas C-02 y C-04 se tienen como resultado a las cabezas de presión de 50mm y 180 mm no arrojaron

caudales con grados de turbidez suficientemente oscuros por lo cual, fue necesario incrementar la cabeza de presión hasta 380mm de altura, donde se observó un aumento en el grado de turbidez de caudales y se presentaron flujos volumétricos entre 2.7 y 2.9 ml/s obteniendo a un suelo que corresponde a la caracterización de ligeramente dispersivo (ND3).

Asimismo para la evaluación de canteras para espaldones se tiene la cantera peruanita con Perímetro de 700 metros, Área de 30000 metros cuadrados y volumen total de 101526.74 metros cúbicos, se tienen los ensayos de compactación MDS (T_n/m^3) indican valores de 2.259, una densidad aparente (T_n/m^3) de 2.04, índice de compresibilidad C_c 0.1691 Para la construcción del núcleo de la presa se tiene cantera de finos ubicado a 3 km de distancia un suelo de SC-SM Arena limo – arcilloso con un Perímetro de 400 metros lineales Área 10000 metros cuadrados y Volumen total de 41794.23 metros cúbicos.

CONCLUSIONES

Primera. Las características Geomorfológicas, para el emplazamiento de la presa Peruanita, son favorables. Debido por su ubicación del área de embalse en una superficie allanada extensa en el piso del valle glacial del pleistoceno, con pendientes entre 0° a 7° , lo cual mejora la estabilidad del volumen embalsado y minimiza los requerimientos de excavación o estructuras complementarias de gran escala y respecto al eje de la presa cuya ubicación se halla en una zona de acumulación de materiales glaciares.

Segunda. Las características geológicas de la zona de estudio son poco favorables para la construcción de la presa Peruanita. Debido el área de emplazamiento de la presa, se halla constituido por un espesor aproximado de 70 a 80 m de depósitos glaciares heterogéneos con una continuidad lateral de sección del valle, constituido de bloques, bolones de rocas de cuarzodiorita, en matriz limo-arenosa relativamente densa, reflejando un ambiente típico de valle de origen glaciar, en tanto los depósitos bofedales palustres constituidos por materiales finos, son poco favorables para la construcción lo cual requiere una consideración especial debido a la naturaleza saturada y orgánica de estos materiales, hacia la parte sureste del eje de la presa se encuentra rocas intrusivas granodioríticas de unidad Ocobamba con lineamientos estructurales y fallas normales de dirección NW-SE que aparentemente no llegan alcanzar al lugar del emplazamiento de la presa que se encuentran cubiertos por depósitos morrénicos.

Tercera. Las propiedades hidrogeológicas son poco favorables debido a que los valores de permeabilidad, según ensayos Lefranc, evidencian que los suelos del tipo morrénico, característicos del valle glacial donde se ubicará la presa, presentan valores de permeabilidad comprendidos entre $8.28E-04$ (0.000828 cm/s) y $3.93E-05$ (0.0000393 cm/s). Estos rangos de permeabilidad indican que los materiales son permeables a poco permeables con poca capacidad de retención, con nivel freático en el flanco izquierdo a una profundidad de 0.6 metros.

cuarta. Las propiedades geotécnicas del área de emplazamiento de la presa Peruanita, son favorables para su construcción. A partir de los estudios geotécnicos directos e indirectos realizados en el área de emplazamiento de la presa, está caracterizado por una estratigrafía conformada principalmente de material arena limosa (SM) y grava limosa (GM) con bloques de rocas cuarzodioríticas, cuya capacidad de carga a 3.5 m de profundidad es de 3.4kg/cm², 3.8kg/cm² y 3.679 kg/cm² considerada como adecuado, competente aceptable para el empotramiento de la cimentación.

RECOMENDACIONES

Primera. se recomienda realizar tratamientos en suelos de depósitos bofedales haciendo excavación retirando todo material orgánico hasta alcanzar a un estrato estable competente.

Segunda. realizar un sistema de monitoreo geotécnico durante la construcción y operación de la presa implementando piezómetros, control de asentamientos para asegurar la estabilidad de la estructura a lo largo del tiempo.

Tercera. Se recomienda realizar con un grado de compactación por encima de 95 % en la fase del proceso constructivo de la presa para la obtención de la Densidad Máxima Seca y el contenido de la Humedad Optima será calculada mediante el ensayo del Proctor.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

