

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



TESIS

**“ESTUDIO GEOLOGICO, GEOTECNICO PARA LA
CONSTRUCCIÓN DE LA PRESA CHOCAYHUA DEL DISTRITO DE
QUEHUE-CANAS-CUSCO 2022”**

PRESENTADO POR:

Br. ROSMERY CARLOS CHUMA

Br. MICHAEL MANUEL GARCÍA

MENDOZA

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO GEÓLOGO**

ASESOR:

MGT. ING. RONALD LUIS LOPEZ ZAPANA

**CUSCO- PERÚ
2023**

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 CONSTRUCCIÓN DE LA PRESA CHOLAYHUA DEL DISTRITO DE QUEHUE-CANAS-CUSCO 2022»

presentado por: ROSMERY CARLOS CHUMA con DNI Nro.: 76563481

presentado por: MICHAEL MANUEL GARCIA MENDOZA con DNI Nro.: 76639892

para optar el título profesional/grado académico de INGENIERO GEÓLOGO

Informo que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por 2 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 2%.

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.	<input checked="" type="checkbox"/>
Del 11 al 30 %	Devolver al usuario para las correcciones.	<input type="checkbox"/>
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.	<input type="checkbox"/>

Por tanto, en mi condición de asesor, firmo el presente informe en señal de conformidad y **adjunto** la primera página del reporte del Sistema Antiplagio.

Cusco, 01 de Agosto de 2023


Firma
Post firma Ronald Lopez Zafarín
Nro. de DNI 23923900

ORCID del Asesor 0000-0003-0148-6535

Se adjunta:

1. Reporte generado por el Sistema Antiplagio.
2. Enlace del Reporte Generado por el Sistema Antiplagio: OID:27259:250101953

NOMBRE DEL TRABAJO

TESIS PRESA CHOQAYHUA_Final.pdf

AUTOR

Rosmery Michael Carlos Garcia

RECUENTO DE PALABRAS

58964 Words

RECUENTO DE CARACTERES

308996 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS

281 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

22.0MB

FECHA DE ENTREGA

Jul 31, 2023 8:06 PM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Jul 31, 2023 8:09 PM GMT-5**● 2% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base c

- 1% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 0% Base de datos de trabajos entregados
- 0% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossr

● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Material citado
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 20 palabras)


Rosmery Michael Carlos Garcia
23923900

● 2% de similitud general

Principales fuentes encontradas en las siguientes bases de datos:

- 1% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 0% Base de datos de trabajos entregados
- 0% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

FUENTES PRINCIPALES

Las fuentes con el mayor número de coincidencias dentro de la entrega. Las fuentes superpuestas no se mostrarán.

1	hdl.handle.net Internet	<1%
2	repositorio.unsaac.edu.pe Internet	<1%
3	Submitted on 1689290372114 Submitted works	<1%
4	unsaac on 2023-01-31 Submitted works	<1%

Romero Lopez Zafra
23923900

DEDICATORIAS

A Dios por haberme dado la fuerza y la voluntad de seguir adelante y lograr esta meta tan importante para mi persona.

A las personas más importantes en mi vida que son mi familia. A mis queridos padres Manuel y Estela sobre todo a mi mamita gracias por apoyarme siempre en todo momento y siempre creer en mí, a ellos les debo todo lo que he logrado y son los principales motivadores para la realización de esta tesis.

A mis hermanos Jandir y Dante por estar siempre a mi lado apoyándome y aconsejándome para seguir adelante.

A mi compañera de tesis Rous que ha sido indispensable para culminar esta tesis.

A mis tíos, amigos y a todas las personas que siempre estuvieron conmigo, en los buenos y malos momentos apoyándome incondicionalmente.

A mis docentes mi gratitud infinita por brindarme sus conocimientos y consejos.

Michael García Mendoza

A mi querida mamá Daniela por haberme dado la vida y haber soportado mis caprichos, que está a mi lado en todo momento y me ayuda con sus oraciones para que todo me vaya bien.

A mis hermanos Rony Cristhian, Maribel, Carmen Rosa y Ali Abraam, que me motivaron a seguir adelante y que los quiero mucho.

A mis familiares que siempre están motivándome que si los mencionase no terminaría de nombrarlos gracias en el nombre de nuestro Señor.

Rosmery Carlos Ch.

AGRADECIMIENTOS

Un profundo agradecimiento a Dios por la posibilidad de brindamos la oportunidad de realizar nuestro sueño de ser profesional.

Expresamos nuestra mayor gratitud al Mgt. Ronald Luis López Zapana, por compartir conocimientos y experiencias valiosamente recibidas durante la asesoría de la presente tesis. De la misma manera nuestro profundo agradecimiento a los Ingenieros Dictaminantes, pues sus aportes han permitido enriquecer el presente trabajo.

A todos los docentes de nuestra Carrera Profesional de Ingeniería Geológica, quienes con sus conocimientos y consejos hicieron posible nuestra formación profesional durante la trayectoria de nuestra vida universitaria.

A todos aquellos amigos y compañeros que directa e indirectamente han participado en el avance, progreso y finalmente en la culminación de nuestra carrera profesional y también en la elaboración del presente trabajo.

Los Autores

RESUMEN

El trabajo de investigación corresponde al Estudio Geológico y Geotécnico para la Construcción de la Presa Chocayhua, la cual queda ubicada en el departamento de Cusco, provincia de Canas, distrito de Quehue en la comunidad de Chocayhua, ubicada en el datum WGS 84 en la zona 19 L, con coordenadas E:227611, N:8416964 y una altitud promedio de 4307 m.s.n.m. Geomorfológicamente la microcuenca de Chocayhua está ubicada en la cordillera occidental del sur del Perú, localmente se han identificado unidades geomorfológicas como terrazas llanas de pendiente baja, laderas de mediana pendiente en depósitos fluvio-glaciares y laderas empinadas de fuerte pendiente en roca volcánica, presenta un área de 1.10 km². Geológicamente se encuentra emplazado en las rocas volcánicas correspondientes al grupo barroso compuesto de rocas andesitas y material cuaternario fluvio-glaciar compuesto por gravas angulosas envueltos en una matriz areno limo-arcilloso principalmente el área del embalse de la presa proyectada de Chocayhua. Estructuralmente se registra la falla regional Cusco- Lagunillas que va en dirección NW – SE que delimita los dominios estructurales (cordillera occidental y el altiplano) y localmente se identificaron dos sistemas de fallas locales inferidas con dirección NE- SW y NW-SE. Hidrológicamente es unidad hidrográfica 499995 de nivel 6 según Pfaster, con T° media anual es de 5.9 °C y precipitación media anual es de 950.60 mm, la evapotranspiración potencial es de 528.94 mm y un coeficiente de escurrimiento de 56%. La retención es de 166.1 mm/año y representa el 17.48 % de la precipitación media anual por lo cual es una cuenca con agotamiento rápido, se tiene un caudal promedio anual de 18.89 lt/s (0.02 m³/s). La cuenca permitirá garantizar el embalse de la presa de hasta 274 057.8m³ que permitirán el riego de 62.67 ha de áreas de Cultivo en beneficio de 42 familias. De acuerdo a los ensayos de permeabilidad y basado en la geología local se identificaron unidades hidrogeológicas grupos de acuíferos y acuitardos. Dentro de la geodinámica interna la máxima intensidad que puede preverse para la zona es de VII grados en la escala modificada de Mercalli con una aceleración 0.25 g para un periodo de exposición de 50 años de acuerdo al IGP y en geodinámica externa se han identificado cárcavas, caída de rocas y antiguos deslizamientos. Se realizó los ensayos geofísicos de refracción sísmica, MASW y SEV (Sondeo Eléctrico Vertical) con la finalidad de conocer las características geológicas y el espesor del subsuelo donde se emplazará el eje y vaso de la presa proyectada. En cuanto a los estudios geotécnicos el macizo rocoso en la zona de eje de presa tiene una valoración de RMR de 48 a 60 con una calidad de roca de regular a buena, una cohesión de 1.971 kg/cm² y un ángulo de fricción interna de 24.33°, con una capacidad de carga de 20.63 kg/cm² según Hansen, valor apto y alto por ser substrato rocoso y recomendable para este tipo de estructura, se realizaron 3 calicatas en el vaso de la

presa, 3 en el eje y 2 para material de cantera que han permitido definir las características físicas – mecánicas del suelo. Se cuenta con buen material de cantera con el fin de garantizar la construcción del dique y evitar sobrecostos de transporte de material cercana al dique de la presa.

Finalmente, con todos los datos obtenidos anteriormente se recomienda la construcción de una presa de tierra mixta, con material de gravas y arenas arcillosas con núcleo de arcilla y pedraplén, con una cimentación de profundidad de 1.5 metros a partir del sustrato rocoso, con altura del cuerpo de la presa de $H=15.00$ m, con un ancho de base $B = 73$ m y un largo de dique $L= 136$ m para un factor de seguridad de F.S: 2.39 favorables para la construcción de la presa Chocayhua.

Palabras Clave: Permeabilidad, hidrogeológica, refracción sísmica, fricción interna, dique, calicata, pedraplén, cimentación.

ABSTRACT

The research work corresponds to the Geological and Geotechnical Study for the Construction of the Chocayhua Dam, which is located in the department of Cusco, province of Canas, district of Quehue in the community of Chocayhua, located on datum WGS 84 in the area 19 L, with coordinates E:227611, N:8416964 and an average altitude of 4,307 meters above sea level. Geomorphologically, the Chocayhua micro-basin is located in the western cordillera of southern Peru. Locally, geomorphological units have been identified as low-sloping flat terraces, medium-sloping slopes in fluvio-glacial deposits, and steep slopes with a strong slope in volcanic rock. It has an area of 1.10 km². Geologically, it is located in the volcanic rocks corresponding to the muddy group composed of andesitic rocks and fluvio-glacial Quaternary material made up of angular gravels wrapped in a sandy-silt-clay matrix, mainly the reservoir area of the projected Chocayhua dam. Structurally, the Cusco-Lagunillas regional fault is recorded that goes in a NW-SE direction that delimits the structural domains (western cordillera and the altiplano) and locally two inferred local fault systems with NE-SW and NW-SE direction were identified. Hydrologically it is a level 6 hydrographic unit 499995 according to Pfaster, with an average annual T° of 5.9 °C and average annual precipitation of 950.60 mm, potential evapotranspiration of 528.94 mm and a runoff coefficient of 56%. The retention is 166.1 mm/year and represents 17.48% of the average annual precipitation, which is why it is a basin with rapid depletion, it has an average annual flow of 18.89 lt/s (0.02 m³/s). The basin will guarantee the reservoir of the dam of up to 274,057.8m³ that will allow the irrigation of 62.67 ha of Crop areas for the benefit of 42 families. According to the permeability tests and based on the local geology, hydrogeological units, groups of aquifers and aquitards were identified. Within the internal geodynamics, the maximum intensity that can be expected for the area is VII degrees on the modified Mercalli scale with an acceleration of 0.25 g for an exposure period of 50 years according to the IGP and external geodynamics have identified gullies, rockfall and old landslides. The geophysical tests of seismic refraction, MASW and SEV (Vertical Electrical Sounding) were carried out in order to know the geological characteristics and the thickness of the subsoil where the axis and vessel of the projected dam will be located. Regarding geotechnical studies, the rock mass in the dam axis area has an RMR rating of 48 to 60 with a fair to good rock quality, a cohesion of 1,971 kg/cm² and an internal friction angle of 24.33 °, with a load capacity of 20.63 kg/cm² according to Hansen, a suitable and high value for being a rocky substrate and recommended for this type of structure, 3 pits were made in the dam basin, 3 in the axis and 2 for material quarry that have allowed to define the physical-mechanical characteristics of the soil. There is good quarry material in order to guarantee the construction of the dam and avoid cost overruns for the transportation of material close to the dam's dam.

Finally, with all the data previously obtained, the construction of a mixed earth dam is recommended, with material of gravel and clayey sands with a clay core and pedraplén, with a foundation depth of 1.5 meters from the rocky substrate, with a height of body of the dam of H=15.00 m, with a base width B = 73 m and a length of dam L= 136 m for a safety factor of F.S: 2.39 favorable for the construction of the Chocayhua dam.

Key Words: Permeability, hydrogeology, seismic refraction, internal friction, dike, test pit, causeway, foundation.

CONTENIDO

Dedicatorias.....	ii
Agradecimientos.....	iii
Resumen.....	iv
Abstract.....	vi
1. Capítulo I GENERALIDADES	1
1.1. Introducción.....	1
1.2. Ubicación y accesibilidad.....	2
1.2.1. Ubicación política	2
1.2.2. Ubicación geográfica.....	2
1.2.3. Accesibilidad.....	2
1.3. Aspectos climáticos	3
1.3.1. Clima	3
1.3.2. Vegetación.....	4
1.3.3. Temperatura	4
1.3.4. Precipitación.....	5
1.4. Planteamiento del problema	7
1.4.1. Descripción del problema.....	7
1.5. Formulación del problema.....	8
1.5.1. Problema general.....	8
1.5.2. Problemas específicos	8
1.6. Objetivos.....	8
1.6.1. Objetivo general	8
1.6.2. Objetivos específicos.....	8
1.7. Justificación e importancia	9
1.8. Hipótesis	9
1.8.1. Hipótesis general	9
1.8.2. Hipótesis específicas	10
1.9. Variables de investigación.....	10
1.9.1. Variables independientes.....	10
1.9.2. Variables dependientes.....	11
1.10. Metodología de la investigación.....	11
1.10.1. Etapa de pre campo	11
1.10.2. Etapa de campo	12
1.10.3. Laboratorio	12
1.10.4. Etapa post campo	13

1.11.	Equipos, Materiales y Herramientas.....	13
	Matriz De Consistencia.....	15
2.	Capitulo II MARCO TEORICO	18
2.1.	Marco Referencial	18
2.1.1.	Antecedentes	18
2.2.	Marco conceptual	23
3.	Capitulo III GEOMORFOLOGIA	50
3.1.	Aspectos generales	50
3.2.	Geomorfología regional.....	51
3.2.1.	Cordillera Occidental	52
3.3.	Geomorfología local	56
3.3.1.	Pendiente	56
3.3.2.	Fisiografía:	58
3.4.	Parámetros geomorfológicos	60
3.4.1.	Clasificación hidrográfica	61
3.4.2.	Superficie	61
3.4.3.	Componentes de distancia.....	61
3.4.4.	Elementos de forma.....	62
4.	Capítulo IV GEOLOGIA.....	70
4.1.	Geología Regional	70
4.1.1.	Grupo Tacaza	70
4.1.2.	Formación Alfabamba	71
4.1.3.	Volcánico Quechua Grande	71
4.1.4.	Grupo Barroso	72
4.1.5.	Depósitos Cuaternarios (QH).....	73
4.2.	Geología Local	77
4.2.1.	Formación Quechua Grande (nq-qg).....	78
4.2.2.	Grupo barroso.....	78
4.2.3.	Depósitos Cuaternario (Qh-al)	80
4.3.	Tectónica Andina.....	82
4.3.1.	Deformación Cretáceo-Terciario.....	82
4.3.2.	Deformación del Terciario superior	83
4.4.	Geología estructural Regional	84
4.5.	Geología Estructural Local.....	85

4.5.1.	Sistema de Fallas	85
4.5.2.	Sistema de diaclasas	89
5.	Capítulo V HIDROLOGIA.....	105
5.1.	Aspectos generales	105
5.2.	Parámetros hidromorfométricos	106
5.2.1.	Orden de sistema de drenaje.....	106
5.2.2.	Densidad de drenaje (Dd).....	106
5.2.3.	Pendiente de cauce principal	106
5.3.	Hidrometeorología.....	107
5.3.1.	Temperatura	107
5.3.2.	Distribución espacial de la temperatura media mensual del área de estudio 110	
5.3.3.	Red de estaciones meteorológicas para precipitación	111
5.3.4.	Precipitación.....	112
5.3.5.	Evapotranspiración Potencial (ETP)	115
5.3.6.	Evapotranspiración Real (ETR)	116
5.3.7.	Cálculo de coeficiente de escurrimiento	117
5.3.8.	Análisis de la esorrentía superficial.....	118
5.3.9.	Capacidad De Almacenamiento Topográfico	121
5.3.10.	Balance hídrico superficial.....	123
5.3.11.	Infiltración:.....	125
5.4.	Hidrología Subterránea.....	127
5.4.1.	Generalidades:	127
5.4.2.	Unidades Hidrogeológicas	128
5.4.2.1	Acuíferos	128
5.4.2.2.	Acuitardos	128
6.	Capítulo VI GEODINAMICA	135
6.1.	Generalidades	135
6.2.	Geodinámica interna.....	136
6.2.1	Sismicidad Histórica	137
6.2.2.	Sismicidad Instrumental.....	139
6.2.3.	Intensidad Sísmica.....	139
6.2.4.	Sismicidad del área de estudio	140
6.2.5.	Aceleración Sísmica.....	142
6.3.	Geodinámica externa	144

6.3.1.	Fenómenos y Eventos Observados.....	145
7.	Capitulo VII GEOFISICA	151
7.1.	Generalidades	151
7.1.1.	Instrumentos para el levantamiento geofísico.....	151
7.1.2.	Normas técnicas	152
7.1.3.	Procedimiento de trabajo de campo	153
7.2.	Interpretación de datos de campo	154
7.2.1.	Refracción sísmica y MASW.....	154
7.2.2.	Sondaje eléctrico vertical	166
8.	Capitulo VIII GEOTECNIA.....	174
8.1.	Generalidades	174
8.2.	Normatividad.....	174
8.3.	Ubicación de las calicatas de prospección.....	175
8.4.	Características geotécnicas del vaso de la presa.....	176
8.4.1.	Calicata C-1.....	176
8.4.2.	Calicata C-2.....	177
8.4.3.	Calicata C-3.....	177
8.4.4.	Extracción de Muestras Representativas.....	178
8.5.	Características geotécnicas del eje de la presa	180
8.5.1.	Calicata C-4.....	180
8.5.2.	Calicata C-5.....	181
8.5.3.	Calicata C-6.....	182
8.6.	Evaluación Geomecánica de rocas en el eje de presa.....	184
8.6.1.	Orientación de las discontinuidades.....	185
8.6.2.	La resistencia de la matriz rocosa	189
8.6.3.	Valor de la clasificación geomecánica de los macizos rocosos	191
8.6.4.	Capacidad portante admisible del Terreno de Fundación	193
8.6.5.	Módulo de elasticidad	195
8.7.	Análisis de estabilidad del dique de la presa	195
9.	CAPITULO IX CANTERAS	198
9.1.	Canteras de Rocas.....	198
9.2.	Cantera de Agregados.....	199
9.3.	Material de Cantera de suelo para compactación.	200
10.	ANALISIS Y RESULTADOS	202

11.	CONCLUSIONES	209
12.	RECOMENDACIONES.....	212
13.	BIBLIOGRAFIA	213
14.	ANEXOS	215

Índice de Figuras

	<i>Figura 1: Trayecto desde Cusco hasta el distrito de Quehue</i>	3
	<i>Figura 2: Clima y vegetación de la zona de estudio.</i>	4
	<i>Figura 3: Temperatura promedio diario durante el año.....</i>	5
	<i>Fígura 4: Probabilidad diaria de precipitación durante el año.....</i>	6
	<i>Fígura 5: Esquema de la prueba de permeabilidad Lefranc.(Fuente: Hidrogeología FISCH).....</i>	28
	<i>Fígura 6: Diagrama conceptual del funcionamiento de un método sísmico.....</i>	29
	<i>Fígura 7: Valores de Resistividades de diferentes rocas y minerales (referencial).....</i>	37
	<i>Fígura 8: Disposición de electrodos Schlumberger que se utilizó en campo.....</i>	38
	<i>Figura 9: Curva de distribución de tamaño de partícula: análisis de tamiz y de hidrómetro.....</i>	40
	<i>Figura 10: Límites de Aterberg</i>	40
	<i>Fígura 11: Curva de flujo para la determinación del límite líquido de una arcilla limosa</i>	41
	<i>Fígura 12: Esquema Ilustrativo de SUCS</i>	43
	<i>Fígura 13: Gráfica de plasticidad</i>	43
	<i>Figura 14: Zona de estudio para la Presa de Chocayhua.....</i>	50
	<i>Fígura 15: Mapa geomorfológico regional de la microcuenca de Chocayhua</i>	52
	<i>Figura 16: Mapa Geomorfológico Regional</i>	53
	<i>Fígura 17: Valle Glaciar de la zona de Estudio.....</i>	54
	<i>Fígura 18: Complejo Volcánico en el Cañon del rio Apurímac.....</i>	55
	<i>Fígura 19: Unidades geomorfológicas en la zona de estudio</i>	56
	<i>Fígura 20: Mapa de pendientes de la zona de estudio.</i>	57
	<i>Fígura 21: Vertiente del rio Chocayhua.....</i>	58
	<i>Fígura 22: Terrazas Fluvioglaciares.....</i>	58
	<i>Fígura 23: Geomorfología del area de estudio.</i>	59
	<i>Fígura 24: Laderas empinadas en roca volcánica y deposito cuaternario.....</i>	60
	<i>Fígura 25: Curva hipsométrica y frecuencia de altitudes- Chocayhua</i>	64
	<i>Figura 26: Curvas hipsométricas para tipos de fase según Strahler</i>	65
	<i>Fígura 27: Vista panorámica de una parte de la cuenca Chocayhua.</i>	66
	<i>Fígura 28: Columna Estratigrafica Regional del Cuadrangulo de Livitaca.(Fuente: INGEMMET).....</i>	75
	<i>Fígura 29: Mapa Geológico Estructural Regional</i>	76
	<i>Figura 30: Columna estratigrafía de la zona de estudio.....</i>	77
	<i>Fígura 31: Afloramiento de la formación Quechua Grande ubicado al Nor-este de la Microcuenca de Chocayhua.</i>	78

<i>Figura 32: Formaciones Geológicas presentes en el área de Estudio.....</i>	79
<i>Figura 33: Muestra de roca volcánica de toba soldada.....</i>	79
<i>Figura 34: Muestra de roca andesita de color gris oscuro.....</i>	80
<i>Figura 35: Deposito Morrénicos en laderas empinadas de la microcuenca de Chocayhua</i>	
.....	81
<i>Figura 36: Depósito cuaternario fluvio-aluvial</i>	81
<i>Figura 37: Mapa geológico local de la zona de estudio de Chocayhua.</i>	82
<i>Figura 38: Fallas presentes en zona de estudio con presencia de escarpa.</i>	86
<i>Figura 39: Falla 01 en dirección del manante principal de la zona de estudio</i>	86
<i>Figura 40: Falla 2 inferido en zona de estudio con presencia de escarpa y la ubicación del eje de la presa.</i>	87
<i>Figura 41: Mapa estructural local de la microcuenca Chocayhua.</i>	88
<i>Figura 42: perfil geológico A-A´ en eje de presa.</i>	89
<i>Figura 43: Sistemas de diaclasas en los macizos rocosos de la zona de estudios</i>	90
<i>Figura 44: Diagrama de concentración de polos y planos de dirección de buzamiento</i>	
EG01	91
<i>Figura 45: Diagrama de rosetas EG01</i>	92
<i>Figura 46: Sistemas de diaclasas en la estación 1.</i>	92
<i>Figura 47: Diagrama de concentración de polos y planos de dirección de buzamiento</i>	
EG02	93
<i>Figura 48: Diagrama de rosetas EG02</i>	94
<i>Figura 49: sistemas de diaclasas en la estación 2.</i>	94
<i>Figura 50: Diagrama de concentración de polos y planos de dirección de buzamiento</i>	
EG03	95
<i>Figura 51: Diagrama de rosetas EG03</i>	96
<i>Figura 52: Sistemas de diaclasas en la estación 3.</i>	96
<i>Figura 53: Medicion de rumbo y buzamiento de las diaclasas EG04.....</i>	97
<i>Figura 54: Diagrama de concentración de polos y planos de dirección de buzamiento</i>	
EG04	98
<i>Figura 55: Diagrama de rosetas EG04</i>	98
<i>Figura 56: Sistemas de diaclasas en la estación 4.</i>	99
<i>Figura 57: Diagrama de concentración de polos y planos de dirección de buzamiento</i>	
EG05	100
<i>Figura 58: Diagrama de rosetas EG05</i>	100
<i>Figura 59: Sistemas de diaclasas en la estación 5.</i>	101
<i>Figura 60: Vista en planta del área de emplazamiento del dique de la presa, mostrando las zonas de trabajo y sus respectivos diagramas de rosa, con dos familias, el principal con dirección NE-SW y el segundo con dirección NW-SE.</i>	101
<i>Figura 61: Sistema de Clsificacion de la microcuenca de Chocayhua mediante el metodo Pfastetter.....</i>	105
<i>Figura 62: Drenajes caracterizados del área de estudio.</i>	106
<i>Figura 63: Tendencia regionalizada de estaciones de temperatura</i>	107
<i>Figura 64: Temperaturas medias mensuales de la zona de estudio respecto a las estaciones meteorológicas.</i>	108
<i>Figura 65: Temperaturas máximas medias mensuales Choqayhua</i>	109
<i>Figura 66: Temperaturas mínimas medias mensuales Chocayhua.....</i>	110

<i>Figura 67: Mapa de isotermas promedio anual de la zona de estudio</i>	<i>111</i>
<i>Figura 68: Análisis de regionalización de las 4 estaciones meteorológicas.....</i>	<i>113</i>
<i>Figura 69: Comportamiento de la precipitación media por mes.</i>	<i>114</i>
<i>Figura 70: Mapa de Isoyetas de la Microcuenca de Chocayhua.....</i>	<i>115</i>
<i>Figura 71: Evapotranspiración potencial mensual vs precipitación Chocayhua.....</i>	<i>116</i>
<i>Figura 72: Levantamiento topográfico de área posible de inundación</i>	<i>122</i>
<i>Figura 73: Prueba de permeabilidad carga variable Lefranc en Suelo Fluvioaluvial... </i>	<i>126</i>
<i>Figura 74: Prueba de permeabilidad en Suelo Fluvioglaciar.....</i>	<i>126</i>
<i>Figura 75: Mapa Hidrogeológico de la Microcuenca de Chocayhua</i>	<i>129</i>
<i>Figura 76: Mapa de sismicidad para el Perú, periodo 1960 al 2012</i>	<i>138</i>
<i>Figura 77: Mapa de Distribuciones de Máximas Intensidades Sísmicas observadas en el Perú.....</i>	<i>140</i>
<i>Figura 78: Mapa sísmico del Perú y Mapa de Zonas de Mayor Concentración de Sismos Superficiales para el departamento de Cusco. Fuente: Indeci.....</i>	<i>141</i>
<i>Figura 79: Mapa de isoaceleraciones del Perú (Fuente: IGP).....</i>	<i>142</i>
<i>Figura 80: Ubicación de la zona de estudio en las zonas sísmicas del Perú.....</i>	<i>143</i>
<i>Figura 81: Se aprecian los sistemas de cárcavas en la ladera Nor-oeste del vaso de la presa.....</i>	<i>146</i>
<i>Figura 82: Cauce erosivo del río Chocayhua véase los derrumbes que se producen por socavación en la rivera.....</i>	<i>147</i>
<i>Figura 83: Vista de los desprendimientos de roca y derrumbes antiguos de las laderas volcánicas del grupo Barroso.....</i>	<i>148</i>
<i>Figura 84: Zona de deslizamientos antiguos estabilizados.....</i>	<i>148</i>
<i>Figura 85: Mapa de Geodinámica Externa de la Microcuenca de Chocayhua.....</i>	<i>149</i>
<i>Figura 86: Sismógrafo Dolang utilizado en el estudio.....</i>	<i>152</i>
<i>Figura 87: Registro de la data sísmica-01 en el vaso de la presa de Chocayhua.</i>	<i>156</i>
<i>Figura 88: Registro de la data sísmica- 02 en el eje de la presa de Chocayhua.</i>	<i>157</i>
<i>Figura 89: Perfil Sísmico LS- 01</i>	<i>159</i>
<i>Figura 90: Perfil Sísmico LS- 02</i>	<i>160</i>
<i>Figura 91: Valores de resistividad en rocas y residuos sólidos.....</i>	<i>167</i>
<i>Figura 92: Resistivímetro Syscal Pro 10 canales.....</i>	<i>168</i>
<i>Figura 93: Metodo schlumberger</i>	<i>169</i>
<i>Figura 94: Sección Geoelectrica del eje de la presa Chocayhua</i>	<i>172</i>
<i>Figura 95: Mapa de Ubicación de la tomografía geo eléctrica y sísmica tomadas en campo a lo largo y el eje de la presa.</i>	<i>173</i>
<i>Figura 96: Registro fotográfico de perfiles y variación de estratos en calicatas 1, 2 y 3 en orden.....</i>	<i>178</i>
<i>Figura 97: Calicata C-4 perteneciente al estribo Izquierdo del eje de la Presa</i>	<i>181</i>
<i>Figura 98: Calicata C-5 perteneciente al estribo derecho del eje de la Presa.....</i>	<i>182</i>
<i>Figura 99: Calicata C-6</i>	<i>183</i>
<i>Figura 100: Orientación de las discontinuidades en la EG01.....</i>	<i>185</i>
<i>Figura 101: Orientación de las discontinuidades en la EG02.....</i>	<i>186</i>
<i>Figura 102: Orientación de las discontinuidades en la EG03.....</i>	<i>187</i>
<i>Figura 103: Orientación de las discontinuidades en la EG04.....</i>	<i>188</i>
<i>Figura 104: Orientación de las discontinuidades en la EG05.....</i>	<i>189</i>
<i>Figura 105: Resistencia a compresión de los núcleos de la EG1.</i>	<i>190</i>

<i>Figura 106: Resistencia a compresión de los núcleos de la EG3</i>	190
<i>Figura 107: Resistencia a compresión de los núcleos de la EG04.</i>	191
<i>Figura 108: Análisis de estabilidad de talud de dique aguas arriba</i>	196
<i>Figura 109: Diseño preliminar del dique de la presa Chocayhua</i>	197
<i>Figura 110: Ubicacion de las Canteras de Rocas al Nor-este y Nor-oeste del eje de la presa. (Fuente: Google Earth)</i>	198
<i>Figura 111: Sacado de material del rio para la producción de los agregados.</i>	199

Índice de Tablas

<i>Tabla 1 : Ubicación política de la microcuenca de Chocayhua</i>	2
<i>Tabla 2: Ubicación geográfica</i>	2
<i>Tabla 3: . Detalle de las vías de acceso a la Comunidad Campesina de Chocayhua</i>	3
<i>Tabla 4: Matriz de Consistencia de “Estudio Geológico, Geotécnico Para La Construcción De La Presa Chocayhua Del Distrito De Quehue- Canas</i>	15
<i>Tabla 5: Tipos de Formaciones hidrogeológicas y rangos característicos de porosidad y permeabilidad de las mismas figuras (Fuente: Fundamentos d la Hidrogeología)</i>	26
<i>Tabla 6: Recopilación de Martínez Vargas A (1990).</i>	34
<i>Tabla 7: ASTM D5777 (1995)</i>	34
<i>Tabla 8: Caracterización sísmica de suelos, según Nehr p (1993)</i>	35
<i>Tabla 9: Parámetros de suelo según la norma E30 2009 (Fuente: E030 2018)</i>	35
<i>Tabla 10: Tamaños estándares de los tamices</i>	39
<i>Tabla 11: 1er Parámetro de Resistencia de la Roca</i>	45
<i>Tabla 12: Parámetro de Índice de calidad RQD del macizo rocoso</i>	46
<i>Tabla 13: Parametro de la separación o el espaciamiento de las discontinuidades</i>	46
<i>Tabla 14: Parametro de la condición de Aberturas de las discontinuidades</i>	46
<i>Tabla 15: Parametro de la condición de Continuidad o persistencia de las discontinuidades.</i>	47
<i>Tabla 16: Parametro de la condición de Rugosidad de las discontinuidades.</i>	47
<i>Tabla 17: Parametro de la condición de Relleno de las discontinuidades.</i>	47
<i>Tabla 18: Parametro de la condición de Alteración de las discontinuidades</i>	47
<i>Tabla 19: Parámetro de la condición de la presencia del agua</i>	48
<i>Tabla 20: Parametro de clasificación para la determinación de los buzamientos con respecto al efecto relativo con relación al eje de la obra</i>	48
<i>Tabla 21: Valoración para Fundaciones</i>	48
<i>Tabla 22: Calidad del macizo rocoso con relación al Índice RMR</i>	48
<i>Tabla 23 : Clasificación de pendientes y áreas de la zona de estudio.</i>	56
<i>Tabla 24: Unidades Geomorfológicas locales en la microcuenca de Chocayhua</i>	60
<i>Tabla 25: Rangos de unidades geográficas Metodología de priorización de cuencas por la DSMC – DGASI.</i>	61
<i>Tabla 26: Rangos de factor forma</i>	62
<i>Tabla 27: Parámetros Morfométricos de la Cuenca Chocayhua</i>	62
<i>Tabla 28 Tabla de datos de rangos de relieve y áreas parciales del área de estudio</i>	64
<i>Tabla 29. Datos de orientación de fallas</i>	85

Tabla 30. Datos de buzamiento y dirección de buzamiento de las diaclasas EG01	91
Tabla 31. Datos de buzamiento y dirección de buzamiento de las diaclasas EG02	93
Tabla 32. Datos de buzamiento y dirección de buzamiento de las diaclasas EG03	95
Tabla 33. Datos de buzamiento y dirección de buzamiento de las diaclasas EG04	97
Tabla 34. Datos de buzamiento y dirección de buzamiento de las diaclasas EG05	99
Tabla 35 : Regionalización de Temperaturas mensuales	107
Tabla 36: Medias mensuales de temperaturas maximas	108
Tabla 37: Medias mensuales de temperaturas mínimas.....	109
Tabla 38: Regionalización de precipitación en base a estaciones meteorológicas y altitud	112
.....	
Tabla 39:Regionalización por cotas de la zona de estudio.	113
Tabla 40: Precipitaciones mensuales para la zona de estudio.....	114
Tabla 41.: Evapotranspiración potencial y precipitación para altitud media de 4307.91	116
<i>m.s.n.m.</i>	116
Tabla 42 : Evapotranspiración real anual Chocayhua	117
Tabla 43: Coeficiente de escurrimiento anual de la zona de estudio.....	117
Tabla 44: Características generales de la zona de estudio Choqayhua	118
Tabla 45: Generación de caudales medios mensuales para el año promedio	119
Tabla 46:Oferta Hidrica de la Cuenca en los meses de Lluvia.....	120
Tabla 47:Capacidad de almacenamiento topográfico del vaso de la presa.	121
Tabla 48:La oferta y demanda de la cuenca Chocayhua	124
Tabla 49:Balance Hidrico d la cuenca Chocayhua.....	124
Tabla 50:Balance hídrico de la cuenca Chocayhua con proyección de represamiento	125
Tabla 51:Ubicacion de los ensayos de permeabilidad realizados en campo.....	125
Tabla 52:Resumen de los resultados de pruebas de infiltración.....	127
Tabla 53:Resultados de prueba de infiltración modelo Lefranc	127
Tabla 54: Tabla de terremotos con más intensidad en Perú desde 1969.....	138
Tabla 55: Aceleración Sísmica y su periodo de retorno.....	143
Tabla 56:Factores sísmicos de suelo según RNE E.030(SENCICO, 2019).	144
Tabla 57. Especificaciones técnicas de sismografo.....	152
Tabla 58:Coordenadas UTM – Ensayos Geofísicos – Refracción Sísmica.....	154
Tabla 59:Longitud - Refracción Sísmica	155
Tabla 60:Resumen de los Ensayos de Velocidades de Ondas P – Refracción Sísmica..	158
Tabla 61:Coordenadas UTM – Ensayos Geofísicos – Sondajes MASW	161
Tabla 62: Longitud – MASW	161
Tabla 63: Velocidades promedio de ondas de corte en superficie (Vs30)	163
Tabla 64: Velocidades promedio de ondas de corte (\bar{v}_s30).....	164
Tabla 65: Cálculo de Parámetros Elásticos (LRS - 01 / MASW-1).....	165
Tabla 66: Cálculo de Parámetros Elásticos (LRS - 02 / MASW-2).....	165
Tabla 67:Resumen de los Ensayos de Velocidades de Ondas P – Refracción Sísmica..	166
Tabla 68:Resumen de los Ensayos de Velocidades de Ondas S – MASW	166
Tabla 69:Coordenadas UTM – Ensayos Geofísicos – Sondaje Eléctrico Vertical	170
Tabla 70: Resultados de los Sondeos Eléctrico Verticales.....	170
Tabla 71:Ubicación de las calicatas en campo.	176
Tabla 72. Resumen de registro de campo de calicatas del vaso de la presa.....	177
Tabla 73:Resumen de Ensayos Basicos de Laboratorio.....	178

<i>Tabla 74. Resumen de ensayos básicos de laboratorio.....</i>	<i>178</i>
<i>Tabla 75. Resumen de registro de campo de calicatas del eje de la presa</i>	<i>183</i>
<i>Tabla 76:Resumen de Ensayos Basicos de Laboratorio.....</i>	<i>183</i>
<i>Tabla 77:Guía para la excavación y soporte en túneles y obras de ingeniería donde la condición de la roca es importante.....</i>	<i>184</i>
<i>Tabla 78. Tabla de buzamiento y dirección de buzamiento de la estación 1.</i>	<i>185</i>
<i>Tabla 79. Tabla de buzamiento y dirección de buzamiento de la estación 2.</i>	<i>186</i>
<i>Tabla 80: Tabla de resistencia a compresión. EG01</i>	<i>190</i>
<i>Tabla 81. Tabla de resistencia a compresión EG03.....</i>	<i>190</i>
<i>Tabla 82. Tabla de resistencia a compresión EG04.....</i>	<i>191</i>
<i>Tabla 83. Tabla de resumen de resistencia a compresión de las EG: 01,03 y 04.....</i>	<i>191</i>
<i>Tabla 84. Tabla de valor de RMR de la EG01</i>	<i>192</i>
<i>Tabla 85. Tabla de valor de RMR de la EG02.</i>	<i>192</i>
<i>Tabla 86. Tabla de valor de RMR de la EG03</i>	<i>192</i>
<i>Tabla 87: Valores de fricción y cohesión de estaciones geomecánicas en terreno de fundación del eje de la presa.</i>	<i>193</i>
<i>Tabla 88:Resumen del Módulo de Elasticidad y de Poisson.....</i>	<i>195</i>
<i>Tabla 89: Canteras de Rocas en Chocayhua.....</i>	<i>198</i>
<i>Tabla 90. Resumen de registro de campo de calicatas del vaso de la presa.....</i>	<i>200</i>
<i>Tabla 91. Resumen de ensayos básicos de laboratorio</i>	<i>200</i>
<i>Tabla 92. Resumen de ensayos especializados de laboratorio.....</i>	<i>200</i>
<i>Tabla 93. Parámetros de permeabilidad y densidad para material de cantera.....</i>	<i>201</i>

Índice de Planos

P-01 MAPA DE UBICACIÓN
P-02 MAPA DE ACCESIBILIDAD
P-03 MAPA GEOMORFOLOGICO REGIONAL
P-04 MAPA DE PENDIENTES
P-05 MAPA GEOMORFOLOGICO LOCAL
P-06 MAPA GEOLOGICO REGIONAL
P-07 MAPA GEOLOGICO LOCAL
P-08 MAPA ESTRUCTURAL LOCAL
P-09 MAPA DE ISOTERMAS
P-10 MAPA DE ISOYETAS
P-11 MAPA DE CUENCA COLECTORA
P-12 MAPA DE CAPACIDAD DE EMBALSE DE LA PRESA
P-13 MAPA DE HIDROGEOLOGIA
P-14 MAPA DE GEODINAMICA EXTERNA



Capítulo I

GENERALIDADES

1.1. Introducción

La comunidad de Chocayhua es un área que comprende parte del distrito de Quehue provincia de Canas del departamento de Cusco, donde la población se dedica a actividades agrícolas y ganaderas siendo estos las principales fuentes de ingreso económico, el principal problema que se tiene es la poca disponibilidad de recursos hídricos de ahí surge la necesidad de realizar el presente trabajo de investigación titulada “ESTUDIO GEOLOGICO, GEOTECNICO PARA LA COSTRUCIÓN DE LA PRESA CHOCAYHUA DEL DISTRITO DE QUEHUE-CANAS- CUSCO 2022”. La cual tiene objetivo principal realizar la caracterización geológica y geotécnica del terreno de fundación para garantizar la estabilidad y estanqueidad de la presa Chocayhua para conseguir un mejor aprovechamiento de las aguas pluviales y mejoramiento de la producción agrícola de la zona.

Con la elaboración del trabajo primeramente buscamos reconocer las distintas formaciones geológicas del substrato donde se proyecta la presa de Chocayhua, y reconocer las distintas unidades geomorfológicas, reconocer la acción geodinámica de la zona, caracterizar la actividad estructural que nos permita saber si presenta actividad.

Seguido realizar la evaluación geofísica que consiste en realizar la exploración del terreno por medio de ensayos de refracción sísmica, mediante las cuales se determinara la potencia de los estratos. También realizar el sondaje eléctrico vertical, el cual permite obtener los registros de la resistividad eléctrica en los estratos que componen el subsuelo. Con los valores obtenidos de las distintas resistividades se puede inferir de manera indirecta la geometría de los materiales del subsuelo respectivamente.



Finalmente determinamos las características físicas y mecánicas del subsuelo mediante estudios geotécnicos y geofísicos para la excavación proyectada del eje de la presa.

1.2. Ubicación y accesibilidad

1.2.1. Ubicación política

La zona de la pequeña presa CHOCAYHUA se encuentra ubicada:

Tabla 1 : Ubicación política de la microcuenca de Chocayhua

COORDENADAS GEOGRÁFICAS		COORDENADAS UTM		
Latitud Sur	Longitud Oeste	Este (X)	Norte (Y)	Altitud (m.s.n.m.)
-14.305850°	-71.524989°	227611	8416964	4095

1.2.2. Ubicación geográfica

Geográficamente está ubicada entre las coordenadas UTM WGS84 19L del siguiente rectángulo envolvente:

Tabla 2: Ubicación geográfica

Sector	Chocayhua
Comunidad	Chocayhua
Distrito	Quehue
Provincia	Canas
Departamento	Cusco

1.2.3. Accesibilidad

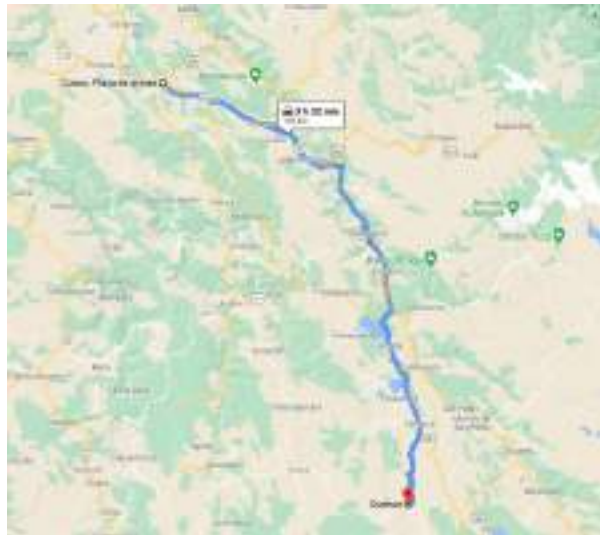
Para acceder a la zona del proyecto se tiene que recorrer la carretera asfaltada desde Cusco hasta Quehue en un total de 3 horas y media, posteriormente se debe recorrer la carretera afirmada desde Quehue hasta Chocayhua un total de 1 hora y media, siendo un total de 5 horas de viaje.



Tabla 3: Detalle de las vías de acceso a la Comunidad Campesina de Chocayhua

DESDE	HASTA	DISTANCIA (KM)	TIEMPO (HORAS)	TIPO DE VÍA	MEDIO DE TRANSPORTE
Cusco	Quehue	155.00	3 h 32 m	Asfaltado	Vehicular
Quehue	Chocayhua	30.00	1 h 28 m	Afirmado	Vehicular
		Total:	5 h		

Figura 1: Trayecto desde Cusco hasta el distrito de Quehue



Fuente: Google Maps.

1.3. Aspectos climáticos

1.3.1. Clima

El clima como en toda zona alta, es frío y seco, variando en intensidad de acuerdo a las áreas geomorfológicas. Así en altiplanicies y zonas altas, el clima es frígido, con temperaturas que en invierno varía de -3 °C a 18 °C y rara vez baja a menos de -5 °C o sube a más de 21 °C. Los vientos que azotan estas pampas son fríos, las precipitaciones todas son en forma de nieve y en cualquier época del año, siendo más intensa entre diciembre y abril.

Respecto a la humedad es mínima, siendo más bien seco.



1.3.2. Vegetación

Dentro de la zona de estudio la vegetación en las zonas altas, mesetas y punas hay mayor desarrollo de ichu. En los valles húmedos, se desarrolla el quicuyo y otras gramíneas que sirven de forraje al ganado auquénido.

Figura 2: Clima y vegetación de la zona de estudio.