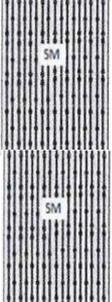
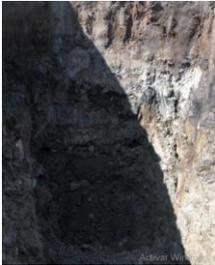
- Bieniawski, Z. (1989). *Engineering rock mass classifications*. New York: Z.T. Bieniawski.
- CMPLab. (2020). *Tomografía eléctrica: Fundamentos y aplicaciones*. España: Centro Universitario de Mérida.
- Collazo, M. P., & Montaña, J. (2012). *Manual de agua subterránea* (1ra ed.). Montevideo, Uruguay: Denad Internacional S.A.
- Comite Federal de Electricidad. (2021). *Realización de pruebas Lefranc*. México .
- Echeveste, H. (2017). *Manual de levantamiento geológico*. (E. Llambias, Ed.) La Plata, Argentina: EDULP. Universidad Nacional La Plata .
- Geotecnia fácil. (20 de 09 de 2023). *Ensayos de permeabilidad Lefranc en suelos. tipos y aplicaciones*.
- Gobierno Regional de Apurímac. (2019). *Mejoramiento y ampliación del servicio de agua de riego en las comunidades de Chullcuisa, Santa Rosa, Cupisa, Champacocha, Ancatira, Choccecancha y Argama Alta, Distritos de San Jerónimo y Pacucha, Provincia de Andahuaylas – Apurímac*. Abancay. Gerencia Regional de Infraestructura Sub Gerencia de Estudios Definitivos.
- González de Vallejo, L. (2022). *Ingeniería geológica*. Madrid: PEARSON EDUCACION .
- Lipa, V. R., Zuloaga, A. D., & Linares, E. (2003). *Memoria descriptiva de la revisión y actualización del cuadrángulo de Andahuaylas (28-p)*. Lima: INGEMMET.
- Marocco, R. (1975). *Geología de los cuadrángulos de Andahuaylas, Abancay y Cotabambas*. Lima - Perú: Instituto de Geología y Minería.
- ONERN. (2009). *Reglamento de clasificación de tierras por su capacidad de uso mayor*. Lima, Peru: DS N° 017-2009-AG.
- PER-IMA. (2009). *Zonificación ecológica económica de la región Cusco*. Cusco: Gobierno Regional del Cusco.
- Salazar Gutiérrez, E. (2016). *Estudio geológico de la zonificación ecológica y económica de la Región Apurímac*. Abancay: Gobierno Regional de Apurímac.
- Sánchez San Román, F. (2022). *Hidrología superficial y subterránea* (Segunda ed.). Kindle Direct Publishing.
- SENAMHI. (2021). *Climas del Perú*. Lima.
- Villota, H. (1997). Una nueva aproximación a la clasificación fisiográfica del terreno. *CIAF*, 15(1), 83 - 117.