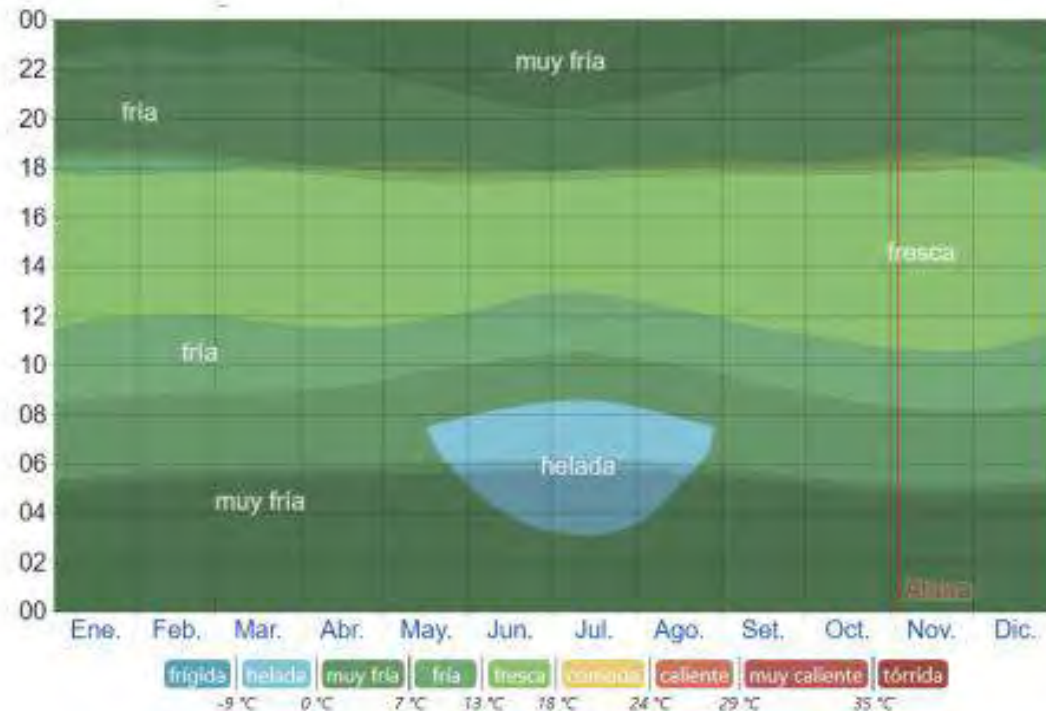
Fuente: Propia

1.3.3. Temperatura

La temporada templada dura 1,5 meses, del 202 de octubre al 7 de diciembre, y la temperatura máxima promedio diaria es más de 17 °C. El día más caluroso del año es el 15 de noviembre, con una temperatura máxima promedio de 18 °C y una temperatura mínima promedio de 4 °C. La temporada fría dura 1,5 meses, del 14 de junio al 31 de julio, y la temperatura máxima promedio diaria es menos de 16 °C. El día más frío del año es el 7 de julio, con una temperatura mínima promedio de -3 °C y máxima promedio de 15 °C.



Figura 3: Temperatura promedio diario durante el año



Fuente: weatherspark.com

1.3.4. Precipitación

Un día mojado es un día con por lo menos 1 milímetro de líquido o precipitación equivalente a líquido. La probabilidad de días mojados en Yanaoca varía considerablemente durante el año. La temporada más mojada dura 4,3 meses, de 20 de noviembre a 28 de marzo, con una probabilidad de más del 27 % de que cierto día será un día mojado. La probabilidad máxima de un día mojado es del 50 % el 15 de enero. La temporada más seca dura 7,7 meses, del 28 de marzo al 20 de noviembre. La probabilidad mínima de un día mojado es del 2 % el 22 de julio. Entre los días mojados, distinguimos entre los que tienen solamente lluvia, solamente nieve o una combinación de las dos. En base a esta categorización, el tipo más común de precipitación durante el año es solo lluvia, con una probabilidad máxima del 51 % el 15 de enero.



Figura 4: Probabilidad diaria de precipitación durante el año.



Fuente: weatherspark.com



1.4. Planteamiento del problema

1.4.1. Descripción del problema

La comunidad de Chocayhua es un área que comprende parte del distrito de Quehue, donde la población se dedica principalmente a actividades agrícolas y ganaderas siendo estos las principales fuentes de ingreso económico de sus hogares, en donde el principal problema que se tiene es la poca disponibilidad de recursos hídricos. Actualmente la comunidad de Chocayhua presenta una creciente demanda hídrica a causa del crecimiento poblacional y de la baja productividad agrícola por falta de agua principalmente en épocas de secano desde el mes de abril hasta el mes de noviembre dados, Chocayhua no cuenta con una infraestructura de riego de ahí surge la necesidad de construir una presa para riego y darle una seguridad física a las estructura del proyecto, la misma que permitirá un mejor aprovechamiento del potencial hídrico e incremento de la productividad agrícola.

Geomorfológicamente se requiere precisar y determinar la cerrada adecuada para la construcción de la presa y mitigar los riesgos geológicos (deslizamientos, derrumbes, fallas) significativos que puedan afectar la seguridad de la presa y del embalse.

Desde el punto de vista geológico y geotécnico se requiere conocer de manera detallada las características geológicas y geotécnicas del lugar que nos permitirá conocer las propiedades físicas y mecánicas de los suelos para la fundación del vaso y eje de la presa el cual garantizará el diseño del dique y la estanqueidad de la presa que debe embalsar agua durante las épocas de lluvia siendo este en beneficio para 42 familias para el riego 62.0 ha de áreas de cultivo.



1.5. Formulación del problema

1.5.1. Problema general

¿Cuáles son las características Geológicas y Geotécnicas del terreno de fundación y del vaso para la construcción de la presa Chocayhua del Distrito de Quehue – Canas - Cusco?

1.5.2. Problemas específicos

- ¿Qué características geológicas, geomorfológicas y el comportamiento estructural tiene el terreno de fundación del eje y vaso de la presa?
- ¿Qué condiciones hidrológicas e hidrogeológicas presenta el área de estudio?
- ¿Cuál es el comportamiento geodinámico interno y externo a la que está expuesto el área de estudio?
- ¿Qué características posee el subsuelo mediante métodos de prospección geofísica de Sondaje eléctrico vertical (SEV) y Refracción sísmica en el área de emplazamiento de la presa?
- ¿Qué parámetros y características geotécnicas presenta el eje y vaso de la presa?

1.6. Objetivos

1.6.1. Objetivo general

Evaluar las características Geológicas y Geotécnicas del terreno de fundación para garantizar la estabilidad y estanqueidad de la presa Chocayhua para conseguir un mejor aprovechamiento de las aguas pluviales y mejoramiento de la producción agrícola de la zona.

1.6.2. Objetivos específicos

- Determinar las características geológicas, geomorfológicas y el comportamiento estructural del terreno de fundación del eje y vaso de la presa Chocayhua.



- Evaluar las condiciones hidrológicas e hidrogeológicas del área de estudio.
- Evaluar la geodinámica interna y externa del ámbito de estudio.
- Determinar las características del subsuelo mediante métodos de prospección geofísica de Sondaje eléctrico vertical (SEV) y Refracción sísmica.
- Determinar los parámetros y características geotécnicas de los materiales presentes en el eje y vaso de la presa.

1.7. Justificación e importancia

La presente investigación del siguiente trabajo sirve como tesis de pregrado en la Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco de la escuela profesional de Ingeniería Geológica y Facultad de Ingeniería Geológica Minas y Metalúrgica.

Seguido tiene por finalidad poder brindar datos de la caracterización geológica y geotécnica de los materiales donde se fundará el eje de la presa la cual comprende la determinación de las propiedades físicas y mecánicas del área de emplazamiento de la presa, que permita realizar el diseño del dique de la presa y establecer las condiciones para su estanqueidad del vaso de presa.

La construcción de la presa permitirá un mejor aprovechamiento del potencial hídrico existente y por ende un incremento en la productividad de la agricultura de la zona beneficiada de la comunidad campesina de Chocayhua, la cual beneficiará a 42 familias beneficiarias y las áreas involucradas con el fin de una mejor gestión del recurso hídrico.

1.8. Hipótesis

1.8.1. Hipótesis general

Las características geológicas y geotécnicas de la presa Chocayhua presentan parámetros físicos y mecánicos favorables para su emplazamiento, necesarios para la captación de agua pluvial y cubrir la demanda de agua de la población con fines de riego.



1.8.2. Hipótesis específicas

- Las condiciones geológicas y morfológicas de las rocas del dique y del vaso cumplen con los requerimientos para emplazamiento de una presa, las cuales son adecuados para un almacenamiento óptimo.
- Las condiciones hidrológicas favorecen para el aprovechamiento de aguas superficiales y la estanqueidad de la presa, asimismo las condiciones hidrogeológicas por encontrarse sobre rocas volcánicas fracturadas son susceptibles de flujos subterráneos.
- Las condiciones geodinámicas tanto internas como externas son mínimas por lo tanto son favorables para el emplazamiento de la presa.
- Las características del subsuelo mediante métodos de prospección geofísica de Sondaje eléctrico vertical (SEV) y Refracción sísmica presentan materiales favorables para el emplazamiento de la presa.
- Los parámetros y características geotécnicas de los materiales cumplen según la normatividad vigente para la construcción de una presa.

1.9. Variables de investigación

1.9.1. Variables independientes

- Geología:
 - Geomorfología
 - Geología
 - Estructural
 - Hidrología
 - Geodinámica



- Geotecnia

1.9.2. Variables dependientes

Construcción de la Presa Chocayhua

1.10. Metodología de la investigación

Analítico, Descriptivo, Hipotético Según Aguirre & De la torre, (2019) esta investigación se encarga de estudiar de manera critica la información; seleccionar hechos, sucesos, variables, categorías que se observan o miden en la realidad con la intención de describir estos aspectos específicos y verificar la hipótesis y diseño de la investigación No Experimental según Vasquez (2020).

1.10.1. Etapa de pre campo

Es una etapa preliminar a la etapa de campo en el cual se procede con la recopilación de información existente de la zona a investigar y de áreas adyacentes como:

- Revisión de boletines del INGEMMET. (Geología de los cuadrángulos de Cuzco y Livitaca. Hojas: 28-s y 29-s - [Boletín A 52] - Mendivil Echevarría, Salvador | Dávila Manrique, David.)
- Revisión de información bibliográfica de geología, geotecnia, geodinámica y geofísica.
- Elaboración de mapas base, satelitales de escalas 1: 100000 y 1: 50 000.
- Elaboración de mapas topográficos a partir de informaciones DEM de precisión de 10 metros.
- Revisión e impresión de fotografías aéreas de la zona de estudio mediante el programa google earth.



1.10.2. Etapa de campo

En esta etapa se realizó lo siguiente:

- Levantamiento de información geológica, estructural, geomorfología y geodinámicas para su interpretación en mapas correspondientes.
- Ensayos de prospección geofísica (SEV y refracción sísmica) a lo largo del eje y del vaso de la presa mediante el método de Slumberger.
- Exploración geotécnica mediante la ejecución de calicatas en el eje de presa y el vaso y toma de muestras de suelo no alteradas de cada horizonte de cada calicata para conocer sus características física mecánicas mediante los ensayos de laboratorio. (Análisis Granulométrico, Límites de Aterberg, Corte directo)
- Levantamiento de datos geomecánicas de estructuras, rumbos y buzamientos (fallas y diaclasas) mediante la brújula, para la valoración de macizos rocosos y calcular el RMR donde se realizará el emplazamiento de la presa.
- Toma de muestras de rocas para diferentes ensayos, para determinar la resistencia de las mismas mediante el método de compresión uniaxial.
- Toma de muestras de suelo de calicatas para determinar el material de cantera para la construcción de la presa.
- Realización de ensayos de permeabilidad en suelo in situ para determinar el coeficiente de permeabilidad mediante el ensayo de Lefranc de carga variable.

1.10.3. Laboratorio

En esta etapa se determinó datos de muestras obtenidas en la etapa de campo mediante laboratorio geotécnico para obtener las características físico mecánicas, detalladas a continuación:



Se determinó en suelos:

- Análisis granulométrico por tamizado (ASTM D 422) MTC E 107
- Determinación del límite líquido (ASTM D 4318) MTC E 110
- Determinación del límite plástico MTC E 111
- Clasificación: SUCS ASTM D 2487
- Contenido de humedad MTC - E108
- Densidad Natural ASTM D 1556

Se determinó en rocas:

- Descripción de propiedades físicas de las rocas.
- Resistencia a la compresión MTC E 123
- Compresión Uniaxial en rocas.

1.10.4. Etapa post campo

Se realizó el análisis e interpretación de la información obtenida en las etapas anteriores mencionadas basadas en el procesamiento de hojas de cálculo, elaboración de mapas a escala local, discusión de resultados y en la redacción de la tesis de investigación llegando a las conclusiones y recomendaciones.

1.11. Equipos, Materiales y Herramientas

Equipos de campo

Brújula, GPS, Computadora, cronometro, cinta métrica de 50 metros, eclímetro, cámara fotográfica, reloj digital, Esclerómetro, Resistivímetro eléctrico, Sismografo

Equipos de gabinete

Computadora, laptop, impresora, plotter, escáner, fotocopiadora.

Materiales de campo



Imagen satelital, cartas nacionales, tablero, lápiz de color, porta minas, papel milimetrado, bolsas de muestras para suelo, ácido clorhídrico al 10%, lupa 15-20x, rayador, protector, ponchos de agua.

Materiales de gabinete

Revisión bibliográfica, papeles de impresión A4 y A3, material de escritorio.

Herramientas de campo

Baldes, combas, tubo PVC de 2”, Picota o martillo de geólogo.

Herramientas de gabinete

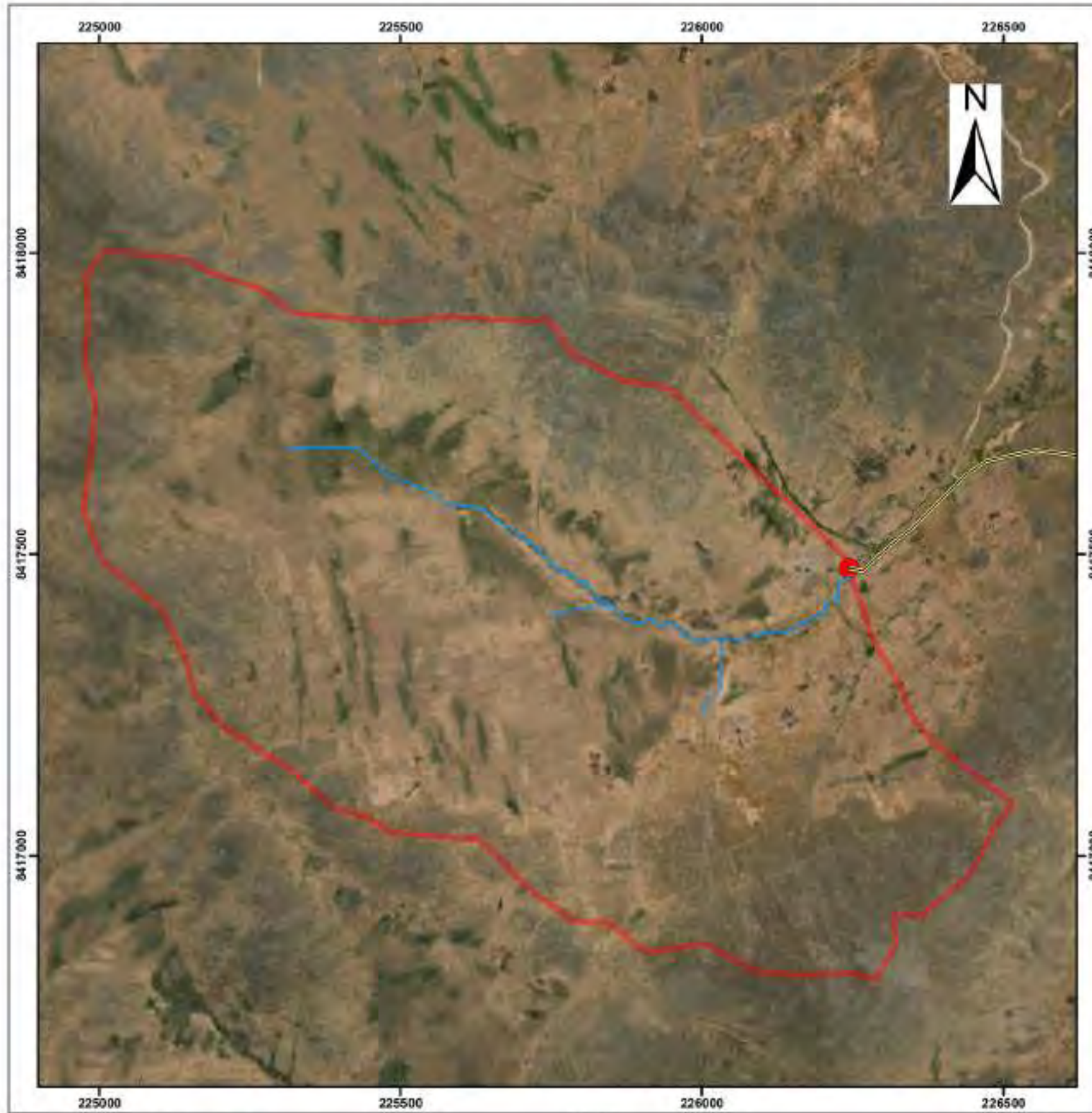
Software de SIG, Software AutoCAD, civil 3D, Software Geogiga, Software Seisimager, Programa SASPlanet Programa de Google Earth Pro, Programas en Excel y Microsoft Office.

Matriz De Consistencia

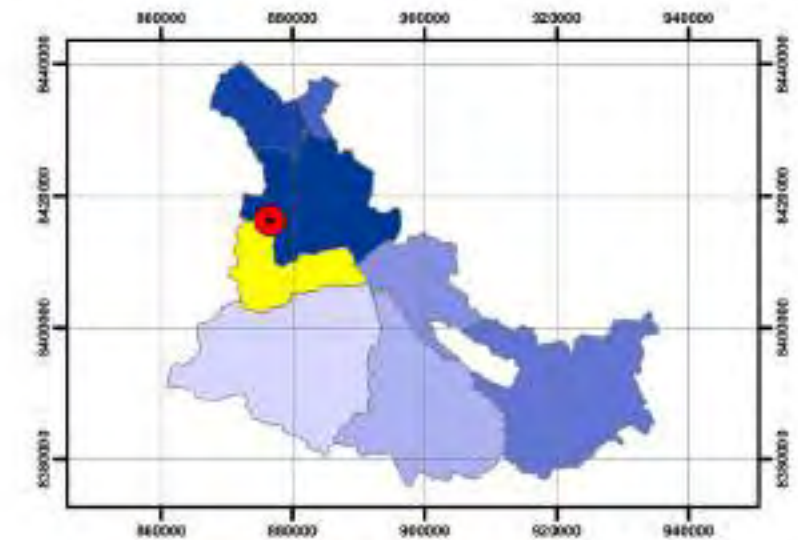
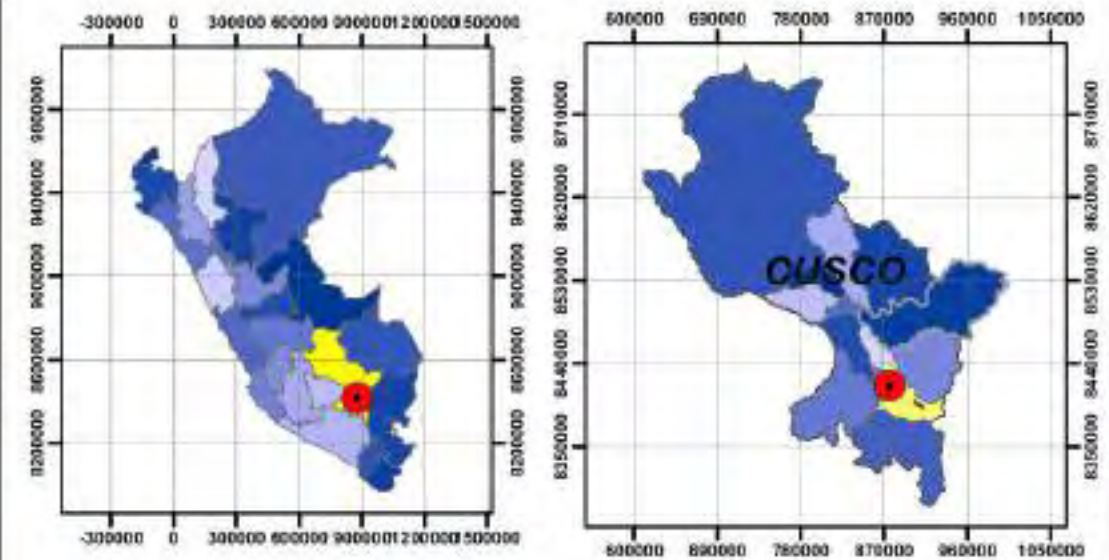
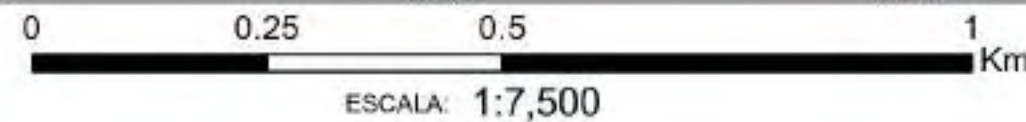
Tabla 4: Matriz de Consistencia de “Estudio Geológico, Geotécnico Para La Construcción De La Presa Chocayhua Del Distrito De Quehue- Canas