ANEXOS

| ENSAYOS DE PERMEABILIDAD (Tipo LEFRANC) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--------------------------|---|----------------------------|---------------------------|---------|---|----------------------------|----|---|-----|---------|----|----|------|----------------------|--|--|---------|--------|--------|---------|---|---------|---|---|------|-----|--|--|--|--|---|------|-----|--|--|--|--|---|------|-----|--|--|--|--|---|------|-----|--|--|--|--|---|------|-----|--|--|--|--|---|------|-----|--|--|--|--|---|------|-----|--|--|--|--|---|------|-----|--|--|--|--|---|------|-----|--|--|--|--|---|------|-----|--|--|--|--|----|------|-----|--|--|--|--|----|------|-----|--|--|--|--|----|------|-----|--|--|--|--|----|------|-----|--|--|--|--|----|------|-----|--|--|--|--|----|------|-----|--|--|--|--|----|------|-----|--|--|--|--|----|------|-----|--|--|--|--|----|------|-----|--|--|--|--|----|------|-----|--|--|--|--|----|------|-----|--|--|--|--|
| PROYECTO: SERVICIO DE CONSULTORIA DEL ESTUDIO DE GEOTECNIA Y ESTUDIO DE CANTERAS, PARA LA OBRA: MEJORAMIENTO Y AMPLIACIÓN DEL SERVICIO DE AGUA DE RIEGO, PRESA PERUANITA, DISTRITO DE SAN JERONIMO - ANDAHUAYLAS - APURIMAC. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| CLIENTE: GOBIERNO REGIONAL DE APURIMAC | | Litología: | Morrénico | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Fecha: 06/10/2022 | Hr. Inicio: 12:30 | Hr. Fin: 13:40 | Ensayo: 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ejecutado: Ingesondex Peru SAC | | Sondaje: | CA-01 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|  | | a altura casing sobre plataforma | 0.00 m | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | ha prof. nivel freático | NE m | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | C profundidad de zapata | 4.00 m | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | L profundidad de la perforación | 5.00 m | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Δh sobrecarga hidráulica | 449.99 cm | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | d diámetro interior del casing | 100.00 cm | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Ø diámetro perforación | 100.00 cm | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | l longitud de tramo de ensayo | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Antes del ensayo | 100.00 cm | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Después del ensayo | 100.00 cm | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | ho prof. Inicial del agua (t=0) | 0.01 m | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | hn prof. Nivel de agua en tn | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | tn tiempo de medición | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="3">Ensayo con nivel variable</th> <th colspan="4">Ensayo con nivel constante</th> </tr> <tr> <th>ho(m) =</th> <th colspan="2"></th> <th>ho =</th> <th colspan="3">Δt=1min, q en litros</th> </tr> <tr> <th>tn(min)</th> <th>hn(cm)</th> <th>Δh(cm)</th> <th>Lectura</th> <th>q</th> <th>Lectura</th> <th>q</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>1.50</td><td>449</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>1</td><td>1.54</td><td>448</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>2</td><td>1.56</td><td>448</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>3</td><td>1.67</td><td>448</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>4</td><td>1.72</td><td>448</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>5</td><td>1.77</td><td>448</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>6</td><td>1.83</td><td>448</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>7</td><td>1.86</td><td>448</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr style="background-color: yellow;"><td>8</td><td>1.93</td><td>448</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>9</td><td>2.01</td><td>448</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>10</td><td>2.03</td><td>448</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>11</td><td>2.08</td><td>448</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>12</td><td>2.14</td><td>448</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>13</td><td>2.16</td><td>448</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>14</td><td>2.20</td><td>448</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>15</td><td>2.25</td><td>448</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>16</td><td>2.30</td><td>448</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>17</td><td>2.33</td><td>448</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>18</td><td>2.38</td><td>448</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr style="background-color: yellow;"><td>19</td><td>2.41</td><td>448</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr style="background-color: yellow;"><td>20</td><td>2.43</td><td>448</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table> | | Ensayo con nivel variable | | | Ensayo con nivel constante | | | | ho(m) = | | | ho = | Δt=1min, q en litros | | | tn(min) | hn(cm) | Δh(cm) | Lectura | q | Lectura | q | 0 | 1.50 | 449 | | | | | 1 | 1.54 | 448 | | | | | 2 | 1.56 | 448 | | | | | 3 | 1.67 | 448 | | | | | 4 | 1.72 | 448 | | | | | 5 | 1.77 | 448 | | | | | 6 | 1.83 | 448 | | | | | 7 | 1.86 | 448 | | | | | 8 | 1.93 | 448 | | | | | 9 | 2.01 | 448 | | | | | 10 | 2.03 | 448 | | | | | 11 | 2.08 | 448 | | | | | 12 | 2.14 | 448 | | | | | 13 | 2.16 | 448 | | | | | 14 | 2.20 | 448 | | | | | 15 | 2.25 | 448 | | | | | 16 | 2.30 | 448 | | | | | 17 | 2.33 | 448 | | | | | 18 | 2.38 | 448 | | | | | 19 | 2.41 | 448 | | | | | 20 | 2.43 | 448 | | | | |
| Ensayo con nivel variable | | | Ensayo con nivel constante | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ho(m) = | | | ho = | Δt=1min, q en litros | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| tn(min) | hn(cm) | Δh(cm) | Lectura | q | Lectura | q | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 1.50 | 449 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 1.54 | 448 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | 1.56 | 448 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | 1.67 | 448 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | 1.72 | 448 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | 1.77 | 448 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | 1.83 | 448 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | 1.86 | 448 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | 1.93 | 448 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | 2.01 | 448 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | 2.03 | 448 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 11 | 2.08 | 448 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 12 | 2.14 | 448 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 13 | 2.16 | 448 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 14 | 2.20 | 448 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 15 | 2.25 | 448 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 16 | 2.30 | 448 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 17 | 2.33 | 448 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 18 | 2.38 | 448 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 19 | 2.41 | 448 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 20 | 2.43 | 448 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | l/Ø = 1.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="4">Carga Variable:</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>t1</td> <td>8</td> <td>Δh1</td> <td>448.07</td> </tr> <tr> <td>t2</td> <td>20</td> <td>Δh2</td> <td>447.57</td> </tr> </tbody> </table> | | Carga Variable: | | | | t1 | 8 | Δh1 | 448.07 | t2 | 20 | Δh2 | 447.57 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Carga Variable: | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| t1 | 8 | Δh1 | 448.07 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| t2 | 20 | Δh2 | 447.57 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| CALCULO DE COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD (K=cm/seg) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| $k = \frac{\pi d^2}{4c(t_2 - t_1)} \ln \frac{h_1}{h_2}$ | | Donde: d = Diametro interior del revestimiento(cm) l = Longitud del tramo de ensayo (cm) t2 y t1 = Tiempos en que fueron las mediciones para determinar h1 y h2 h1 y h2 = Recuperación en los tiempos t1 y t2. c = Coeficiente de forma k=Coeficiente de permeabilidad (cm/seg) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| $c = 2\pi d \sqrt{\frac{l}{d} + \frac{1}{4}}$ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| OBSERVACIONES: | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Estribo izquierdo, presenta filtraciones de agua, por presencia de bofedal. | | k | 1.04E-03 cm/seg | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

PERFIL ESTRATIGRAFICO

| | | | |
|---|---|---|--|
| PROYECTO | MEJORAMIENTO Y AMPLIACION DEL SERVICIO DE AGUA DE RIEGO EN LAS COMUNIDADES DE CHULLCUISA, SANTA ROSA, CUPISA, CHAMPACCOCHA, ANCATIRA, CHOCCECANCHA Y ARGAMA ALTA DISTRITOS DE SAN JERONIMO Y PACUCHA, PROVINCIA DE ANDAHUAYLAS – APURIMAC | | |
| TESIS | ESTUDIO GEOLÓGICO GEOTÉCNICO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA PRESA DE TIERRA PERUANITA DEL DISTRITO DE SAN JERÓNIMO ANDAHUAYLAS APURÍMAC. | | |
| UBICACIÓN: sector laguna Peruanita FECHA: junio 2019 SUPERVISOR: ing. kenni Huamani Gamarra | | NIVEL FRIÁTICO: -1.10m CALICATA: C-06 (área de embalse) TESISTAS: Bach. Victoriano Quispe Tirahuma Bach. Elmer Quispe Quispe | |

| PERFIL ESTRATIGRAFICO | | | | |
|-----------------------|------------|---------------|---|---|
| PROFUNDIDAD (cm) | ESTRATO(m) | CLASEFICACION | | CARACTERISTICAS GEOTECNICAS |
| | | SIMBOLO | GRAFICO | |
| 20 | 0.00-0.60 | Pt |  |  turba de coloracion oscura altamente organico |
| 40 | | | | |
| 60 | | | | |
| 80 | 0.60-1.10 | SM |  |  Arena Limosa de color marrón claro |
| 100 | | | | |
| 120 | 1.10-1.60 | SM |  |  Arena limosa, de color gris verdoso |
| 140 | | | | |
| 160 | | | | |

**CORTE DIRECTO DE SUELO BAJO CONDICIONES CONSOLIDADAS DRENADAS
ASTM D3080-11**

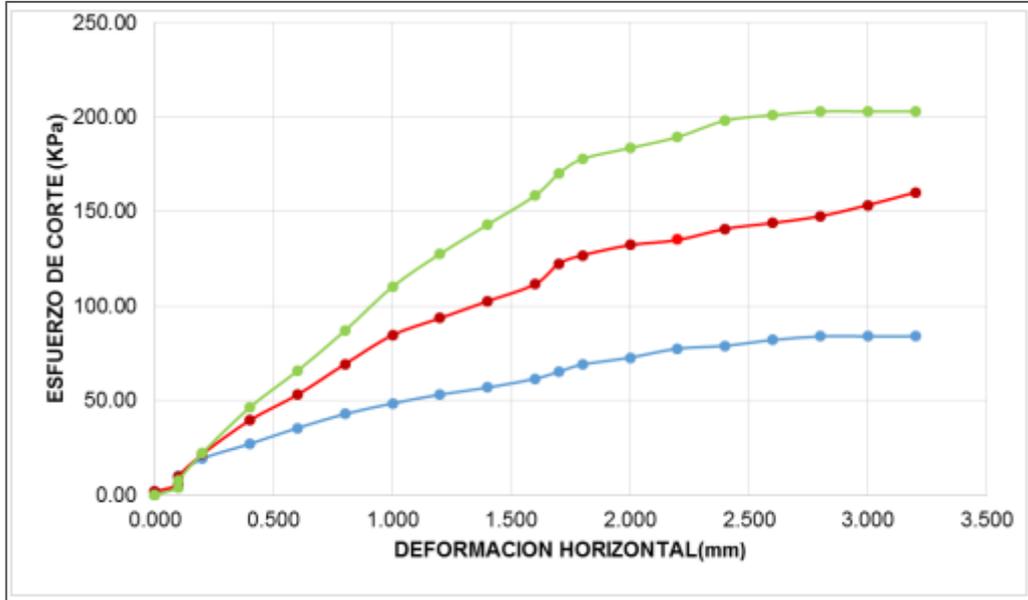
SOLICITANTE: BACH. QUISPE TIRAHUMA VICTORIANO
BACH. QUESPE QUISPE ELMER

TESIS: ESTUDIO GEOLÓGICO GEOTÉCNICO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA PRESA DE TIERRA PERUANITA DEL DISTRITO DE SAN JERONIMO ANDAHUAYLAS – APURÍMAC 2022
UBICACIÓN: COPISA- SAN JERONIMO FECHA: EMS 06-10-2022
MUESTRA: SUELO NATURAL IDENTIFICACIÓN: C-2 (EJE DE LA PRESA)

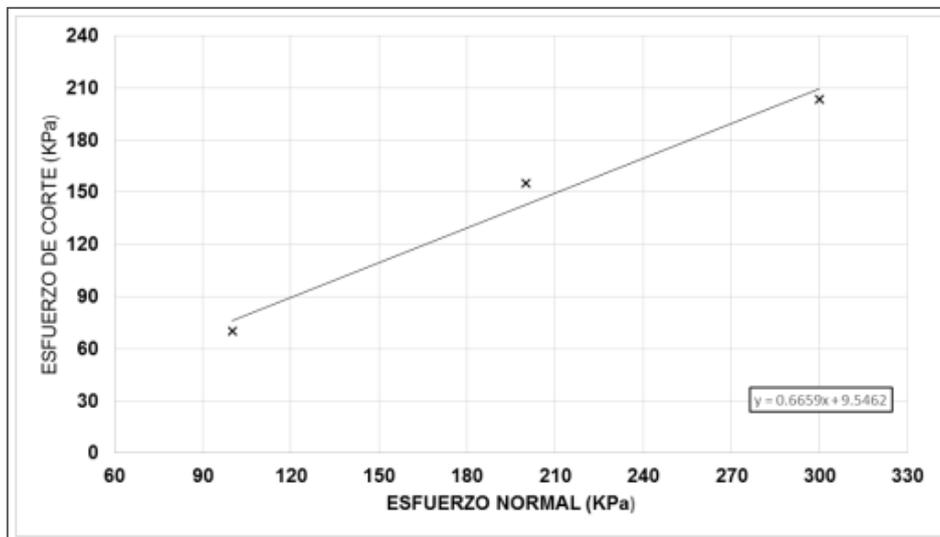
| CARACTERISTICAD DE LOS ESPECIMENES DE ENSAYO | | | |
|--|---------|---------|--------|
| DESCRIPCION | 100 Kpa | 200 Kpa | 300KP |
| Área (cm2): | 30.0 | 30.0 | 30.0 |
| Altura Inicial (cm): | 2.0 | 2.0 | 2.0 |
| Altura Final (cm): | 1.97 | 1.96 | 1.95 |
| Volumen Inicial (cm3): | 60 | 60 | 60 |
| Volumen Final (cm3): | 59 | 58.8 | 58.4 |
| Peso Húmedo inicial (g): | 120.71 | 112.75 | 123.86 |
| Peso Húmedo final (g): | 123.32 | 123.77 | 125.41 |
| Peso seco (g): | 110.86 | 112.05 | 113.3 |
| Humedad inicial (%): | 8.88 | 9.55 | 9.32 |
| Humedad Final (%): | 11.23 | 10.45 | 10.7 |
| Densidad humedad inicial (g/cm3): | 2.012 | 1.879 | 2.064 |
| Densidad humedad final (g/cm3): | 2.090 | 2.105 | 2.147 |
| Densidad seca inicial (g/cm3): | 1.848 | 1.715 | 1.888 |
| densidad seca final (g/cm3): | 1.879 | 1.906 | 1.940 |