MARCO REFERENCIAL	PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	REPRESENTACION DE VARIABLE	METODOLOGIA
<p>- Tesis- Estudio Geológico y Geotécnico del terreno de fundación para la construcción de la presa Huisillopunku – Santo Tomas</p> <p>Gutierrez, Edwin y Quispe, Rosmery concluyen que Geológicamente en su zona la presa se emplaza en rocas volcánicas, siendo recubiertas por depósitos cuaternarios. El eje de la presa se asentará en la formación Alpacabamba, conformadas por rocas volcánicas de composición andesíticas y riolíticas de textura porfídica y que la cimentación del dique de la presa proyectada sea diseñada como presa de concreto, 2022</p> <p>- Tesis- Estudio Geológico, Geotécnico Para La Construcción De La Presa Hayculi En La Comunidad Campesina De Quehuincha Del Distrito De Livitaca – Chumbivilcas - Cusco” Por Bach. Ronald Ramirez Oyola. Concluyen Con el estudio geológico geotécnico se determinó la litología, resistencia mecánica del terreno, estructuras, permeabilidad de esta manera garantizar la estanqueidad del agua.</p> <p>- Tesis- Tesis- Estudio geológico y geotécnico para la construcción de la presa quillca – Espinar – Cusco, por: Francis prado alzamorra y Higor Velasquez Paucar, 2015 concluye que los aspectos técnicos relacionado a mecánica de rocas, (Clasificación del macizo rocoso, Discontinuidad, RQD, RMR, etc.), así como el cálculo de capacidad portante, lo cual nos servirá para diseñar la subestructura del dique, como la profundidad de cimentación del Dentellón, también está contemplado determinar las zonas de aprovisionamiento de materiales</p>	<p>PROBLEMA GENERAL</p> <p>¿Cuáles son las características Geológicas y Geotécnicas del terreno de fundación para la construcción de la presa Chocayhua Del Distrito de Quehue – Canas - Cusco?</p> <p>PROBLEMAS ESPECÍFICOS</p> <p>- ¿Qué características geológicas, geomorfológicas y el comportamiento estructural tiene el terreno de fundación del eje y vaso de la presa??</p> <p>- ¿Qué condiciones hidrológicas e hidrogeológicas presenta el área de estudio?</p> <p>- ¿Cuál es el comportamiento geodinámico interno y externo a la que está expuesto el área de estudio?</p> <p>- ¿Cuáles son las características del subsuelo mediante métodos de prospección geofísica de Sondaje eléctrico vertical (SEV) y Refracción sísmica?</p> <p>- ¿Cuáles son los parámetros y características geotécnicas de los materiales presentes en el eje de la presa?</p>	<p>OBJETIVO GENERAL</p> <p>Evaluar las características Geológicas y Geotécnicas del terreno de fundación para garantizar la estabilidad y estanqueidad de la presa Chocayhua para conseguir un mejor aprovechamiento de las aguas pluviales y mejoramiento de la producción agrícola de la zona.</p> <p>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</p> <ul style="list-style-type: none"> • Determinar las características geológicas, geomorfológicas y el comportamiento estructural del terreno de fundación del eje y vaso de la presa Chocayhua.. • Evaluar las condiciones hidrológicas e hidrogeológicas del área de estudio. • Evaluar la geodinámica interna y externa del ámbito de estudio. • Determinar las características del subsuelo mediante métodos de prospección geofísica de Sondaje eléctrico vertical (SEV) y Refracción sísmica. • Determinar los parámetros y características geotécnicas de los materiales presentes en el eje y vaso de la presa. 	<p>Las características geológicas y geotécnicas de la presa Chocayhua presentan parámetros físicos y mecánicos favorables para su emplazamiento, necesarios para la captación de agua pluvial y cubrir la demanda de agua de la población con fines de riego.</p>	<p>VARIABLES:</p> <p>DEPENDIENTES:</p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ Características geotécnicas Construcción de la Presa Chocayhua <p>INDEPENDIENTES</p> <p>Geología</p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ Geomorfología ◆ Geotecnia ◆ Geodinámica ◆ Hidrología ◆ Hidrogeología ◆ Hidrometeorología 	<p>MÉTODO:</p> <p>Análítico – descriptivo - explicativo</p> <p>PROCEDIMIENTO</p> <p>La metodología se divide en 3 etapas:</p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ Trabajo en gabinete I ◆ Trabajo en campo ◆ Trabajo en gabinete II <p>TÉCNICAS:</p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ Recopilación bibliográfica, cartográfica, fotográfica y su análisis. ◆ Hacer el mapeo geológico, realizar ensayos geotécnicos, geofísicos e hidrogeológicos, diseño de perfiles. ◆ Realizar ensayos de laboratorio ◆ Procesar los datos, analizar e interpretar los resultados y obtener las conclusiones y recomendaciones para finalmente redactar el informe.
			<p>JUSTIFICACIÓN</p>		
			<p>La presente investigación del siguiente trabajo sirve como tesis de pregrado en la Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco de la escuela profesional de Ingeniería Geológica y Facultad de Ingeniería Geológica Minas y Metalúrgica.</p> <p>Seguido tiene por finalidad poder brindar datos de la caracterización geológica y geotécnica de los materiales donde se fundará el eje de la presa comprende la determinación de las propiedades físicas y mecánicas del área de emplazamiento de la presa, que permita realizar el diseño del dique de la presa y establecer las condiciones para su estanqueidad del vaso de presa.</p> <p>La construcción de la presa permitirá un mejor aprovechamiento del potencial hídrico existente y por ende un incremento en la productividad de la agricultura de la zona afectada de la comunidad campesina de Chocayhua, la cual beneficiará las áreas involucradas con el fin de una mejor gestión del recurso hídrico.</p>	<p>INDICADORES</p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ Pendiente ◆ Lito-Estratigrafía ◆ Discontinuidades ◆ Precipitación ◆ Evapotranspiración ◆ Caudal ◆ Litología ◆ Permeabilidad ◆ Geodinámica ◆ Hidrología 	

MAPA DE UBICACIÓN DE LA MICROCUENCA DE CHOCAYHUA



Proyección: UTM WGS 1984 Zona 19s
 Datum horizontal: Sistema Geodesico mundial (WGS 84)
 Datum Vertical: Nivel medio del Mar
 Amplitud de curvas: Indicadas

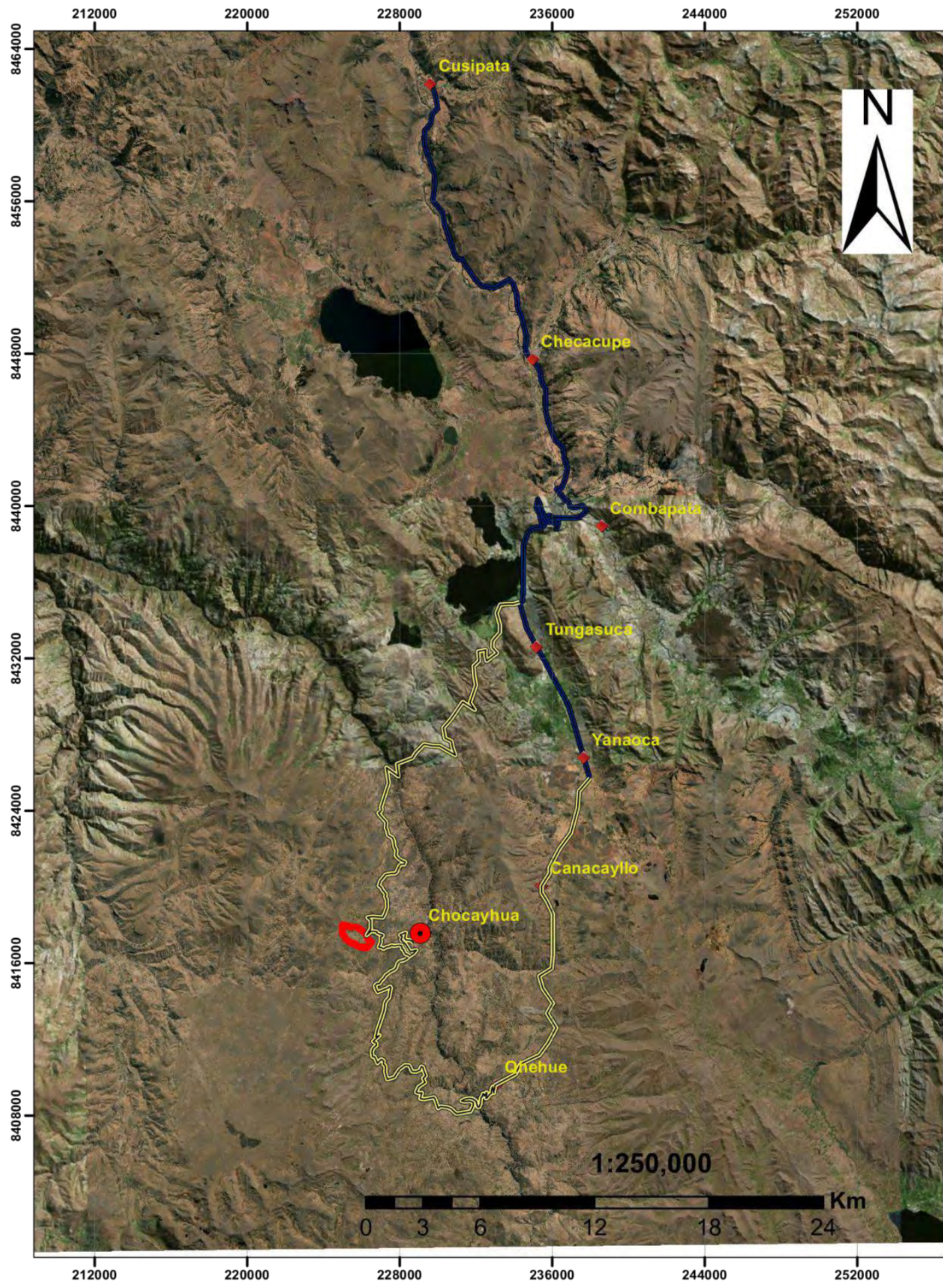


SIMBOLOGIA

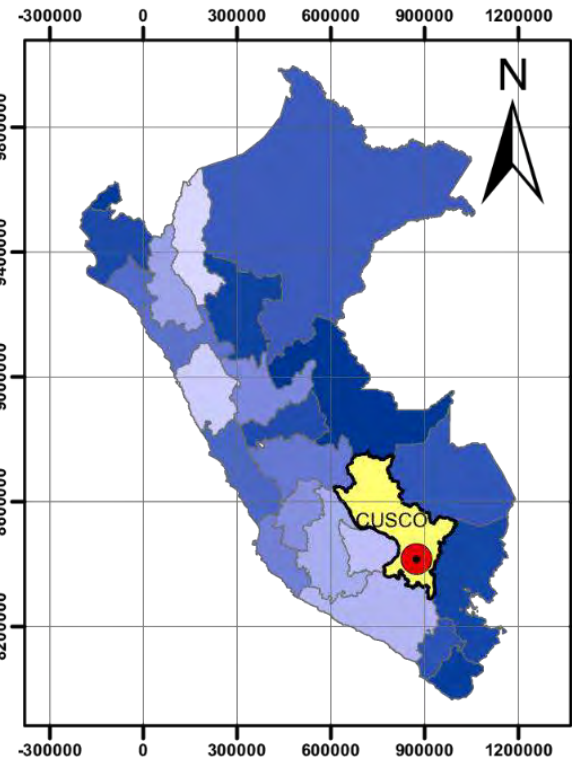
- Via Trocha Carrosable
- Drenaje
- cuenca
- Desfogue

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA		
TITULO: MAPA DE UBICACIÓN DE LA MICROCUENCA DE CHOCAYHUA		
FECHA: INFORME GEOLOGICO, GEOTECNICO PARA LA CONSTRUCCION DE LA PARRILLA CHOCAYHUA DEL DISTRITO DE QUEHUE - CANAS - CUSCO 2023		
DEPARTAMENTO: CUSCO	DATUM: 19 S WGS 84	LABORA:
PROVINCIA: CANAS	LABORADO: MIA. ANILNEY CANAS CUSCO	<h1>P-01</h1>
DISTRITO: QUEHUE	Asesor: Mg. Wladimir Lopez Zapana	
COMUNIDAD: CHOCAYHUA	FECHA: Enero 2023	ESCALA: 1:7.500

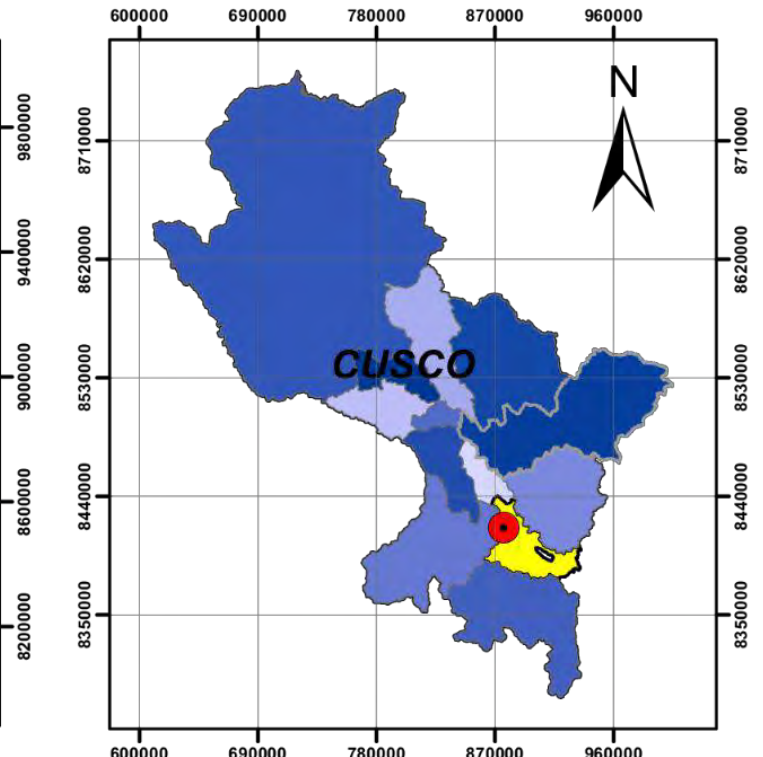
MAPA DE ACCESIBILIDAD A LA MICROCUENCA DE CHOCAYHUA



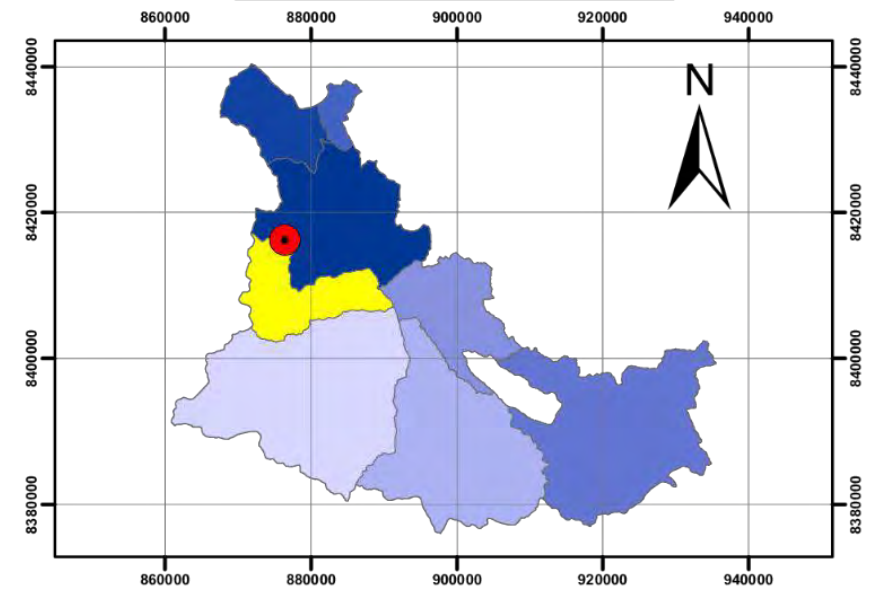
MAPA DEL PERU



REGIÓN CUSCO



PROVINCIA CANAS



SIMBOLOGIA

- Zona_Estudio_Chocayhua
- Poblados
- cuenca
- Carretera Afirmada
- Carretera trocha carrozable

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA					
PLANO:					
MAPA DE ACCSEIBILIDAD DE LA MICROCUENCA DE CHOCAYHUA					
TESIS:					
"ESTUDIO GEOLOGICO, GEOTECNICO PARA LA COSTRUCCION DE LA PRESA CHOCAYHUA DEL DISTRITO DE QUEHUE- CANAS- CUSCO 2022"					
DEPARTAMENTO:		DATUM:		LAMINA:	
CUSCO		19 S WGS 84		<h1>P-02</h1>	
PROVINCIA:		ELABORADO:			
CANAS		Bch. Rosmary Carlos Chuma Bch. Michael Manuel Garcia Mendoza			
DISTRITO:		Asesor: Mgt. Ronald Luis Lopez Zapana			
QUEHUE		FECHA:			
COMUNIDAD:		Enero 2023		ESCALA:	
CHOQAYHUA				1:22,743,977	



Capítulo II MARCO TEORICO

2.1. Marco Referencial

2.1.1. Antecedentes

Para el desarrollo de la siguiente tesis se ha iniciado con la fase de recopilar y evaluar toda la información existente referente a los temas a desarrollar e incluso a estudios preliminares hechos en la zona o adyacente a ella tales como los siguientes temas:

Antecedentes Locales

- De acuerdo a la tesis titulada como Estudio geológico y geotécnico para la construcción de la presa quillca – Espinar – Cusco, por: Francis prado alzamorra y Higor Velasquez Paucar,2015 busco desarrollar un estudio geológico y geotécnico del área para el emplazamiento de la presa aplicando una determinada metodología concluyendo que la evaluación Hidrológica está basada en los parámetros relacionados al balance hídrico de la microcuenca, necesarios para obtener variables cualitativas como cuantitativas para la etapa de perfil del proyecto, también concluyen que los aspectos técnicos relacionado a mecánica de rocas, (Clasificación del macizo rocoso, Discontinuidad, RQD, RMR, etc.), así como el cálculo de capacidad portante nos servirá para diseñar la subestructura del dique, como la profundidad de cimentación del Dentellón, contemplan determinar las zonas de aprovisionamiento de materiales (Canteras en volúmenes necesarios para la construcción del Dique).Así también en la zona del dique como en el vaso realizaron sondeos eléctricos verticales (SEV), y refracción sísmica determinando la potencia de los materiales de cobertura y el basamento rocoso.



- De acuerdo a la tesis titulada como Estudio Geológico y Geotécnico del terreno de fundación para la construcción de la presa Huisillopunku – Santo Tomas, Gutierrez, Edwin y Quispe, Rosmery (2021) busco desarrollar un estudio geológico y geotécnico del área para el emplazamiento de la presa aplicando una determinada metodología donde concluyen que geológicamente en su zona, la presa se emplazara en rocas volcánicas. El eje de la presa se asentará en la formación Alpabamba, conformadas por rocas volcánicas de composición andesíticas y riolíticas de textura porfídica similares a la formación volcánica del grupo barroso presentes en la microcuenca de Chocayhua, los estudios Geotécnicos, han permitido definir y obtener sus características físicas – mecánicas, en el eje y vaso de la presa proyectada de Huisillopunku, para lo cual se ha realizado el estudio de mecánica de suelos mediante las excavaciones de calicatas en el eje y vaso, así mismo se hizo la valoración del macizo rocoso mediante la clasificación RMR con valoración del macizo rocoso de 48 de calidad medio de clase III y que la cimentación del dique de la presa proyectada sea diseñada como presa de concreto.
- Estudio Geológico, Geotécnico Para La Construcción De La Presa Hayculli En La Comunidad Campesina De Quehuincha Del Distrito De Livitaca – Chumbivilcas - Cusco” Por Bach. Ronald Ramirez Oyola (2022) cuyo objetivo es desarrollar un estudio geológico y geotécnico del área para el emplazamiento de la presa aplicando una determinada metodología donde concluyen que con el estudio geofísico, por el método de refracción sísmica, se determinaron 3 estratos principales, el primero corresponde a un suelos fluvioglaciares medianamente



denso a denso que oscila de 2-3m con (V_p) de 600-1500m/s, el segundo estrato corresponde a un suelo fluvio-glaciar muy denso con probable presencia de bolonería, con un espesor que oscila de 3-11m con V_p que varía de 1100 a 1200m/s, el tercer estrato correspondería al basamento rocoso constituido por roca diorítica a una profundidad de 12-20m de profundidad respecto a la superficie del área de la presa, con V_p de 2500-4000m/s. Seguido la zona del entorno a la cantera Hayculli está conformada por suelos granulares arcillosos, que corresponde a material granular identificado como una Grava Arcillosa Limosa Con Arena $G_c - G_m + B_o$, presencia de bolonería ciclópea la cual es apropiada para la construcción de la presa de tierra con la consideración de que sean previamente zarandeados.

Antecedente Nacional

- Tesis Titulada: Evaluación Geotécnica para la Construcción de la Presa Huancayo – Junín, Carlos (2022), cuyo objetivo es realizar el estudio de las características geológicas - geotécnicas de lugar a evaluar para la construcción de la presa Ucuscancha. En la investigación de trabajo es de tipo descriptiva, analítica y en cuanto al diseño de investigación es no experimental transacción descriptiva. La población es el total de datos geológicos y geotécnicos tomados de la roca y el suelo de la zona del proyecto. La muestra de 17 calicatas en el área de presa, 07 en el eje de presa, 10 en el área del vaso, 26 calicatas en estructuras complementarias (04 en bocatomas, 05 en tramo alto del lado derecha del canal, 02 en el partidor, 01 en sifón, 04 en tramo bajo del lado derecha del canal, 04 en el lado izquierdo y 06 en canal de Hualahoyo), 5 perforaciones diamantinas y



estudios de materiales del talud con 03 calicatas realizando ensayos de cono de arena. El instrumento de investigación es fichas de laboratorio. Se halló que la permeabilidad en el campo está entre 10^{-3} a 10^{-5} cm/s). Se concluye que los datos obtenidos brindan la información necesaria para la construcción de la presa de Ucuscancha I.

Antecedentes Internacionales

- Obras Hidráulicas presas De Tierra República Bolivariana De Venezuela. Ministerio Del Poder Popular Para La Educación Superior universidad Nacional Experimental “Francisco De Miranda Cabo Iribarren “, cuyo objetivo es realizar el estudio de la características geológicas - geotécnicas de las presas de tierra. En la investigación para el diseño del anteproyecto de una presa se debe realizar un levantamiento topográfico, seguido realizar la hidrología de la microcuenca, realizar el estudio geológico y geotécnico de la zona y finalmente considerar los materiales disponibles de cantera para la construcción de la presa. Concluyen que las presas de relleno de tierra se construyen principalmente con suelos seleccionados cuidadosamente para la ingeniería, de compactación uniforme e intensiva en capas más o menos delgadas y con un contenido de humedad controlado. Las presas de tierra no son competitivas en costo con las de mampostería en todos los tamaños, generalmente son más económicas y resisten mejor los asentamientos de la cimentación. (Instituto Mexicano de la tecnología de agua. 2001). Libro: “Geotecnia en Ingeniería de Presas”



- Gonzales de Vallejo, Ferrer, Ortuño, & Oleo, 2002. En el capítulo de presas la metodología de los estudios geológicos y geotécnicos se desarrollan principalmente en dos fases:

Primero los estudios previos y de factibilidad cuyo objetivo es establecer la viabilidad de la presa según los siguientes criterios geológicos: Ausencia de riesgos geológicos significativos para la seguridad de la presa y el embalse (grandes deslizamientos, intensa carstificación, fallas activas en la cerrada en zonas de alta sismicidad, etc.). Después condiciones geomorfológicas de la cerrada adecuadas para la posible construcción de la presa.

Segundo los estudios de soluciones y de anteproyecto los objetivos son aportar criterios geológicos para la selección del tipo de presa y la cerrada más adecuada, bajo el punto de vista técnico, económico y medioambiental (la cerrada es el lugar de emplazamiento de la presa) finalmente concluyen que se deben considerar principalmente los aspectos geológicos y geotécnicos tales como: la disponibilidad de materiales de construcción, resistencia, estabilidad y permeabilidad de la cimentación, estabilidad de las laderas del embalse, hidrogeología del embalse y las condiciones sismo tectónicas.

- Análisis Técnico-Económico Comparativo Entre Dique Construido En Material Granular Compactado Y Dique En Gaviones En El Embalse Del P. H. Cariblanco-Ice cuyo objetivo es realizar la diferencia de costos entre una presa de tierra y gaviones concluyen que realizar la obra en gaviones en lugar de material granular representa una disminución en volumen del 66,11%. La obra en gaviones es un 40,50% más costosa que en material granular compactado.



En este enfoque situacional la comunidad campesina de Chocayhua a través de su junta directiva, nos ha brindado su autorización, apoyo y colaboración, para el desarrollo de este trabajo de tesis, cuya información, también servirá para que ellos mediante un documento físico, puedan exponer mejor su problemática y la solución parcial a sus problemas de escasez de agua que sí o sí, está en la necesidad de construir una represa en el sector de Chocayhua.

2.2. Marco conceptual

Presa: Estructura que se define como “Barrera construida con el fin de almacenar, controlar y derivar agua” (Suarez, 1982). Una definición simplificada ya en base a este concepto nace diferentes tipos de acuerdo a los objetivos requeridos.

Asimismo, se menciona que “Las presas se pueden clasificar en distintas categorías, dependiendo del objeto que persiga la clasificación. Para el propósito de este manual, conviene considerar tres tipos de clasificación; Las presas son ordenadas según su utilización, diseño hidráulico y materiales utilizados en su construcción” (Bureau of reclamation, 2001)

Presa Homogénea de Materiales sueltos: Son presas que están constituidos por materiales geológicos aceptables donde una presa homogénea está construida por un mismo material formada por tierras compactas de baja permeabilidad y que las filtraciones son controladas por diferentes tipos de drenes. (Vallejo, 2002)

Presa de Materiales sueltos con Núcleo: Este tipo de presas consta de dos o más tipos de materiales, la zona de menor permeabilidad viene a ser el núcleo conformado principalmente por limos y arcillas y el resto de los materiales o espaldones pueden ser muy diversos desde gravas, arenas o enrocado. (I. Gonzales de Vallejo)



Aliviadero: Vertedero, conducto, túnel, canal u otra estructura diseñada para permitir descargar con seguridad los caudales de las crecientes cuando el embalse está lleno. (Suarez, 1982).

Ataguías: Son construcciones a modo de diques de altura reducida que permiten la desviación temporal del río durante la construcción de la presa. (I. Gonzales de Vallejo)

Estribo: Material natural no perturbado por debajo de la superficie de excavación, comprendido entre la base de la presa y su cresta, contra el cual son colocados los extremos de la presa. (Suarez, 1982).

Superficie de embalse: Área superficial del embalse medida en un plano horizontal a cota del nivel normal. (Suarez, 1982).

Cuenca: Máximo Villon Bejar (Villon, 2002) afirma, “La cuenca de drenaje de una corriente, es el área de terreno donde todas las aguas caídas por precipitación, se unen para formar un solo curso de agua. Cada curso de agua tiene una cuenca bien definida para cada punto de recorrido.

Precipitación: Máximo Villon Bejar (Villon, 2002) afirma, “La precipitación es toda forma de humedad que, originándose en las nubes, llega hasta la superficie del suelo; de acuerdo a esta definición la precipitación puede ser de forma de: Lluvias, granizadas, garúas, nevadas. Desde el punto de vista de la ingeniería hidrológica, la precipitación es la fuente primaria del agua de la superficie terrestre, y sus mediciones y análisis, forman el punto de partida de los estudios concernientes al uso y control del agua.

Métodos Geofísicos: Para la etapa de prospección en presas es necesario conocer los niveles del subsuelo y como menciona:



Los métodos geofísicos basan su aplicación en un fuerte contraste de las propiedades físicas de los materiales geológicos, entre las que se encuentran, densidad, potenciales naturales, permeabilidad magnética, potenciales REDOX, conductividad térmica, etc., y dependiendo de las condiciones físicas y morfológicas del sitio de estudio, se podrán aplicar diversas técnicas geofísicas para resolver un problema. (Alvarez Manilla Aceves, 2003, pág. 15)

Geotecnia de presas: La geotecnia del vaso y la boquilla definen las propiedades y características de los taludes, terraplenes, obras del desvío, inyecciones y tratamiento de la cimentación de la cortina, etcétera. (Flores Berrones, Vassilev, & Li Liu, 2001)

Mecánica de suelos: Según (M. Das, 2015) afirma, “Es la rama de la ciencia que trata el estudio de sus propiedades físicas y el comportamiento de masas de suelos sometidas a varios tipos de fuerzas”.

Aguas Subterráneas: Luis Miguel Suarez (Suarez, 1982) afirma. El agua subterránea representa una fracción importante de la masa de agua presente en los continentes, bajo la superficie de la Tierra, tanto en el suelo como en el subsuelo ya que, convencionalmente, el término superficie terrestre incluye cierto espesor como se señala en el artículo respectivo, al ser un concepto tridimensional.

Acuíferos: Según P. Martínez Alfaro, P. Martínez Santos (Fundamentos de la Hidrogeología). Un acuífero es una estructura subterránea que alberga agua. Los acuíferos son reservorios de agua que están ubicados debajo de la superficie terrestre. Estos acuíferos permiten la circulación del agua a través porosidad y permeabilidad, como arenas, gravas o calizas karstificadas.

Acuífugo: Según P. Martínez Alfaro, P. Martínez Santos (Fundamentos de la Hidrogeología). Formación geológica que ni contiene agua en cantidades apreciables ni permite



su circulación. Son materiales no porosos ni fisurados, e "impermeables", como los granitos o las cuarcitas no alterados.

Acuícludo: Según P. Martínez Alfaro, P. Martínez Santos (Fundamentos de la Hidrogeología). Formación geológica capaz de almacenar agua, pero que no permite su libre circulación. P.e., arcillas, margas o piedra pómez, de alta porosidad, pero prácticamente impermeables.

Acuitardo: Según (P. Matinez Alfaro, 2006). Formación geológica capaz de almacenar agua, pero que la transmite dificultosamente. Son materiales porosos, pero poco permeables, como limos, arenas arcillosas o pizarras poco fisuradas. Son materiales semipermeables o semiconfinante.

Tabla 5:Tipos de Formaciones hidrogeologicas y rangos caracteristicos de porosidad y permeabilidad de las mismas figuras (Fuente: Fundamentos de la Hidrogeología)

TIPO DE FORMACIÓN HIDROGEOLÓGICA	EJEMPLOS	RANGOS DE PERMEABILIDAD	RANGOS DE POROSIDAD
Acuífero	Formaciones aluviales con gravas y arena.	1 ± 1000 m/día	10%- 30%
	Formaciones calizas karstificadas.		
Acuitardo	Formaciones aluviales con arenas muy finas, limo y arcillas.	0,1 – 0,001 m/día	20%- 40%
	Formaciones margosas.		
Acuícludo	Formaciones arcillosas.	$10^{-4} - 10^{-7}$ m/día	>40%
Acuífugo	Rocas ígneas y metamórficas "sanas".	$< 10^{-7}$ m/día	≈60%
	Formaciones carbonatadas sin fisuración ni karstificación.		

Según las propiedades de su textura, **los acuíferos pueden ser: porosos o fisurados:**



- En los **acuíferos porosos** el agua satura los poros, interconectados, lo que confiere permeabilidad y capacidad para transmitir el agua. Esto varía según el material de formación.
- En los **acuíferos fisurados**, el agua se localiza en las fisuras de las rocas, que se encuentran también comunicadas. La circulación del agua, al tratarse de fisuras y no poros, es menos previsible y más heterogénea.

La porosidad de la roca acuífera: La propiedad que caracteriza a los espacios vacíos por donde pasa el agua, puede ser clasificada en cuanto a su origen en primaria y secundaria.

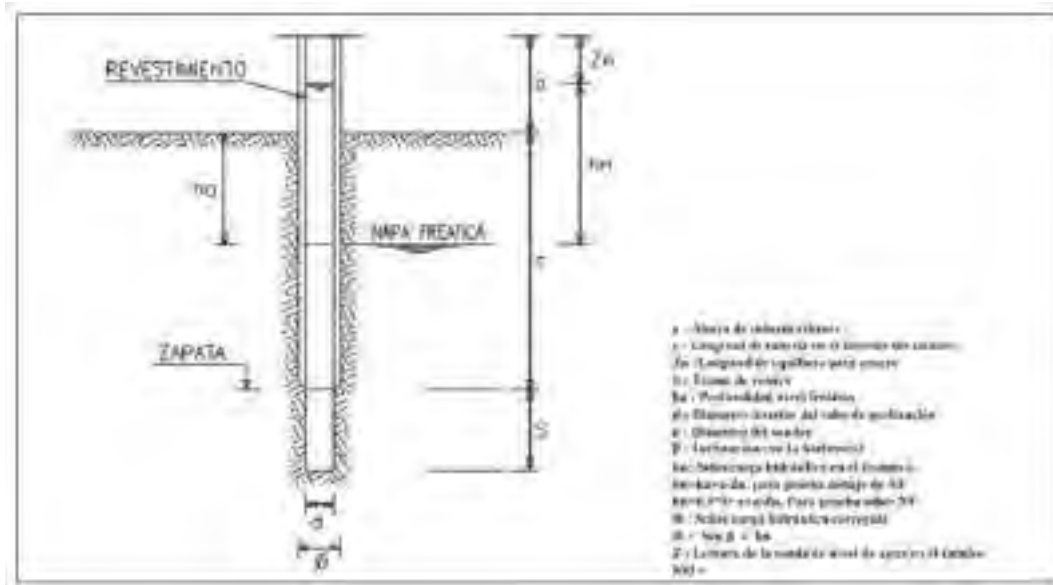
a) **La porosidad primaria.** Es aquella que se formó al mismo tiempo que la roca acuífera. Consisten en poros de las rocas sedimentarias.

b) **La porosidad secundaria:** Es la que se forma después que se formó la roca acuífera, y en general son fisuras, fracturas, juntas y canales de disolución como ocurre en acuíferos kársticos fisurados.

Permeabilidad (K): La permeabilidad o conductividad hidráulica de un material expresa la facilidad que éste presenta para que el agua circule a través de él. Depende tanto de las características del medio, sobre todo del tamaño medio de los poros de como de las propiedades de fluido en cuestión.



Figura 5: Esquema de la prueba de permeabilidad Lefranc.(Fuente: Hidrogeología FISCH)



Hidroquímica: Según C Herrera Lameli Esta herramienta de la hidrogeología permite establecer correlación entre los aspectos geoquímicos del agua subterránea y su relación con los suelos y rocas, para lo que se recurre a los análisis químicos de las aguas.

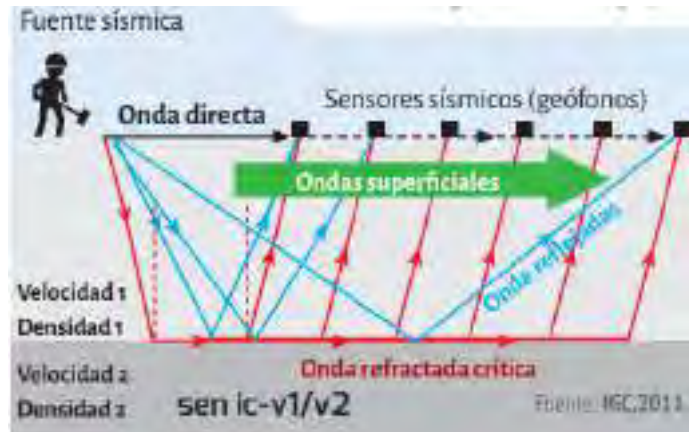
Refracción sísmica y masw

Fundamentos básicos

El ensayo de refracción sísmica es un método de exploración geofísica que permite determinar la estratigrafía del subsuelo en forma indirecta, basándose en el cambio de las propiedades dinámicas de los materiales que lo conforman. Este método consiste en la medición de los tiempos de viaje de las ondas de compresión (Ondas P) generadas por una fuente de energía impulsiva a unos puntos localizados a distancias predeterminadas a lo largo de un eje sobre la superficie del terreno.



Figura 6: Diagrama conceptual del funcionamiento de un método sísmico



La energía, que se propaga en forma de ondas, es detectada, amplificada y registrada de tal manera que puede determinarse su tiempo de arribo en cada punto. El tiempo cero o inicio de la grabación es generado por un dispositivo de arranque o “trigger” que activa el sistema de adquisición de datos al momento de producirse el impacto o explosión. La diferencia entre el tiempo de arribo y el tiempo cero permite evaluar el tiempo de propagación de las ondas desde la fuente de energía hasta el lugar en que éstas son registradas.

Los datos de tiempo y distancia obtenidos para diferentes ubicaciones del punto de aplicación de la energía (shot), nos permite determinar las velocidades de propagación de ondas P a través de los diferentes estratos de suelos y rocas cuya estructura, geometría y continuidad son investigadas.

El ensayo MASW o Análisis de Ondas Superficiales en Arreglo Multicanal es un método que consiste en la interpretación de las ondas superficiales (Ondas Rayleigh) de un registro en arreglo multicanal, generadas por una fuente de energía impulsiva en puntos localizados a distancias predeterminadas a lo largo de un eje sobre la superficie del terreno, obteniéndose el perfil de velocidades de ondas de corte (V_s) para el punto central de dicha línea. El método MASW, permite obtener perfiles de ondas S hasta profundidades promedio de 25 m a 30 m.



En este método, las interpretaciones de los registros consisten en obtener de ellos una curva de dispersión (velocidad de fase (c) vs la frecuencia (f)). Luego, el perfil de velocidad de onda de corte (V_s) se calcula utilizando un proceso iterativo que requiere la inversión no lineal de los datos de la curva de dispersión. El método MASW estima que, a partir de la curva de dispersión, el perfil de velocidad de onda de corte (V_s) del terreno es construido mediante una simple transformación. Esta transformación estima que la longitud de onda (λ) se calcula a partir de la frecuencia (f) y la velocidad de fase (c). A continuación, la profundidad (D) se define como $1/3$ de la longitud de onda, y la velocidad de onda de corte (V_s) a dicha profundidad es b veces la velocidad de fase medida c , donde b es un coeficiente que cambia ligeramente con la frecuencia y se basa en un semi-espacio homogéneo. Se grafica el esquema Velocidad de Onda de Corte (m/s) vs Profundidad (m), (Figura 03(b)) (HAYASHI & SUZUKI, 2004)

Criterios de procesamiento e interpretación

a) Análisis de registro y calificación de datos

El análisis de cada registro se aplica en todos los métodos sísmicos (refracción sísmica, MASW y MAM), inicialmente en campo y posterior en gabinete; y generalmente es antes de iniciar el procesamiento.

En este proceso se verifica y analiza cada una de las señales obtenidas en campo, calificando cada uno de los registros y sus repeticiones a fin de obtener el registro de mejor calidad para la identificación de fases (P y S) y tiempos de arribo de cada geófono.

Esta calificación de datos consiste en verificar digitalmente la información obtenida en campo, con el fin de discriminar aquellas que muestren baja calidad.

b) Procesamiento de datos



Para el caso de la refracción sísmica, en este proceso se determina el tiempo de arribo de cada señal en cada registro. Para ello se hace uso del software llamado Pickwin versión 3.14, en el caso de MASW el software Surface Wave Analysis Wizard.

Una vez obtenidos los tiempos de arribo para cada geófono, a partir de ellos se obtiene las gráficas Tiempo - Distancia, llamadas también Curvas Dromocrónicas”. En dicha gráfica se determina los cambios de pendiente de los tiempos obtenidos para cada geófono, en forma de rectas, de lo cual se deduce por teoría que el inverso de la pendiente “mi” de cada una de las rectas r_i , representa la Velocidad Aparente V_i , para un estrato i . La obtención de las velocidades y espesores de los estratos del modelo obtenido son realizados en el software de procesamiento denominado Plotrefra. Dicho procedimiento incluye la corrección por topografía de cada geófono y punto de disparo.

Una vez definido la frecuencia nominal, se procesa a través de ciertas iteraciones del programa y se obtiene las gráficas de Perfil de Velocidad de Corte para para intervalo de profundidad en los modos normal y/o inverso (Shot derecho y/o izquierdo).

c) Interpretacion

Para el método sísmico (Refracción Sísmica) realizado en este proyecto, y en donde se han definido los estratos de velocidades (V_p) de cada sección con sus respectivas potencias, se hace un análisis cualitativo entre si y correlacionando con información de observaciones de campo, artículos de geología regional o local; con la necesidad de dar un mejor alcance y nomenclatura de cada estrato definido.

Asimismo, con la información obtenida (V_p , V_s , i y posible nomenclatura) y asumiendo una densidad promedio de una tabla teórica, se calcula los parámetros dinámicos de cada perfil



interpretado: Módulo de Volumen (K), Módulo de Young (E), Módulo de Cizalla (G) y Coeficiente de Poisson (ν).

Cabe resaltar, que el diagrama de velocidades de los métodos sísmicos se basa de algoritmos matemáticos que dependen de la V_p , V_s y tiempos de arribo de cada geófono (ms) a diferentes distancias e interactúan a un modelo que “mejor” ajuste a los datos conjuntamente con la geología usando una regresión ridge (Inman, 1975). Modelo que se correlaciona con información complementaria.

El método MASW o Análisis de Ondas Superficiales en Arreglo Multicanal identifica el perfil de la velocidad de onda de corte vertical (V_s), se encuentra dentro de la familia de métodos sísmicos, basada en la medición de las ondas hechas en la superficie de varios sensores (geófonos o acelerómetros) colocado en la superficie del suelo. La contribución dominante a las ondas de superficie viene dada por las ondas de Rayleigh, viajando a una velocidad relacionada con la rigidez de la porción de tierra afectados por la propagación de las ondas. En un medio de capas de ondas de Rayleigh es dispersiva, es decir, las ondas con longitudes de onda diferentes se propagan con velocidades de fase diferente y velocidad de grupo.

Básicamente se trata de un método de ingeniería sísmica que se ocupa de las frecuencias bajas (por ejemplo, 3-30 Hz) registrados mediante el uso de un multicanal (24 canales o más) el sistema de grabación y un arreglo de receptores desplegados más de unos pocos a unos cientos de metros de distancia.

Las propiedades dinámicas (velocidad de corte V_s , velocidad de compresión V_p , módulo de corte, coeficiente de Poisson y módulo de Young) del material se han calculado en base a los valores de V_s y V_p usando las ecuaciones que se muestran a continuación.

Densidad (gr/cm³)



$$\rho = 1.516 \cdot 10^{-2} \cdot \sqrt{V_p} + 1.597$$

En suelo

$$\rho = 1.516 \cdot 10^{-2} \cdot \sqrt{V_p} + 1.3$$

Onda de corte normalizada

$$V_{s1} = \left(\frac{pa}{\sigma'_{vo}} \right)^{0.25} \cdot V_s$$

Coefficiente de poisson

$$v = \frac{\left(\frac{V_p}{V_s} \right)^2 - 2}{2 \left(\frac{V_p}{V_s} \right)^2 - 2}$$

Módulo de corte dinámico

$$G_d = \rho \cdot V_s^2$$

Módulo de Young dinámico

$$E_d = 2G_d \cdot (1 + v)$$

Módulo de compresibilidad dinámico

$$K_d = \frac{E_d}{3(1 - 2v)}$$

Módulo de Young estático

$$E_e = 0.97 \cdot \left(\frac{E_d}{13000000} \right)^{0.3333} \cdot E_d$$

Dónde:

ρ = Densidad del suelo o roca

V_s = Velocidad de ondas de corte



V_s =velocidad de las ondas de compresión

ν = Relación de poisson

P_a = Presión atmosférica

G_d = Modulo de corte dinámico

σ' = Esfuerzo vertical efectivo

V_{s1} = Velocidad de ondas de corte normalizada

. En las Tablas siguientes se presentan las correlaciones de velocidad de ondas P y S asociados a depósitos de suelos y roca desarrollados por diversos autores e instituciones.

Tabla 6: Recopilacion de Martinez Vargas A (1990).

Velocidad de onda P V_p (m/s)	Descripcion
245-610	Arena suelta sobre manto freático
< 300	Suelo blando
45 – 1220	Arena suelta bajo el manto freático
300 – 1000	Arenas y gravas
455 – 1065	Arena suelta mezclada con grava
1000 – 2000	Rocas blandas, grava y arena
455 – 915	Grava suelta, húmeda
2000 – 4000	Roca compacta
> 4000	Roca muy compacta

Tabla 7: ASTM D5777 (1995)

Descripción	V_p (m/s)
Suelo intemperizado	204 - 610
Grava o arena seca	460 - 915
Arena saturada	1220 - 1830
Arcilla saturada	910 a 2750
Agua	1430 a 1665
Agua de mar	1460 a 1525
Arenisca	1830 a 3960
Esquisto, arcillas esquistas	2750 a 4270
Tiza	1830 a 3960
Caliza	2134 a 6100
Granito	4575 a 5800



Roca metamórfica	3050 - 700
------------------	------------

Tabla 8: Caracterización sísmica de suelos, según Nehrp (1993)

Tipo	VS 30 (m/s)	Descripción	Resistencia SPT (N)*
A	> 1500	Roca dura	N/A
B	760 – 1500	Roca	N/A
C	360 – 760	Suelo muy denso y roca blanda	N>50
D	180 – 360	Suelo rígido	15<=N<50
E	< 180	Suelo blando	N<15
F	Suelos especiales (licuables, arcillas de muy alta plasticidad, suelos orgánicos de más de 3 m de espesor)		

Tabla 9: Parámetros de suelo según la norma E30 2009 (Fuente: E030 2018)

Tipo de suelo	Velocidad de ondas de corte Vs30 (m/s)*	N1(60) SPT	Resistencia al corte en condición no drenada Su
S0, Roca dura	Vs > 1500	-	-
S1, Roca o suelo muy rígido	500 < Vs < 1500	>50	> 100 kPa
S2, Suelos intermedios	180 < Vs < 500	15 a 50	50 kPa a 100 kPa
S3, suelos blandos	Vs < 180	<15	25 kPa a 50 kPa
S4, Condiciones excepcionales		Clasificación basada en el EMS	

Vs30 (m/s) *: Velocidad de ondas de corte en los 30 m mas superficiales

N1*: Número de golpes corregidos en el ensayo SPT

Sondaje eléctrico vertical

Fundamentos básicos

La Prospección Geofísica (método eléctrico) intenta distinguir o reconocer las formaciones geológicas que se encuentran en profundidad mediante el parámetro físico de resistividad eléctrica. El objetivo es delimitar capas en el subsuelo, obteniendo espesores y resistividades.



Los valores de las resistividades en una roca están determinados más que por su composición mineralógica, por el agua que contienen, fundamentalmente por la porosidad y por la salinidad del agua (más salina más conductiva).

En los materiales detríticos y depósitos las resistividades aumentan con el tamaño del grano, composición del medio en ese sentido en una investigación en materiales detríticos y depósitos buscamos resistividades elevadas que indicarían que los materiales más gruesos, mayor permeabilidad, asimismo por la composición de estos residuos sólidos según su composición presentan resistividades relativamente bajas.

En rocas compactas (en general su permeabilidad se debe al posible fisuramiento) buscamos las resistividades más bajas, que indicaría las zonas en donde la formación presente la mayor fracturación y/o alteración. En este caso también puede que las zonas o niveles de menor conductividad tampoco sean permeables si los planos de fracturación han sido colmatados por arcillas de alteración.