| v.c (mm/min) | 0.05 | ESF. NORMAL (Kpa) | | 100 | ESF. NORMAL (Kpa) | | 200 | ESF. NORMAL (Kpa) | | 300 |
|-----------------|--------------------------|------------------------------|------------|-------------------------|------------------------------|------------|-------------------------|------------------------------|------------|-------------------------|
| | | Lectura dial fuerza (0.01mm) | Fuerza (N) | | Lectura dial fuerza (0.01mm) | Fuerza (N) | | Lectura dial fuerza (0.01mm) | Fuerza (N) | |
| Tiempo (min) | Desplaz. Horizontal (mm) | Lectura dial fuerza (0.01mm) | Fuerza (N) | Esfuerzo de Corte (Kpa) | Lectura dial fuerza (0.01mm) | Fuerza (N) | Esfuerzo de Corte (Kpa) | Lectura dial fuerza (0.01mm) | Fuerza (N) | Esfuerzo de Corte (Kpa) |
| 0 | 0.000 | 0 | 0 | 0.00 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0.0 |
| 0.2 | 0.000 | 0 | 0.00 | 0.00 | 2.09 | 2.70 | 0.9 | 0.01 | 0.00 | 0.0 |
| 0.3 | 0.000 | 1.03 | 5.70 | 1.90 | 5.17 | 5.40 | 1.8 | 0.01 | 0.00 | 0.0 |
| 1 | 0.100 | 2.53 | 14.10 | 4.70 | 6.16 | 16.20 | 5.4 | 2.10 | 11.70 | 3.9 |
| 2 | 0.100 | 5.52 | 30.90 | 10.30 | 10.23 | 29.70 | 9.9 | 4.13 | 23.10 | 7.7 |
| 4 | 0.200 | 10.29 | 57.60 | 19.20 | 14.41 | 64.80 | 21.6 | 11.90 | 66.60 | 22.2 |
| 8 | 0.400 | 14.52 | 81.30 | 27.10 | 26.73 | 118.80 | 39.6 | 24.85 | 139.20 | 46.4 |
| 12 | 0.600 | 19.02 | 106.50 | 35.50 | 41.03 | 159.30 | 53.1 | 35.18 | 197.10 | 65.7 |
| 16 | 0.800 | 22.98 | 128.70 | 42.90 | 51.37 | 207.90 | 69.3 | 46.59 | 261.00 | 87.0 |
| 20 | 1.000 | 25.98 | 145.50 | 48.50 | 61.60 | 253.80 | 84.6 | 59.01 | 330.60 | 110.2 |
| 24 | 1.200 | 28.49 | 159.60 | 53.20 | 71.83 | 280.80 | 93.6 | 68.32 | 382.80 | 127.6 |
| 28 | 1.400 | 30.47 | 170.70 | 56.90 | 76.01 | 307.80 | 102.6 | 76.62 | 429.30 | 143.1 |
| 32 | 1.600 | 32.99 | 184.80 | 61.60 | 80.08 | 334.80 | 111.6 | 84.87 | 475.50 | 158.5 |
| 34 | 1.700 | 34.97 | 195.90 | 65.30 | 84.15 | 367.20 | 122.4 | 91.08 | 510.30 | 170.1 |
| 36 | 1.800 | 37.00 | 207.30 | 69.1 | 87.23 | 380.70 | 126.9 | 95.25 | 533.70 | 177.9 |
| 40 | 2.000 | 38.98 | 218.40 | 72.8 | 88.33 | 396.90 | 132.3 | 98.36 | 551.10 | 183.7 |
| 44 | 2.200 | 41.50 | 232.50 | 77.5 | 89.32 | 405.00 | 135.0 | 101.46 | 568.50 | 189.5 |
| 48 | 2.400 | 42.30 | 237.00 | 79.0 | 90.31 | 422.70 | 140.9 | 106.12 | 594.60 | 198.2 |
| 52 | 2.600 | 43.96 | 246.30 | 82.1 | 88.33 | 432.00 | 144.0 | 107.67 | 603.30 | 201.1 |
| 56 | 2.800 | 44.98 | 252.00 | 84.0 | 82.17 | 442.80 | 147.6 | 108.69 | 609.00 | 203.0 |
| 60 | 3.000 | 44.98 | 252.00 | 84.0 | 82.17 | 460.50 | 153.5 | 108.69 | 609.00 | 203.0 |
| 4 | 3.200 | 44.98 | 252.00 | 84.0 | 82.17 | 480.60 | 160.2 | 108.69 | 609.00 | 203.0 |