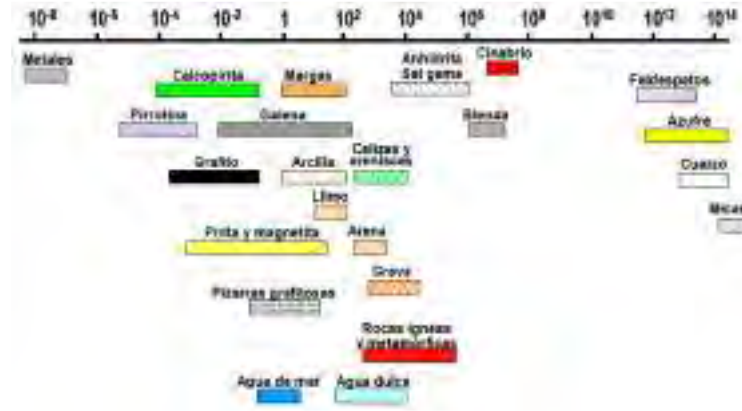
Los distintos tipos de roca presentan diferentes rangos de variación de sus propiedades físicas. Una de las propiedades que son usadas para distinguir las rocas o depósitos es la resistividad eléctrica – Rho.

En los depósitos sueltos se cumple que a mayor granulometría corresponde resistividades mayores. Habiendo una relación entre la granulometría predominante y la permeabilidad de los depósitos es posible usar los valores de las resistividades eléctricas como un indicativo de la permeabilidad; sin embargo, esta relación sólo es válida en ausencia de agua salinizada. De haberla, caen los valores de resistividades eléctricas a un nivel tanto más bajo cuanto más alta sea la concentración salina en el agua.



En las rocas la influencia de los grados de fracturación, diaclasamiento y alteración en la resistividad eléctrica es notoria, más aún cuando está saturado con agua mineralizada.

Figura 7: Valores de Resistividades de diferentes rocas y minerales (referencial).



Fuente: (ORELLANA, 1972)

Un sondeo eléctrico vertical-SEV, consiste en introducir corriente continua al terreno mediante un par de electrodos llamados de emisión o de corriente A y B, cuya respuesta o sea la diferencia de potencial producido por el campo eléctrico se mide en otro par de electrodos denominados de recepción o de potencial M y N.

Es posible calcular la resistividad del medio según:

$$\Omega = K \cdot \Delta V / I$$

Dónde:

Ω = Resistividad del medio, en Ohm-m.

ΔV = Diferencia de potencial, en mV, medida en los electrodos M y N.

I = Intensidad de corriente en mA, medida en los electrodos A y B.

K = Constante geométrica que depende de la distribución de los electrodos.



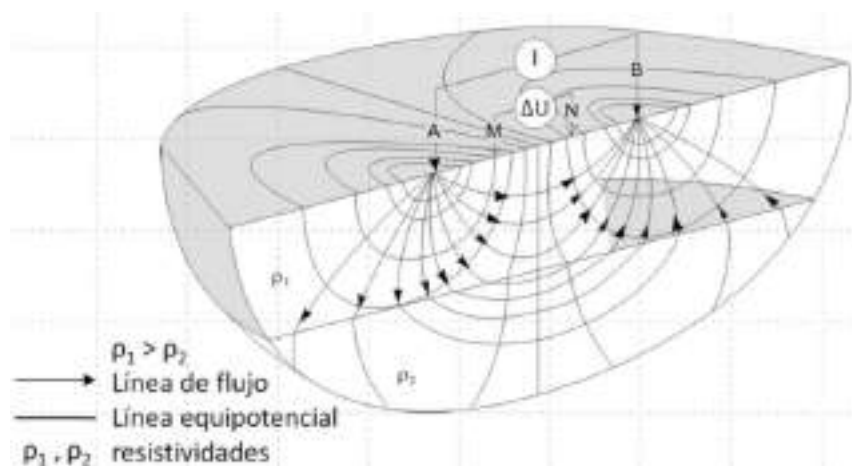
En los sondeos con arreglo Wenner y Wenner Schlumberger, que es el que se utilizó en el presente trabajo, los electrodos están alineados y conservan simetría con respecto al punto central o punto SEV, debiendo cumplirse que el MN sea menor igual que $1/5 AB$.

Al aumentar la distancia entre los electrodos de emisión de corriente, aumenta su profundidad de penetración y también va cambiando las resistividades aparentes.

Estos valores son ploteados desde el principio en una tabla bilogarítmica (campo) obteniéndose como resultado una curva, a partir de la cual, mediante diversas técnicas, es posible determinar las resistividades verdaderas y los espesores que las diferentes capas bajo el punto de investigación. De esta manera, se llega a conocer el corte geoelectrico del subsuelo.

En el SEV con arreglo Schlumberger, los electrodos M y N permanecen fijos mientras A y B se aleja, hasta que el valor de la diferencia potencial (ΔV) sea tan pequeño que obligue a aumentar el MN.

Figura 8: Disposición de electrodos Schlumberger que se utilizó en campo



Fuente: (ORELLANA, 1972)

Calicatas para determinar las propiedades de un suelo en laboratorio es preciso contar con muestras representativas de dicho suelo. Un muestreo adecuado y representativo es de



primordial importancia, pues tiene el mismo valor que el de los ensayos en sí. Fuente Braja M. Das

Granulometría Según Fundamentos de Ingenieria Geotecnica 4ta Edicionel Braja Das el conocimiento de la composición granulométrica de un suelo grueso sirve para discernir sobre la influencia que puede tener en la densidad del material compactado. El análisis granulométrico se refiere a la determinación de la cantidad en porciento de los diversos tamaños de las partículas que constituyen el suelo. Para el conocimiento de la composición granulométrica de un determinado suelo existen diferentes procedimientos.

Análisis de tamiz El análisis de tamiz consiste en agitar la muestra de suelo a través de un conjunto de tamices que tienen aberturas más pequeñas progresivamente. Los números estándar de tamiz y los tamaños de las aberturas se dan en la tabla

Tabla 10:Tamaños estándares de los tamices

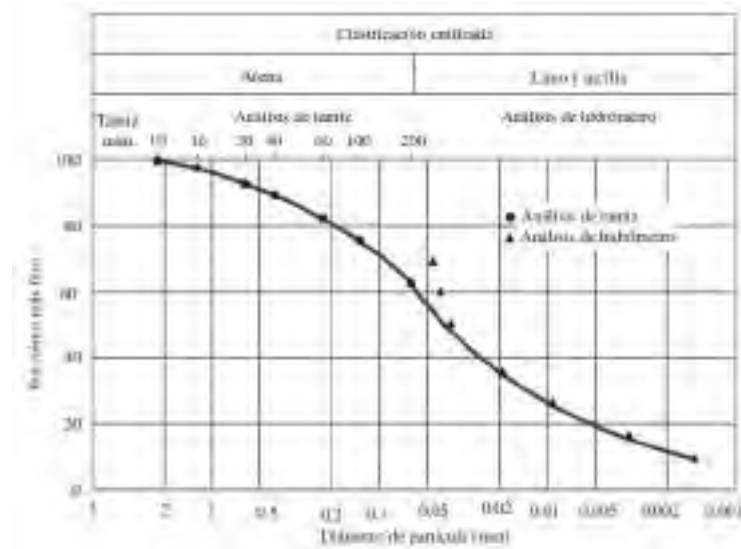
Tamiz núm.	Abertura (mm)
4	4.750
6	3.350
8	2.360
10	2.000
16	1.180
20	0.850
30	0.600
40	0.425
50	0.300
60	0.250
80	0.180
100	0.150
140	0.106
170	0.088
200	0.075
270	0.053

Fuente: *Fundamentos de Ingeniería Geotécnica Braja M. Das de Ingeniería Geotécnica*

Braja M. Das



Figura 9: Curva de distribución de tamaño de partícula: análisis de tamiz y de hidrómetro

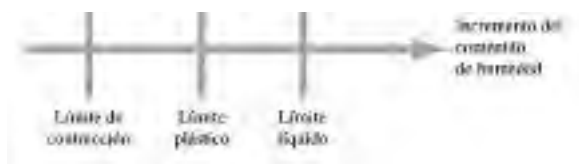


Fuente: Fundamentos de Ingeniería Geotécnica Braja M. Das

Consistencia del suelo:

El científico Albert Mauritz Atterberg desarrolló un método para describir la consistencia de los suelos de grano fi no con diferentes contenidos de humedad. Con un contenido de humedad muy bajo, el suelo se comporta más como un sólido quebradizo. Cuando el contenido de humedad es muy alto, el suelo y el agua pueden fluir como un líquido. Por lo tanto, sobre una base arbitraria, dependiendo del contenido de humedad, la naturaleza del comportamiento del suelo puede ser dividido en cuatro estados básicos: sólido, semisólido, plástico y líquido, como se muestra en la figura.

Figura 10: Límites de Aterberg

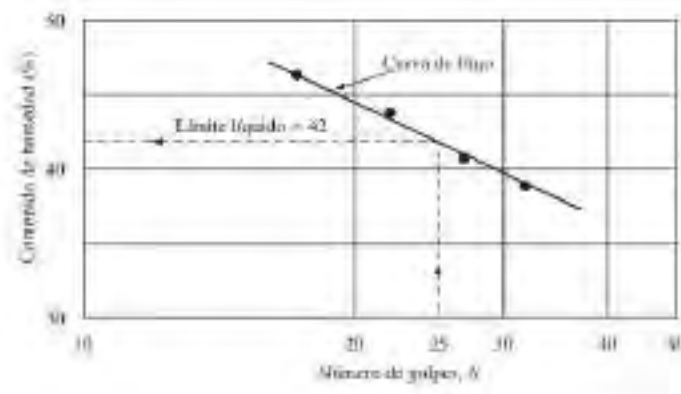


Fuente: Fundamentos de Ingeniería Geotécnica Braja M. Das



Limite liquido (L.L.) contenido de humedad expresa en por ciento con respecto al peso seco de la muestra, en el cual el suelo cambia del estado líquido al plástico, es determinado por medio de la copa de Casagrande (Designación de Prueba D-4318 de la ASTM) y se define como el contenido de agua con el cual se cierra una ranura de ½ in (12.7mm) mediante 25 golpes.

Figura 11: Curva de flujo para la determinación del límite líquido de una arcilla limosa



Fuente: Fundamentos de Ingeniería Geotécnica Braja M. Das

Limite plástico (L.P.) el contenido de humedad, expresado en por ciento con respecto al peso seco de la muestra secada al horno, para el cual los suelos cohesivos pasan de un estado semisólido a un estado plástico. Al ser enrollado en rollitos de 3.18mm de diámetro, se desmorona (Designación de Prueba D-4318 de la ASTM).

Índice plasticidad o Índice plástico (I.P.) a la diferencia numérica entre los límites líquido y plástico, se puede decir si un determinado suelo presenta las características adecuadas para cierto uso.

El Sistema Unificado de Clasificación del Suelo (SUCS)

Está regido por la norma ASTM D-2487, y es el de uso más extendido en la práctica geotécnica. Fue inicialmente propuesto por Arthur Casagrande en 1932, tentativamente adoptado por el Departamento de Ingeniería de los EEUU en 1942, y definitivamente presentado a

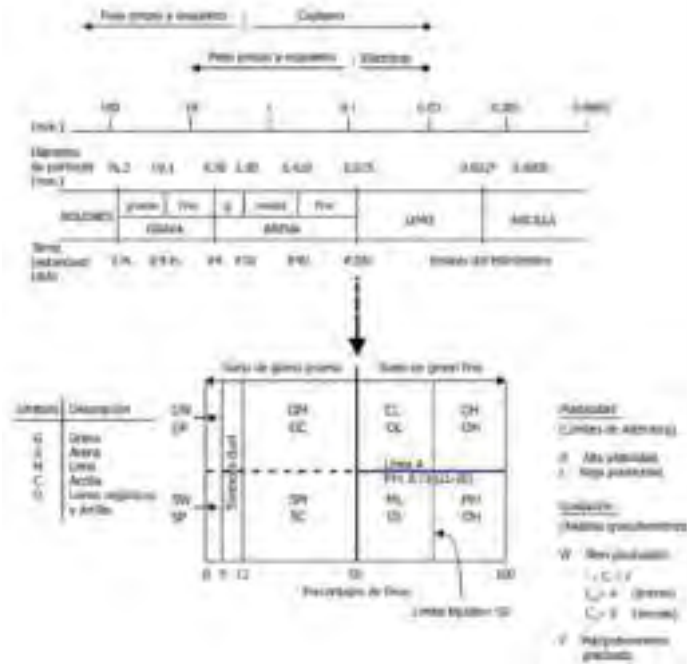


la *American Society of Civil Engineers* en 1948. El *U.S. Army Corps of Engineers* comenzó a emplearlo en 1953, en tanto que el *U.S. Bureau of Reclamations* lo hizo en 1974. Está basado en el análisis granulométrico y en los límites de Atterberg (límites líquido y plástico) de los suelos. El sistema divide entre *suelos gruesos* y *suelos finos*, considerando el porcentaje pasante por el tamiz #200 (0,075 mm). Si menos del 50% en peso del suelo pasa por dicho tamiz, entonces el suelo es *grueso*, y se sub-clasifica en arena o grava por medio del tamiz #4. Caso contrario, el suelo es *fino*, y se sub-clasifica en limo o arcilla según los valores de los límites líquido y plástico. La Figura 4 muestra un esquema simplificado del SUCS.

La importancia del tamiz #200 se hace evidente cuando se analizan las fuerzas que actúan entre las partículas, incluyendo las de peso propio, las fuerzas debidas a esfuerzos efectivos, fuerzas eléctricas, y fuerzas capilares. En la parte superior de la mencionada Figura 4 se observa la correlación existente entre el tamaño equivalente de las partículas y la naturaleza de las fuerzas gobernantes: los tamices #200 y #4 logran capturar estos límites. Desde el punto de vista del diseño geotécnico, la velocidad de disipación del exceso de presión de poros discrimina entre análisis en condiciones “drenadas” y en condiciones “no drenadas”. Típicamente, las condiciones de carga “drenadas” están asociadas a suelos de grano grueso, en tanto que las “no drenadas” a suelos de grano fino.

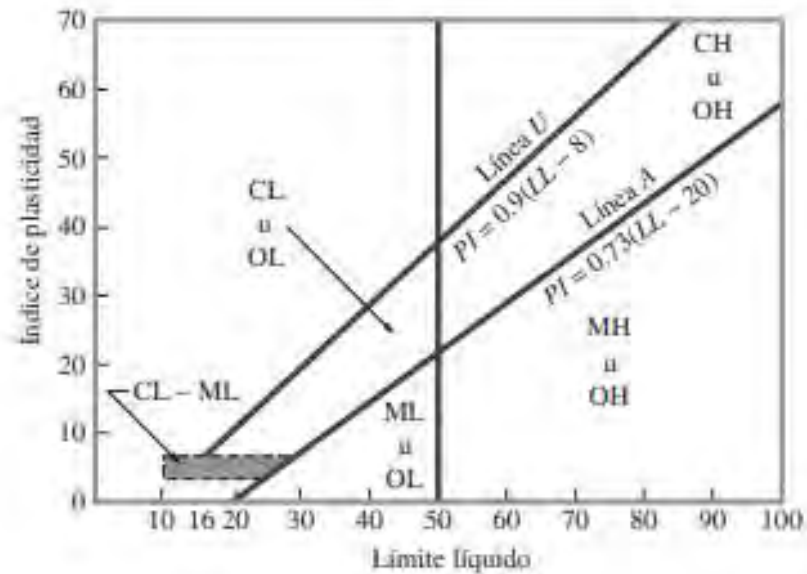


Figura 12: Esquema Ilustrativo de SUCS



Fuente: Modificado de Santamarina y Narsilio, 2008

Figura 13: Gráfica de plasticidad





Clasificación De Bieniawski (R.M.R)

Desarrollado por Bieniawski, (1989) constituye un sistema de clasificación de macizos rocosos que permite a su vez relacionar índices de calidad con parámetros de diseño y de sostenimiento de túneles. El parámetro que define la clasificación es el denominado índice RMR (ROCK MASS RATING), que indica la calidad del macizo rocoso en cada dominio estructural a partir de los siguientes parámetros:

- Resistencia a la compresión simple de la matriz rocosa.
- R.Q.D. Grado de fracturación del macizo rocoso.
- Espaciado de las discontinuidades.
- Condiciones de las discontinuidades, el cual consiste en considerar los siguientes parámetros: - Abertura de las caras de la discontinuidad. - Continuidad o persistencia de la discontinuidad. - Rugosidad. - Alteración de la discontinuidad. - Relleno de las discontinuidades.
- Presencia del Agua, en un macizo rocoso, el agua tiene gran influencia sobre su comportamiento, la descripción utilizada para este criterio es: completamente seco, húmedo, agua a presión moderada y agua a presión fuerte.
- Orientación de las discontinuidades.

Para obtener el Índice RMR de Bieniawski se realiza lo siguiente:

- Se suma los 5 variables o parámetros calculados, eso da como resultado un valor índice (RMR básico).
- El parámetro 6 que se refiere a la orientación de las discontinuidades respecto a la excavación. El valor del RMR varía entre 0 a 100



a) **1^{ER} PARÁMETRO: RESISTENCIA DE LA ROCA**

Tabla 11: 1er Parámetro de Resistencia de la Roca

DESCRIPCIÓN	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE (MPa)	ENSAYO DE CARGA PUNTUAL (MPa)	VALORACIÓN
Extremadamente dura	>250	> 10	15
Muy dura	100 - 250	4 - 10	12
Dura	50 - 100	2 - 4	7
Moderadamente dura	25 - 50	1 - 2	4
Blanda	5 -25		2
Muy blanda	1 - 5	< 1	1
	< 1		0

b) **2^{PO} PARÁMETRO: CÁLCULO DEL R.Q.D.**

La calidad de roca RQD se puede determinar:

1. Trozos de rocas testigos mayores de 10 cm recuperados en sondeos.
2. Número total de discontinuidades que interceptan una unidad de volumen (1m³) del macizo rocoso, definido mediante el parámetro J_v .
3. Teóricamente a partir de la densidad de las discontinuidades o frecuencia de las discontinuidades (λ) por Hudson, 1989.

Para el primer caso se utiliza la ecuación A:

$$RQD = \frac{\sum(\text{ripios} > 10 \text{ cm})}{\text{Total, de la perforación}} \quad (\text{A})$$

Para el segundo caso se utiliza la ecuación B:

$$RQD = 115 - 3,3 \cdot J_v \quad (\text{B})$$

Para el tercer caso se utiliza la ecuación C:

$$RQD = 100 e^{(0,1\lambda)} (0,1\lambda + 1) \quad (\text{C})$$



El valor obtenido en las fórmulas A, B o C son comparados con la siguiente

Tabla 12: Parámetro de Índice de calidad RQD del macizo rocoso

ÍNDICE DE CALIDAD RQD (%)	CALIDAD	VALORACIÓN
0 -25	Muy mala	3
25 - 50	Mala	8
50 - 75	Regular	13
75 - 90	Buena	17
90 - 100	Excelente	20

c) **3er PARÁMETRO: SEPARACIÓN DE LAS DISCONTINUIDADES.**

La separación o el espaciamiento de las discontinuidades está clasificada según la tabla que a continuación se observa:

Tabla 13: Parametro de la separación o el espaciamiento de las discontinuidades

DESCRIPCIÓN	ESPACIADO DE LAS JUNTAS	TIPO DE MACIZO ROCOSO	VALORACIÓN
Muy separadas	> 2 m	Sólido	20
Separadas	0,6 - 2 m.	Masivo	15
Moderadamente juntas	200- 600 mm.	En bloques	10
Juntas	60 - 200 mm.	Fracturado	8
Muy juntas	< 60 mm.	Machacado	5

d) **4to PARÁMETRO: CONDICIONES DE LAS DISCONTINUIDADES.**

1. Aberturas de las discontinuidades

Tabla 14: Parametro de la condición de Aberturas de las discontinuidades

GRADO	DESCRIPCIÓN	SEPARACIÓN DE LAS CARAS	VALORACIÓN
1	Abierta	> 5mm	0
2	Moderadamente abierta	1 - 5 mm	1
3	Cerrada	0,1 - 1 mm	4
4	Muy cerrada	< 0,1 mm	5
5	Ninguna	0	6

2. Continuidad o persistencia de las discontinuidades.



Tabla 15: Parametro de la condición de Continuidad o persistencia de las discontinuidades.

GRADO	DESCRIPCIÓN	CONTINUIDAD	VALORACIÓN
1	Muy baja	< 1 m	6
2	Baja	1 – 3 m	4
3	Media	3 – 10 m	2
4	Alta	10 – 20 m	1
5	Muy alta	> 20 m	0

3. Rugosidad de las discontinuidades.

Tabla 16: Parametro de la condición de Rugosidad de las discontinuidades.

GRADO	DESCRIPCIÓN	VALORACIÓN
1	Muy rugosa	6
2	Rugosa	5
3	Ligeramente rugosa	3
4	Lisa	1
5	Plana (espejo de falla)	0

4. Relleno de las discontinuidades.

Tabla 17: Parametro de la condición de Relleno de las discontinuidades.

GRADO	DESCRIPCIÓN	VALORACIÓN
1	Blando > 5 mm	0
2	Blando < 5mm	2
3	Duro > 5mm.	2
4	Duro < 5 mm	4
5	Ninguno	6

5. Alteración de las discontinuidades.

Tabla 18: Parametro de la condición de Alteración de las discontinuidades.

GRADO	DESCRIPCIÓN	VALORACIÓN
1	Descompuesta	0
2	Muy alterada	1
3	Moderadamente alterada	3
4	Ligeramente alterada	5
5	No alterada	6

e) **5to PARÁMETRO: LA PRESENCIA DEL AGUA.**

Para calcular la valoración según la presencia del agua se toma como referencia la tabla que a continuación se especifica.



Tabla 19: Parámetro de la condición de la presencia del agua

CAUDAL POR 10 M DE TÚNEL	RELACIÓN PRESIÓN AGUA - TENSIÓN PPAL MAYOR	DESCRIPCIÓN	VALORACIÓN
Nulo	0	Seco	15
< 10 litros/min	< 0,1	Ligeramente húmedo	10
10-25 litros/min	0,1 - 0,2	Húmedo	7
25-125 litros/min	0,2 - 0,5	Goteando	4
>125 litros/min	> 0,5	Fluyendo	0

f) **6to PARÁMETRO: ORIENTACIÓN DE LAS DISCONTINUIDADES.**

Para la valoración de este parámetro se debe clasificar la roca de acuerdo al rumbo y buzamiento con respecto a la obra civil que se va a ejecutar, esta clasificación se especifica a continuación:

Tabla 20: Parametro de clasificación para la determinación de los buzamientos con respecto al efecto relativo con relación al eje de la obra.