Curva Esfuerzo de corte vs. Deformación horizontal



Curva Esfuerzo de corte vs. Esfuerzo normal



| RESULTADO DEL ENSAYO | |
|--------------------------|----------|
| Cohesión (Kpa) | 9.5462 |
| Cohesión (kg/cm2) | 0.095462 |
| Angulo de fricción (Phi) | 33.66 |

**DETERMINACIÓN DEL PESO VOLUMÉTRICO DE SUELO
NORMA ASTM D-4892**

SOLICITANTE: BACH. QUISPE TIRAHUMA VICTORIANO
BACH. QUESPE QUISPE ELMER

TESIS: ESTUDIO GEOLÓGICO GEOTÉCNICO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA PRESA DE TIERRA PERUANITA DEL DISTRITO DE SAN JERONIMO ANDAHUAYLAS – APURÍMAC 2022
UBICACIÓN: COPISA- SAN JERONIMO FECHA: EMS 06-10-2022
IDENTIFICACIÓN: C-2 (EJE DE LA PRESA) PROFUNDIDAD: 2.00m

Peso volumétrico de masa

| Ensayo N° 1 | |
|-------------------------------------|---------|
| Peso del suelo + parafina(gr) | 201.30 |
| Peso del suelo(gr) | 160.00 |
| Peso específico de parafina(gr/cm3) | 0.87 |
| Peso de la parafina (gr) | 41.30 |
| Volumen del suelo +parafina(cm3) | 114.355 |
| Volumen de la parafina(cm3) | 47.47 |
| Volumen del suelo | 66.88 |
| Peso específico de masa parcial | 2.392 |

| | |
|------------------|--------------|
| Densidad natural | 2.392 gr/cm3 |
| Humedad natural | 11.700% |
| Densidad seca | 2.142 gr/cm3 |

$$V_{\text{parafina}} = \frac{W_{\text{parafina}}}{\gamma_{\text{parafina}}}$$

donde : $W_{\text{parafina}} = W_{\text{suelo + parafina}} - W_{\text{suelo}}$

$$P.V. = \frac{W_{\text{SUELO}}}{\Delta V - V_{\text{PARAFINA}}}$$

**DETERMINACIÓN DEL PESO VOLUMÉTRICO DE SUELO
NORMA ASTM D-4892**

SOLICITANTE: BACH. QUISPE TIRAHUMA VICTORIANO
BACH. QUESPE QUISPE ELMER

TESIS: ESTUDIO GEOLÓGICO GEOTÉCNICO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA PRESA DE TIERRA PERUANITA DEL DISTRITO DE SAN JERONIMO ANDAHUAYLAS – APURÍMAC 2022
UBICACIÓN: COPISA- SAN JERONIMO FECHA: EMS 06-10-2022
IDENTIFICACIÓN: C-3 (EJE DE LA PRESA) PROFUNDIDAD: 1.60m

Peso volumétrico de masa

| Ensayo N° 1 | |
|--|---------|
| Peso del suelo + parafina(gr) | 198.80 |
| Peso del suelo(gr) | 158.30 |
| Peso específico de parafina(gr/cm ³) | 0.87 |
| Peso de la parafina (gr) | 40.50 |
| Volumen del suelo +parafina(cm ³) | 113.245 |
| Volumen de la parafina(cm ³) | 46.55 |
| Volumen del suelo | 66.69 |
| Peso específico de masa parcial | 2.374 |

| | |
|------------------|-------------------------|
| Densidad natural | 2.374gr/cm ³ |
| Humedad natural | 11.470% |
| Densidad seca | 2.129gr/cm ³ |

$$V_{\text{parafina}} = W_{\text{parafina}} / \gamma_{\text{parafina}}$$

donde : $W_{\text{parafina}} = W_{\text{suelo + parafina}} - W_{\text{suelo}}$

$$P.V. = \frac{W_{\text{SUELO}}}{\Delta V - V_{\text{PARAFINA}}}$$

CAPACIDAD PORTANTE

TESIS: ESTUDIO GEOLOGICO GEOTÉCNICO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA PRESA DE TIERRA PERUANITA DEL DESTRICTO DE SAN JERONIMO, ANDAHUAYLAS-APURIMAC 2022

| | |
|---|---|
| SOLICITANTE: Bach. Victoriano Quispe T. | UBICACIÓN: C-02 eje de la presa |
| Bach. Elmer Quispe Q. | PROFUNDIDAD: 5 metros (ref. nivel de terreno) |
| FECHA: junio del 2019 | |

TEORIA DE MEYERHOF

| | |
|-------------------------------------|---------------------|
| C : 9.5462 | ϕ : 33.66° |
| γ : 23.422 KN/m ³ | |
| B : 2m | D _f : 3m |
| L : 165m | FS : 3 |

I. FACTORES DE CAPACIDAD DE CARGA EN FUNCIÓN DE ϕ PARA 33.66°

N_c : 18.05

N_q : 8.66

N_y : 8.22

II. FACTORES DE FORMA

$$F_{cs} = 1 + \frac{B}{L} \frac{N_q}{N_c}$$

$$F_{qs} = 1 + \frac{B}{L} \tan \phi'$$

$$F_{ys} = 1 - 0.4 \frac{B}{L}$$

donde L = longitud de la cimentación (L > B)

F_{cs} : 1.008

F_{qs} : 1.008

F_{ys} : 0.995

III. FACTORES DE PROFUNDIDAD

$$\frac{D_f}{B} \leq 1$$

Para $\phi' > 0$:

Para $\phi = 0$:

$$F_{cd} = 1 + 0.4 \left(\frac{D_f}{B} \right)$$

$$F_{qd} = 1$$

$$F_{\gamma d} = 1$$

$$F_{cd} = F_{qd} - \frac{1 - F_{qd}}{N_c \tan \phi'}$$

$$F_{qd} = 1 + 2 \tan \phi' (1 - \sin \phi')^2 \left(\frac{D_f}{B} \right)$$

$$F_{\gamma d} = 1$$

$$\frac{D_f}{B} > 1$$

Para $\phi = 0$:

$$F_{cd} = 1 + 0.4 \underbrace{\tan^{-1} \left(\frac{D_f}{B} \right)}_{\text{radianes}}$$

$$F_{qd} = 1$$

$$F_{\gamma d} = 1$$

Para $\phi' > 0$:

$$F_{cd} = F_{qd} - \frac{1 - F_{qd}}{N_c \tan \phi'}$$

$$F_{qd} = 1 + 2 \tan \phi' (1 - \sin \phi')^2 \underbrace{\tan^{-1} \left(\frac{D_f}{B} \right)}_{\text{radianes}}$$

$$F_{\gamma d} = 1$$

$$F_{cd} : 1.019$$

$$F_{qd} : 1.019$$

$$F_{\gamma d} : 1$$

IV. FACTORES DE INCLINACION

$$F_{ci} = F_{qi} = \left(1 - \frac{\beta^\circ}{90^\circ} \right)^2$$

$$F_{\gamma i} = \left(1 - \frac{\beta}{\phi'} \right)^2$$

donde β = inclinación de la carga sobre la cimentación respecto a la vertical

$$F_{ci} : 1$$

$$F_{qi} : 1$$

$$F_{\gamma i} : 1$$

$$q_u = c' N_c F_{cs} F_{cd} F_{ci} + q N_q F_{qs} F_{qd} F_{qi} + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma F_{\gamma s} F_{\gamma d} F_{\gamma i}$$

$$q_{adm} = \frac{q_u}{FS}$$

| Df(m) | qadm(Mpa) | qadm(kg/cm2) |
|-------|-------------|--------------|
| 3.4 | 0.358815411 | 3.659917193 |
| 3.5 | 0.374831727 | 3.82328362 |
| 3.6 | 0.381776457 | 3.89411986 |
| 3.7 | 0.388721186 | 3.9649561 |

CAPACIDAD PORTANTE

TESIS: ESTUDIO GEOLOGICO GEOTÉCNICO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA PRESA DE TIERRA PERUANITA DEL DESTRITO DE SAN JERONIMO, ANDAHUAYLAS-APURIMAC 2022

SOLICITANTE: Bach. Victoriano Quispe T.

UBICACIÓN: C-03 eje de la presa

Bach. Elmer Quispe Q.

PROFUNDIDAD: 5 metros (ref. nivel de terreno)

FECHA: junio del 2019

TEORIA DE MEYERHOF

C : 16.213

ϕ : 32.66

γ : 23.226KN/m³

B : 2m

D_f: 3m

L : 165m

FS : 3

NF: 1.00m

I. FACTORES DE CAPACIDAD DE CARGA EN FUNCIÓN DE ϕ PARA 33.66°

N_c : 18.05

N_q : 8.66

N_y : 8.20

II. FACTORES DE FORMA

$$F_{cs} = 1 + \frac{B}{L} \frac{N_q}{N_c}$$

$$F_{qs} = 1 + \frac{B}{L} \tan \phi'$$

$$F_{ys} = 1 - 0.4 \frac{B}{L}$$

donde L = longitud de la cimentación ($L > B$)

$F_{cs} : 1.007$

$F_{qs} : 1.008$

$F_{ys} : 0.995$

III. FACTORES DE PROFUNDIDAD

$$\frac{D_f}{B} \leq 1$$

Para $\phi = 0$:

$$F_{cd} = 1 + 0.4 \left(\frac{D_f}{B} \right)$$

$$F_{qd} = 1$$

$$F_{\gamma d} = 1$$

Para $\phi' > 0$:

$$F_{cd} = F_{qd} - \frac{1 - F_{qd}}{N_c \tan \phi'}$$

$$F_{qd} = 1 + 2 \tan \phi' (1 - \text{sen } \phi')^2 \left(\frac{D_f}{B} \right)$$

$$F_{\gamma d} = 1$$

$$\frac{D_f}{B} > 1$$

Para $\phi = 0$:

$$F_{cd} = 1 + 0.4 \underbrace{\tan^{-1} \left(\frac{D_f}{B} \right)}_{\text{radianes}}$$

$$F_{qd} = 1$$

$$F_{\gamma d} = 1$$

Para $\phi' > 0$:

$$F_{cd} = F_{qd} - \frac{1 - F_{qd}}{N_c \tan \phi'}$$

$$F_{qd} = 1 + 2 \tan \phi' (1 - \text{sen } \phi')^2 \underbrace{\tan^{-1} \left(\frac{D_f}{B} \right)}_{\text{radianes}}$$