Dirección Perpendicular al Eje de la obra				Dirección Paralelo al Eje de la obra		Buzamiento 0 -20° Cualquier dirección
Excav. Con buzamiento.		Excav. Contra buzamiento		Buz 45° - 90°	Buz 20°- 45°	
Buz 45° - 90°	Buz 20° - 45°	Buz 45°-90°	Buz 20° - 45°	Buz 45° - 90°	Buz 20°- 45°	
Muy favorable	Favorable	Medio	Desfavorable	Muy desfavorable	Medio	Desfavorable

Tabla 21: Valoración para Fundaciones

Calificativo	Valoración
Muy favorable	0
Favorable	-2
Medio	-7
Desfavorable	-15
Muy desfavorable	-25

Calidad del macizo rocoso con relación al Índice RMR

Tabla 22: Calidad del macizo rocoso con relación al Índice RMR

CLASE	CALIDAD	VALORACIÓN RMR	COHESIÓN	ÁNGULO DE ROZAMIENTO
I	Muy buena	100-81	>4 Kg/cm ²	> 45°
II	Buena	80-61	3 - 4 Kg/cm ²	35° - 45°



III	Media	60-41	2 – 3 Kg/cm ²	25° - 35°
IV	Mala	40-21	1 – 2 Kg/cm ²	15°- 25°
V	Muy mala	< 20	< 1 Kg/cm ²	<15°

Capacidad de Carga o Capacidad Portante. Es la capacidad del terreno para soportar las cargas aplicadas sobre él, sin producir fallas o asentamientos.

Ensayo de corte directo se aplica una fuerza normal y una fuerza cortante sobre la muestra. Tiene como objetivo determinar la resistencia al corte de una discontinuidad expresada con el valor del ángulo de fricción residual (ϕ) en muestra de roca previamente fracturadas.

El ensayo uniaxial (no confinado) es solo para materiales finos y plásticos, nos da (c) como factor determinante en este tipo de materiales, la resistencia es solo referencial.

Cimentación. Es una sub-estructura que está por debajo de la rasante, encargada de transmitir las cargas estructurales de una serie de elementos de forma económica, controlando en lo posible la deformación o asentamiento del suelo.

Presas de Tierra. En la base del dique se tiene que evaluar hasta 40 m de profundidad con logeo de perforación diamantina las características del suelo y roca (GM, GC, roca) para construir la cimentación de la pantalla o dique. El material tiene que ser suelo portante.

Suelos de grano grueso o granulares (con tamaño de grano predominante superior a 0,075mm), formados principalmente por cuarzo, feldespato y calcita; y sulfatos, sales y vidrios volcánicos, con menos frecuencia.

Suelos de grano fino o suelos finos (con un porcentaje superior al 50% de tamaño igual o inferior a 0,075mm), formados principalmente por limos y minerales de arcillas, como caolinitas, ilitas, esmectitas y materia orgánica, entre otros.

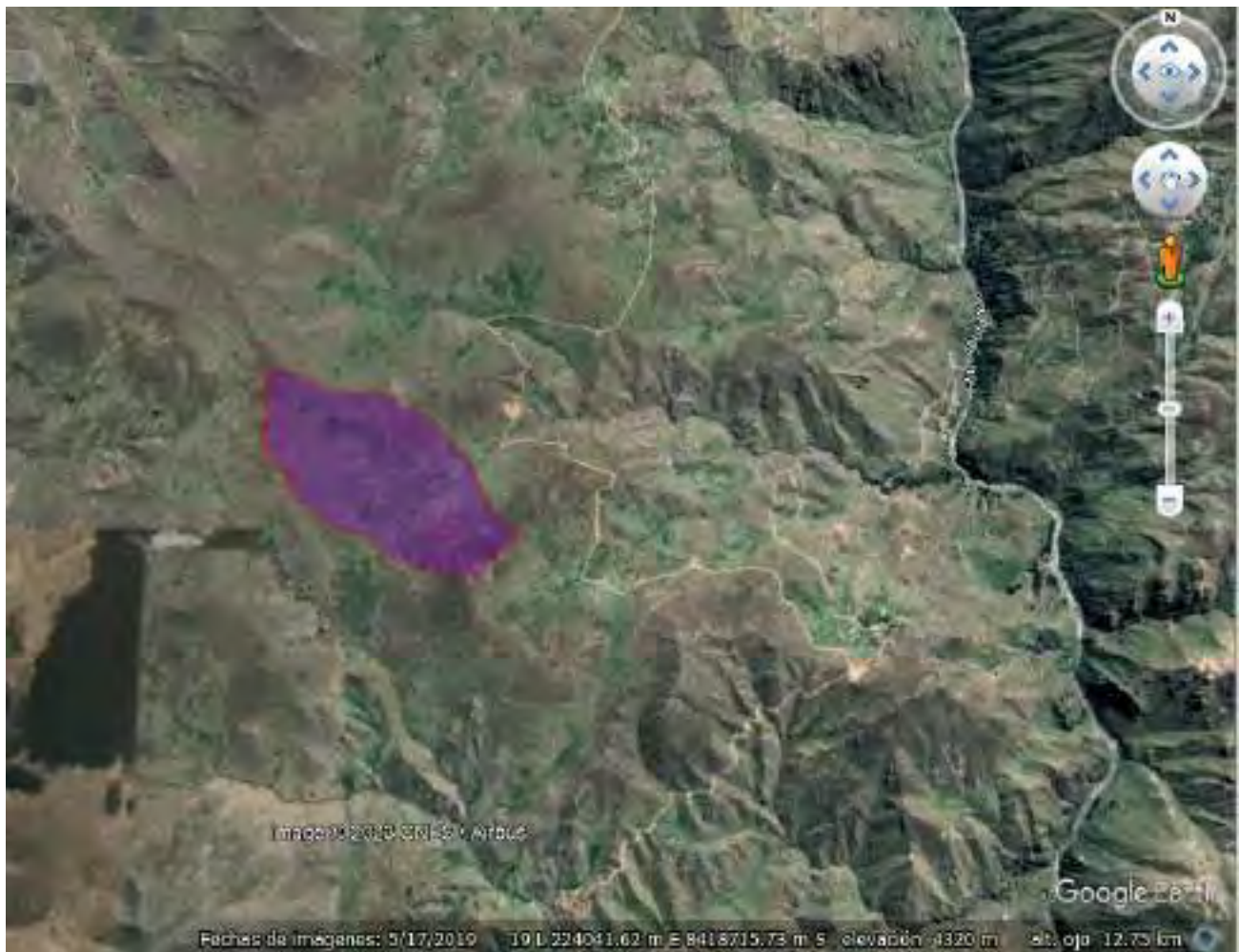


Capítulo III GEOMORFOLOGIA

3.1. Aspectos generales

La microcuenca de Chocayhua pertenece a un ambiente de cuenca glacial pleistocena, geoformas que se encuentran en la cordillera occidental del sur del Perú dentro del complejo volcánico de Livitaca, está ubicada entre los 4205 m.s.n.m. y 4403 m.s.n.m.

Figura 14: Zona de estudio para la Presa de Chocayhua



Fuente: Imagen satelital de Googleearth

El área de estudio de la microcuenca es de 1.097 km², presenta una pendiente promedio de 19.531 %, el flujo de las aguas se concentra en dirección NW a SE, con nacientes pequeñas a los



rededores del área del vaso. La diferencia de altura entre el punto de desfogue y las partes altas es de 197 metros, siendo importante este factor en el análisis para la construcción de la presa.

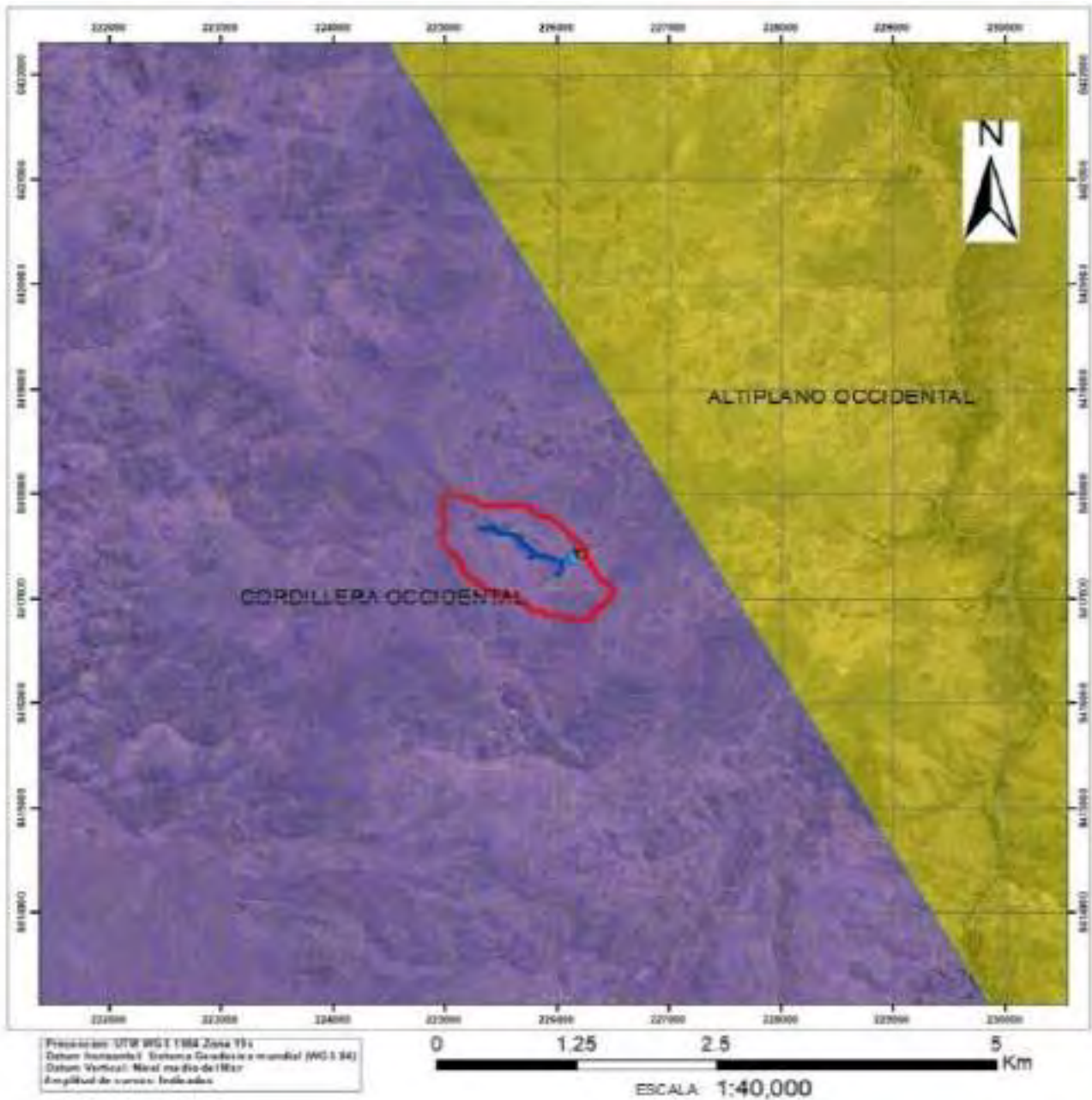
Las aguas que discurren del área de estudio en dirección este como afluente hacia el río de Apurímac atraviesa un recorrido de 3.6 km, conocido como río Chocayhua, conforma un drenaje dendrítico geomorfológicamente formando terrazas aluviales para luego conformar laderas escarpadas cuando más se acerca al cañón del río Apurímac.

3.2. Geomorfología regional

Las unidades geomorfológicas regionales son grandes unidades estructurales generados por el levantamiento andino de la cordillera en el cual se encuentra gran parte del territorio nacional y por ende la región del Cusco. La geomorfología regional de la zona de estudio se encuentra emplazado en la unidad regional de la Cordillera occidental del sur, asimismo sobre subunidades de vertiente o piedemonte coluvio-deluviales V-cd con presencia de geodinámica externa y subunidad de complejo volcánico Co-v asociados a zonas con deslizamientos, movimientos complejos, derrumbes en flancos volcánicos; asimismo está condicionada por la presencia del cañón de Apurímac y su proceso de erosión hacia el lado este con presencia de vertientes montañosas, deslizamientos y el cañón del río Apurímac.



Figura 15: Mapa geomorfológico regional de la microcuenca de Chocayhua



Fuente: Extraído de INGEMMET

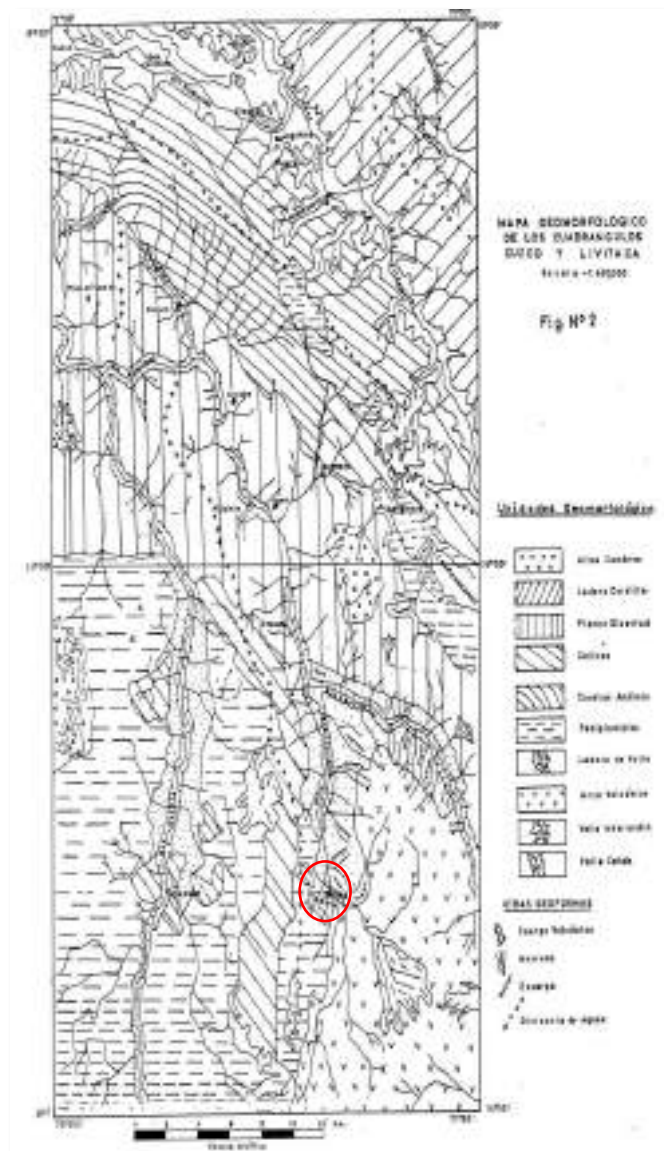
3.2.1. Cordillera Occidental

Corresponde a sus partes más oriental de este dominio estructural y se presente al SE del cuadrángulo del Livitaca. Su topografía es moderada en y sus altitudes extremas están



comprendidas entre los 3,000 m.s.n.m. a 4,491 m.s.n.m. El límite con el Altiplano es bastante irregular ya que corresponde a cambios de dominios paleogeográficos, controlados por fallas regionales importantes como las de dirección NO-SE Cusibamba, Acomayo y NNO-SSE Huanoquite-Accha. Estas fallas son parte del sistema Cusco-Lagunillas-Mañazo y controlan los principales sistemas de drenajes, por donde discurren los ríos Velille y parte del Apurímac. Geología de los cuadrángulos de Cuzco y Livitaca. 29-s (S. Mendivil Echevarría · 1994)

Figura 16: Mapa Geomorfológico Regional Fuente: INGEMMET.





3.2.1.1. Valle Glaciar

La zona de estudio se emplaza en un valle glaciar, es aquel valle por el que circula o ha circulado un glaciar de dimensiones importantes que ha dejado una morfología clara de glaciario. Los valles glaciares se caracterizan por presentar un perfil 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. Otras características de los valles glaciares son las huellas de abrasión y sobrecavación provocada por la fricción del hielo y el arrastre de material, existencia de canales de aludes, fondos planos con alternancia de umbrales y cubetas, vertientes muy verticales labradas que dan lugar a una ruptura de pendiente en hombrera, materiales erosionados muy heterogéneos y sin una clasificación en su deposición o la aparición de morrenas.

Figura 17: Valle Glaciar de la zona de Estudio



Se puede distinguir dos zonas de este valle, una del tramo superior conformado por depósitos de morrenas y afloramientos rocosos, y el tramo inferior con algunas zonas con mayor



amplitud donde se aprovechan para cultivos de pastos y pastoreo de ganado de la zona. Para lo cual se distinguieron dos subunidades en el área de estudio:

3.2.1.1.1. Vertiente o piedemonte V-cd

Esta subunidad comprende el vaso de la proyección del represamiento que colecta las aguas discurrientes formando quebradas suaves en el cual existen procesos de geodinámica como flujo de detritos. Corresponde a las acumulaciones de ladera originadas por procesos de movimientos en masa del tipo deslizamientos, derrumbes, caída de rocas, avalancha de rocas. Generalmente su composición litológica es homogénea; son depósitos de corto recorrido relacionados a las laderas superiores adyacentes. Su morfología es usualmente convexa y su disposición semicircular a elongada en relación la zona de arranque o despegue del movimiento en masa.

3.2.1.1.2. Complejo volcánico Co-v

Subunidad que comprende unidades volcánicas de flujos de lavas y piroclásticos denominada como Secuencia volcánica Ticapallana según INGEMMET del cuadrángulo 29s-2 en escala 1:50000, conforma gran parte de los complejos montañosos donde se forman los flancos hacia el cañón del río Apurímac. Corresponde a laderas con pendientes moderadas a abruptas, de cumbres alargadas. Se presentan muy erosionadas, asociadas a procesos de caídas, deslizamientos, erosión en cárcavas y flujos de detritos (huaycos).

Figura 18: Complejo Volcánico en el Cañon del río Apurímac





Figura 19: Unidades geomorfológicas en la zona de estudio



Fuente: Extraído de INGEMMET






3.3. Geomorfología local

3.3.1. Pendiente

Localmente la zona de estudio se emplaza sobre una cuenca natural pequeña formando un fondo de valle suave en el cual discurren las aguas provenientes de las zonas más altas en dirección hacia el Este hasta desembocar en el río Apurímac.

Para el análisis detallado se realizó el análisis en base a una imagen DEM de 12.5 metros de resolución y su análisis de pendientes según la Food and Agriculture Organization of the United States (FAO) en un SIG indicados en la tabla siguiente.

Tabla 23 : *Clasificación de pendientes y áreas de la zona de estudio.*

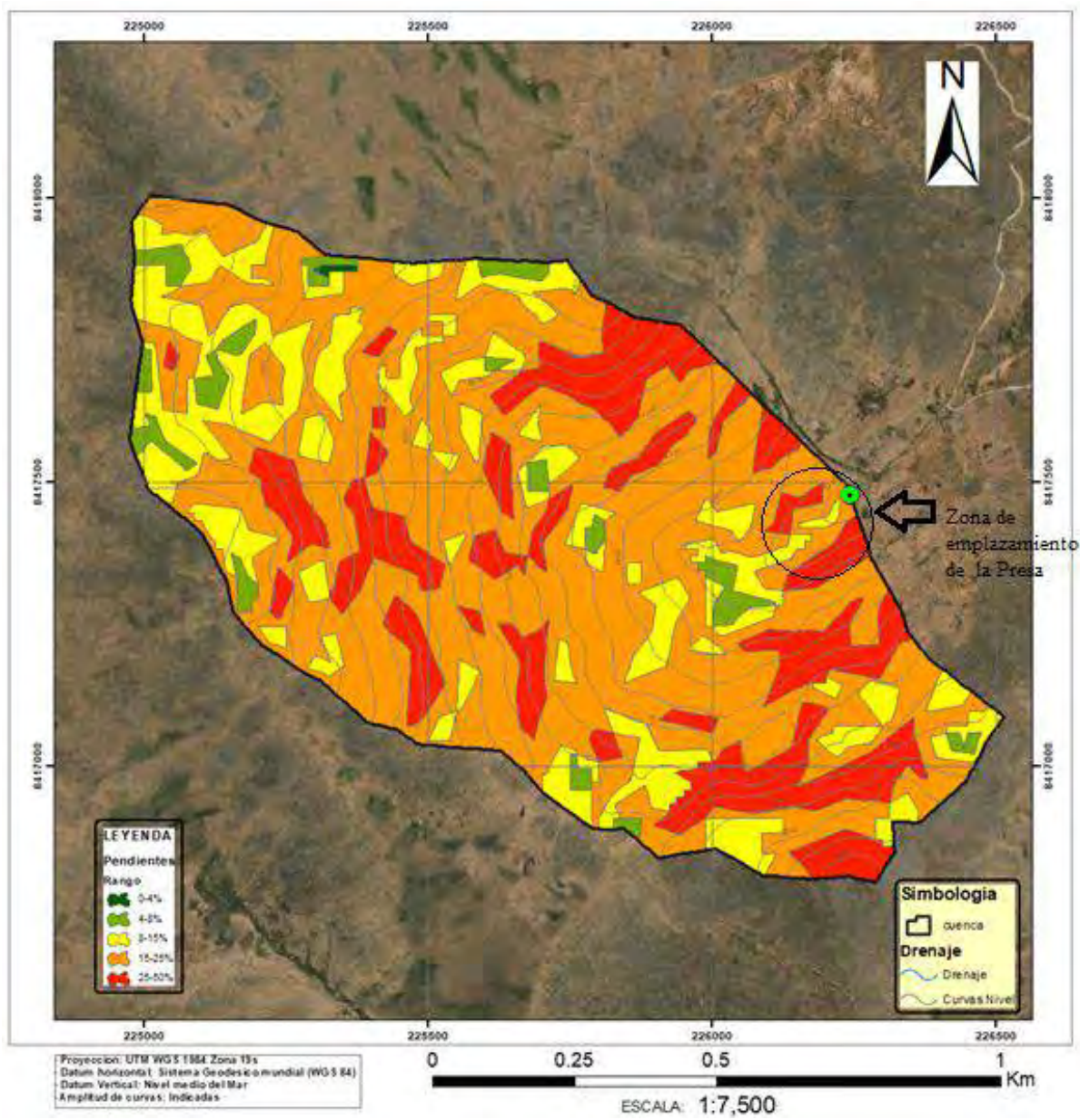
CLASE	PENDIENTE (%)	COLOR	DESCRIPCION	AREA m2	AREA ha
I	0-4		Llano	1045.69	0.104
II	4-8		Moderadamente Inclinado	39110.17	3.9
III	8-15		Fuertemente Inclinado	215909.74	21.59
IV	15-25		Ligeramente Empinado	653759.49	65.38
V	25-50		Empinado	216584.57	21.66



Total 112.634

A partir de la clasificación de pendientes se obtiene el mapa respectivo de la microcuenca en donde se observa en el vaso de la proyección de la presa pendientes suaves, medias y moderadas, superficies en donde será la zona de embalse.