$$F_{\gamma d} = 1$$

$$F_{cd}: 1.019$$

$$F_{qd}: 1.019$$

$$F_{\gamma d}: 1$$

IV. FACTORES DE INCLINACION

$$F_{ci} = F_{qi} = \left(1 - \frac{\beta^\circ}{90^\circ} \right)^2$$

$$F_{\gamma i} = \left(1 - \frac{\beta}{\phi'} \right)^2$$

donde β = inclinación de la carga sobre la cimentación respecto a la vertical

$$F_{ci}: 1$$

$$F_{qi}: 1$$

$$F_{\gamma i}: 1$$

$$q_u = c' N_c F_{cs} F_{cd} F_{ci} + q N_q F_{qs} F_{qd} F_{qi} + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma F_{\gamma s} F_{\gamma d} F_{\gamma i}$$

$$q_{adm} = \frac{q_u}{FS}$$

| Df(m) | qadm(Mpa) | qadm(kg/cm2) |
|-------|-------------|--------------|
| 3.4 | 0.397508718 | 4.054588925 |
| 3.5 | 0.404395333 | 4.124832394 |
| 3.6 | 0.411281947 | 4.195075862 |
| 3.7 | 0.418168562 | 4.26531933 |

CAPACIDAD PORTANTE

TESIS: ESTUDIO GEOLOGICO GEOTÉCNICO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA PRESA DE TIERRA PERUANITA DEL DESTRICTO DE SAN JERONIMO, ANDAHUAYLAS-APURIMAC 2022

| | |
|---|--|
| SOLICITANTE: Bach. Victoriano Quispe T. | UBICACIÓN: C-04 eje de la presa |
| Bach. Elmer Quispe Q. (terreno) | PROFUNDIDAD: 2.30 metros (ref. nivel de terreno) |

FECHA: junio del 2019

TEORIA DE MEYERHOF

| | |
|------------------------------|-----------------------|
| C : 16.555KN/m ² | φ : 34.60 |
| γ : 22.148 KN/m ³ | |
| B : 2m | D _f : 3.5m |
| L : 165m | FS : 3 |

I. FACTORES DE CAPACIDAD DE CARGA EN FUNCIÓN DE φ PARA 33.66°

N_c : 19.32

N_q : 8.66

N_y : 9.44

II. FACTORES DE FORMA

$$F_{cs} = 1 + \frac{B}{L} \frac{N_q}{N_c}$$

$$F_{qs} = 1 + \frac{B}{L} \tan \phi'$$

$$F_{ys} = 1 - 0.4 \frac{B}{L}$$

donde L = longitud de la cimentación (L > B)

F_{cs} : 1.062

F_{qs} : 1.052

F_{ys} : 0.951

III. FACTORES DE PROFUNDIDAD

$$\frac{D_f}{B} \leq 1$$

Para φ = 0:

$$F_{cd} = 1 + 0.4 \left(\frac{D_f}{B} \right)$$

$$F_{qd} = 1$$

$$F_{\gamma d} = 1$$

Para φ' > 0:

$$F_{cd} = F_{qd} - \frac{1 - F_{qd}}{N_c \tan \phi'}$$

$$F_{qd} = 1 + 2 \tan \phi' (1 - \sin \phi')^2 \left(\frac{D_f}{B} \right)$$

$$F_{\gamma d} = 1$$

$$\frac{D_f}{B} > 1$$

Para $\phi = 0$:

$$F_{cd} = 1 + 0.4 \underbrace{\tan^{-1} \left(\frac{D_f}{B} \right)}_{\text{radianes}}$$

$$F_{qd} = 1$$

$$F_{\gamma d} = 1$$

Para $\phi' > 0$:

$$F_{cd} = F_{qd} - \frac{1 - F_{qd}}{N_c \tan \phi'}$$

$$F_{qd} = 1 + 2 \tan \phi' (1 - \sin \phi')^2 \underbrace{\tan^{-1} \left(\frac{D_f}{B} \right)}_{\text{radianes}}$$

$$F_{\gamma d} = 1$$

$$F_{cd}: 1.341$$

$$F_{qd}: 1.310$$

$$F_{\gamma d}: 1$$

IV. FACTORES DE INCLINACION

$$F_{ci} = F_{qi} = \left(1 - \frac{\beta^\circ}{90^\circ} \right)^2$$

$$F_{\gamma i} = \left(1 - \frac{\beta}{\phi'} \right)^2$$

donde β = inclinación de la carga sobre la cimentación respecto a la vertical

$$F_{ci}: 1$$

$$F_{qi}: 1$$

$$F_{\gamma i}: 1$$

$$q_u = c' N_c F_{cs} F_{cd} F_{ci} + q N_q F_{qs} F_{qd} F_{qi} + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma F_{\gamma s} F_{\gamma d} F_{\gamma i}$$

$$q_{adm} = \frac{q_u}{FS}$$

| Df(m) | qadm(Mpa) | qadm(kg/cm2) |
|-------|-------------|--------------|
| 3.4 | 0.434446333 | 4.0313526 |
| 3.5 | 0.434446333 | 4.4313526 |
| 3.6 | 0.434446333 | 4.4313526 |
| 3.7 | 0.434446333 | 4.4313526 |