Figura 20: Mapa de pendientes de la zona de estudio.





3.3.2. Fisiografía:

3.3.2.1. Vertiente del Río

Lo conforma principalmente el cauce del río que está conformada por arenas y gravas sub angulosas a subredondeadas de origen volcánico.

Figura 21: Vertiente del río Chocayhua



3.3.2.2. Terrazas fluvioglaciares llanos

Los relieves de esta geoforma se encuentran en pequeñas zonas a manera de terrazas sobre depósitos cuaternarios con pendientes bajas y llanas ocupando un área de 2.403 ha en toda la microcuenca se ubican principalmente al borde del río.

Figura 22: Terrazas Fluvioglaciares





3.3.2.3. Laderas Moderadamente inclinadas Fluvioglaciarias

Relieves suaves que se encuentran sobre depósitos cuaternarios en un área de 3.69 ha pequeñas lomadas por encima de las terrazas de la microcuenca, en el vaso está ubicado en dirección del final del vaso de la represa.

3.3.2.4. Ladera Fuertemente inclinada fluvioglaciaria y Volcánica

Superficies sobre depósitos cuaternarios fluvioglaciares y unidades volcánicas se observa al final de la zona de embalse y también en las partes altas abarcando un área total de 42.31 ha.

3.3.2.5. Laderas Ligeramente empinadas volcánica

Geoformas con pendientes fuertemente inclinadas estas subunidades se encuentran en la parte central del vaso de la presa, y laderas volcánicas ligeramente empinadas un área de 47.40 ha asimismo al final de las laderas empinadas en la microcuenca.

Figura 23: Geomorfología del area de estudio.



3.3.2.6. Ladera empinada en roca volcánico

Superficies que se encuentran en las partes altas del vaso de la presa y abarcan gran parte de la microcuenca con una representación de 14.01 ha de fuerte pendiente, estos dan origen a los depósitos cuaternarios eluviales, aluviales y volcánicos alterados abarca la mayor parte de la microcuenca.



Figura 24: Laderas empinadas en roca volcánica y deposito cuaternario

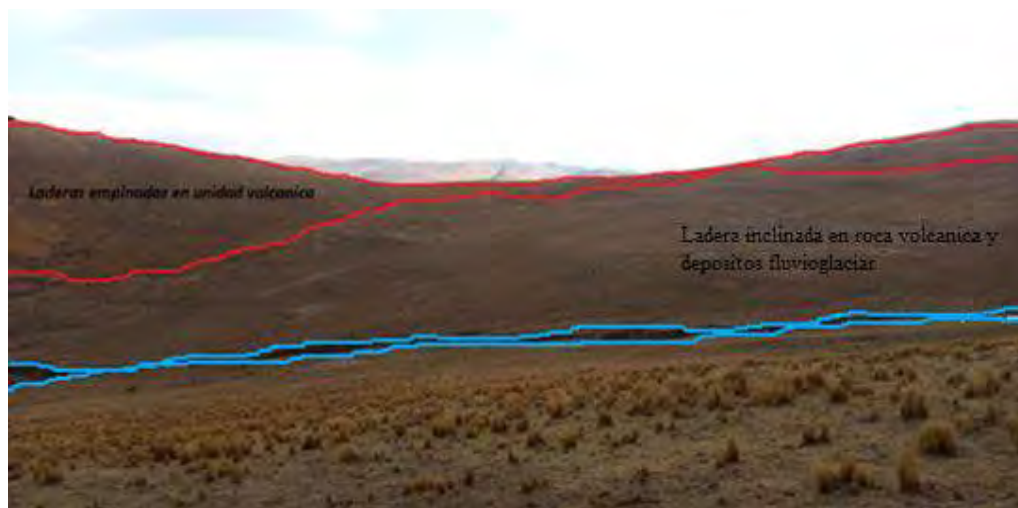


Tabla 24: Unidades Geomorfológicas locales en la microcuenca de Chocayhua (Fuente: Adaptado al (Villota, 1997))

REGION NATURAL	NORTE-ORIENTAL LOCAL	PASADIZO	Etiopos	FISIOGRAFIA	pendiente	Rango Pendiente	AREA Ha	PERIMETER M
SIERRA (SR)	CORDILLERA OCCIDENTAL	Montaña Alta (MA)	La-fg-L-Em	Ladera Fluvio-glaciár	Ligeramente Empinado	15-25%	36.71	11431.7
			La-v-L-Em	Ladera Volcánica	Ligeramente Empinado	15-25%	34.202	543.7
			La-v-Em	Ladera Volcánica	Empinado	25-50%	14.014	947.8
			La-v-F-In	Ladera Volcánica	Fuertemente Inclinado	8-15%	13.431	886.7
			La-fg-F-In	Ladera Fluvio-glaciár	Fuertemente Inclinado	8-15%	7.373	415.8
			La-v-M-In	Ladera Volcánica	Moderadamente Inclinado	4-8%	2.791	304
			Te-fg-M-to	Terraza Fluvio-glaciár	Moderadamente Inclinado	4-8%	2.403	103.5
			La-fg-M-In	Ladera Fluvio-glaciár	Moderadamente Inclinado	4-8%	0.858	129.2
			La-v-S-In	Ladera Volcánica	Suavemente Inclinado	0-4%	0.104	180.1

3.4. Parámetros geomorfológicos

Se caracteriza estos parámetros con el fin de tener un entendimiento de la función de una superficie hidrográfica, sus características físicas, los procesos que ocurren (precipitación, escorrentía, infiltración, evaporación, etc.) y sus condicionantes.



3.4.1. Clasificación hidrográfica

El área de la microcuenca es de 1.1 km² clasificada como quebrada según la Metodología de priorización de cuencas DSMC – DGASI.

Tabla 25: Rangos de unidades geográficas Metodología de priorización de cuencas por la DSMC – DGASI.

Unidad Hidrográfica	Area (km ²)	Orden de drenaje Horton y Strahler
Quebrada	<10	1,2
Microcuenca	10 - 100	1, 2 o 3
Subcuenca	100-700	4 o 5
Cuenca	700-6000	> 6

3.4.2. Superficie

3.4.2.1. Area (A_q)

Presenta un área total de 1.0973 km² considerando la quebrada que colecta las aguas superficiales hasta el dique de la presa, el área proyectada del embalse es de 10 500 m² aproximadamente.

3.4.3. Componentes de distancia

3.4.3.1. Perimetro (P).

La longitud de la línea de las aguas divisorias de la quebrada es de 4.434 km.

3.4.3.2. Longitud total (L)

Longitud medida del cauce principal es de 1.115 km.

3.4.3.3. Ancho promedio (AP)

El valor de dividir el área entre la longitud axial de la microcuenca, se tiene el valor de 405 metros.



3.4.3.4. Centro de gravedad (CG)

El baricentro de la forma de la cuenca presenta coordenadas UTM WGS 19 L

N: 8417397.775, E: 225722.953 y Z= 4315.271 m.s.n.m

3.4.4. Elementos de forma

3.4.4.1. Coeficiente de compacidad o índice de Gravelius (Kc)

Representa el tiempo de concentración del sistema hidrológico según la ecuación.

$$Kc = 0.282 \frac{P}{\sqrt{A}}$$

El coeficiente de concentración es de 1.19 con forma redonda u oval redonda.

3.4.4.2. Factor forma (Ff)

Equivalente a la relación de dividir el área de la cuenca y el cuadrado de la longitud del cauce principal.

$$Ff = \frac{A}{L^2}$$

Tabla 26: Rangos de factor forma

Factor forma	Forma
<0.22	Muy alargada
0.22 – 0.3	Alargada
0.3 – 0.37	Ligeramente alargada
0.37 – 0.45	Ni alargada ni ensanchada
0.45 – 0.6	Ligeramente ensanchada
0.6 – 0.8	Ensanchada
0.8 – 1.2	Muy ensanchada
>1.2	Rodeando el desagüe

Fuente: Pérez 1979

El área representa un factor de forma de Ff=1.05 con forma muy ensanchada.

Tabla 27: Parámetros Morfométricos de la Cuenca Chocayhua

PROPIEDADES MORFOMETRICAS CUENCA



PROPIEDAD	UNIDAD	VALOR
DE SUPERFICIE		
Área	Km2	1.097
Perímetro	Km	4.434
Cotas		
Cota Máxima	m.s.n.m.	4403
Cota mínima	m.s.n.m.	4206
Centroide Wgs84-UTM-19S		
X centroide	m	225722
Y centroide	m	8417398
Z centroide	m.s.n.m.	4307
Altitud		
Altitud media	m.s.n.m.	4307
Altitud mas frecuente	m.s.n.m.	4296
Altitud de frecuencia media	m.s.n.m.	4314
Pendiente		
Pendiente promedio de la cuenca	%	19.53
DE LA RED HIDRICA		
Longitud del curso principal	Km	1.16
Orden de la red hídrica	UND	2
Longitud de la red hídrica	Km	1.32
Pendiente promedio	%	2.46

<p>Factor de forma de una Cuenca (F):</p> $F = \frac{A}{L^2}$	1.05
<p>Relación de elongación (R):</p> $R = 1,128 \frac{\sqrt{A}}{L}$	1.16
<p>Relación de circularidad (Rc):</p> $Rc = \frac{4A\pi}{P^2}$	0.70
<p>Índice de Compacidad o Índice de Gravelious (K):</p> $K = 0,28 \frac{P}{\sqrt{A}}$	1.19



3.4.4.3. Rangos de relieve y áreas parciales de la cuenca

Tabla 28 Tabla de datos de rangos de relieve y áreas parciales del área de estudio.

N°	COTAS (msnm)			AREA			
	Minima	Maxima	Promedio	F.A. (Km2)	F.A.Acum. (Km2)	F.R. (%)	F.R. Acum (%)
1	4205	4221	4213.0	0.0197	1.0973	1.79	100.0
2	4222	4238	4230.0	0.0650	1.0777	5.92	98.2
3	4239	4254	4246.5	0.0802	1.0127	7.30	92.3
4	4255	4271	4263.0	0.1025	0.9325	9.34	85.0
5	4272	4287	4279.5	0.1288	0.8300	11.73	75.6
6	4288	4304	4296.0	0.1416	0.7013	12.90	63.9
7	4305	4320	4312.5	0.1244	0.5597	11.33	51.0
8	4321	4337	4329.0	0.1202	0.4353	10.95	39.7
9	4338	4353	4345.5	0.0858	0.3152	7.82	28.7
10	4354	4370	4362.0	0.0898	0.2294	8.19	20.9
11	4371	4386	4378.5	0.0933	0.1395	8.50	12.7
12	4387	4403	4395.0	0.0463	0.0462	4.21	4.2
			TOTAL	1.097		100.0	

3.4.4.1. Altitud media de la cuenca (Hm)

Se realizó del cálculo de dividir la sumatoria de áreas parciales y promedio de cotas entre el área de la cuenca.

$$Hm = \frac{\sum \text{Promedio} * F.A.}{A}$$

La altitud media es de Hm = 4307.910

3.4.4.2. Curva hipsométrica

Figura 25: Curva hipsométrica y frecuencia de altitudes- Chocayhua

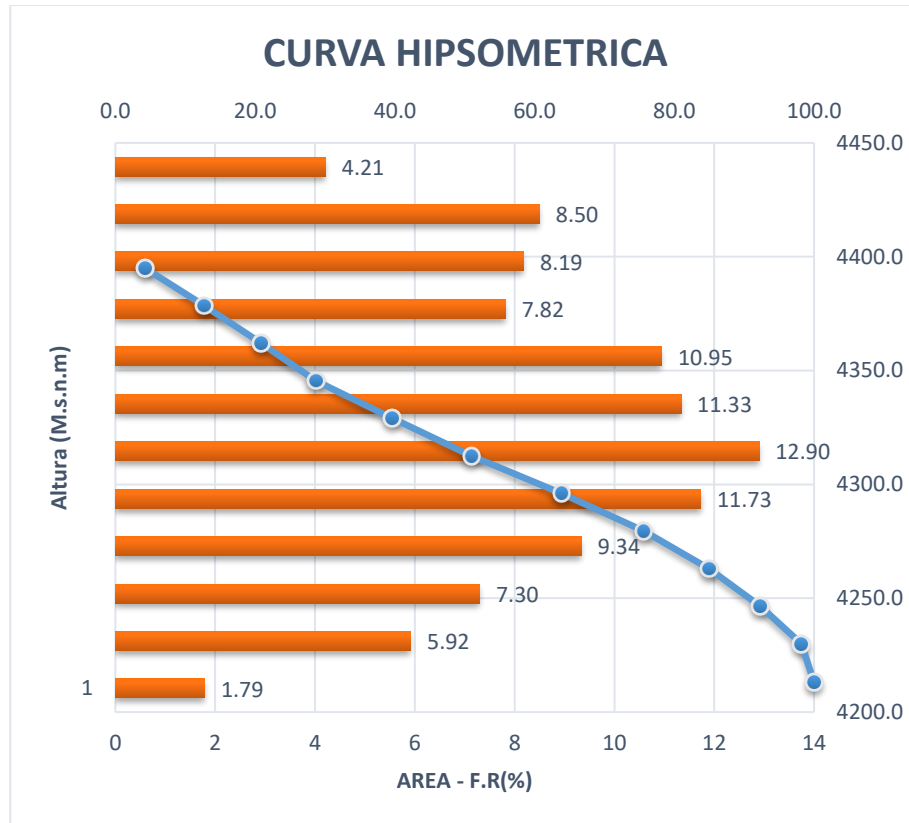
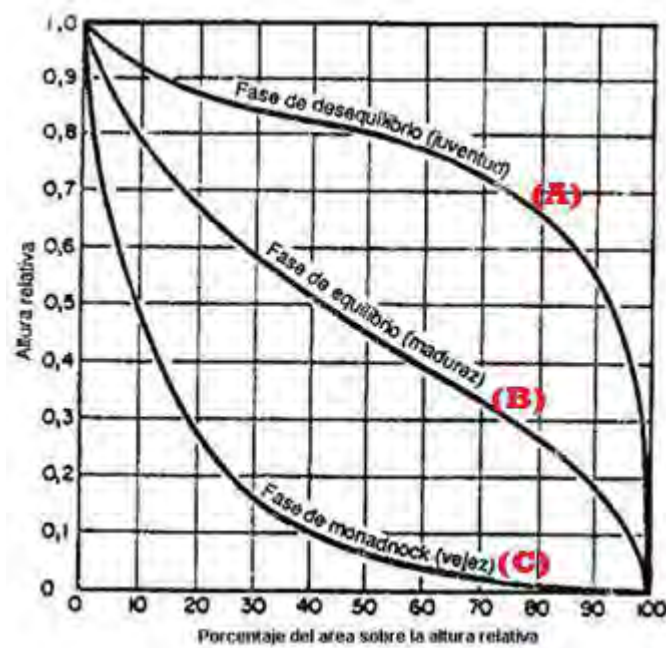


Figura 26: Curvas hipsométricas para tipos de fase según Strahler





Para la presa la microcuenca de Choqayhua se tiene una curva de tipo B, en fase de equilibrio y corresponde a una microcuenca en etapa de madurez valle allanado.

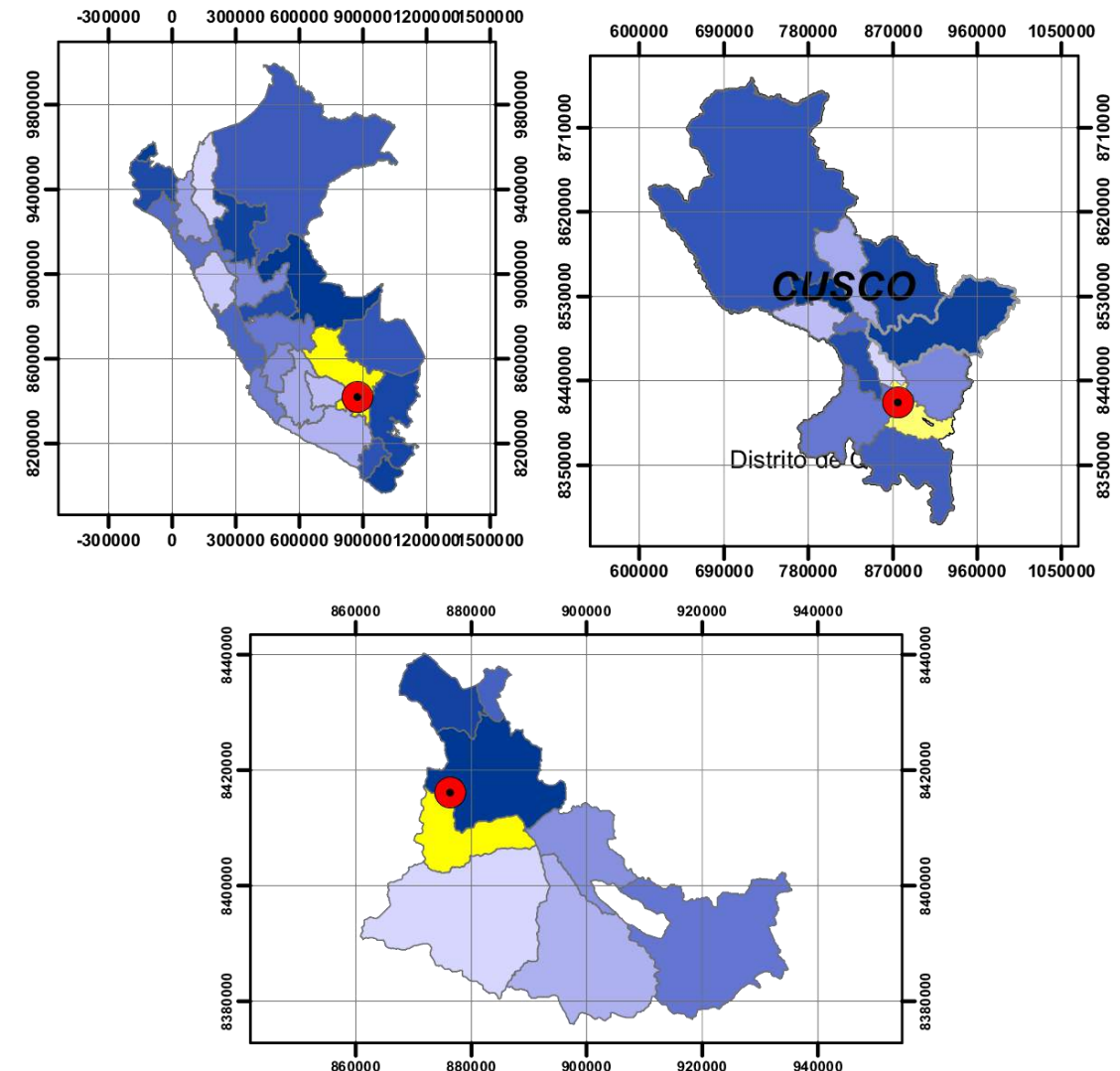
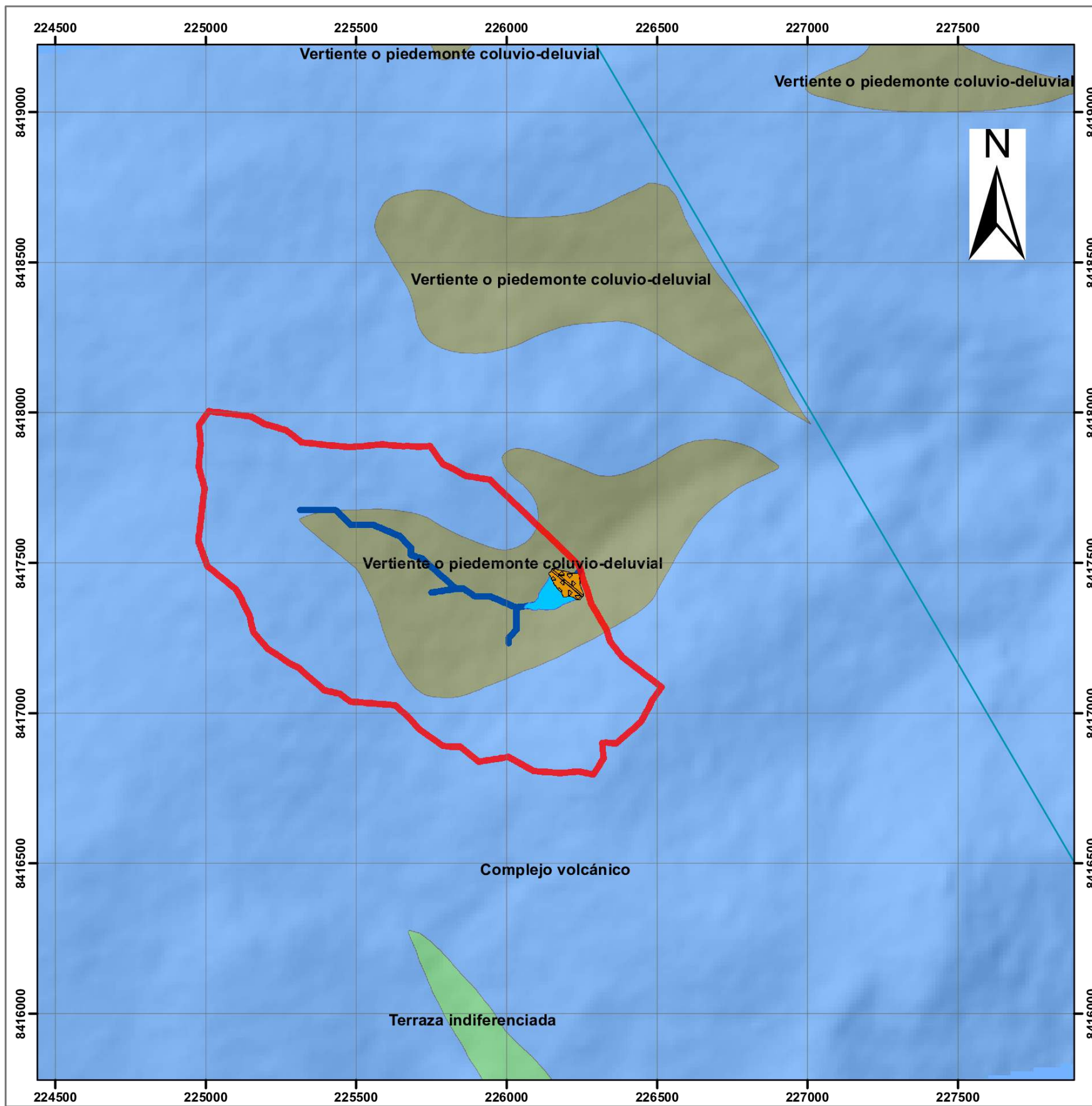
3.4.4.3. Pendiente promedio de la cuenca

Se realizó la clasificación de acuerdo al rango de pendientes del mapa y el número de ocurrencias, para el estudio presenta una pendiente promedio de 19.531 % equivalente a 11.05 °.

Figura 27: Vista panorámica de una parte de la cuenca Chocayhua.



MAPA GEOMORFOLOGICO REGIONAL



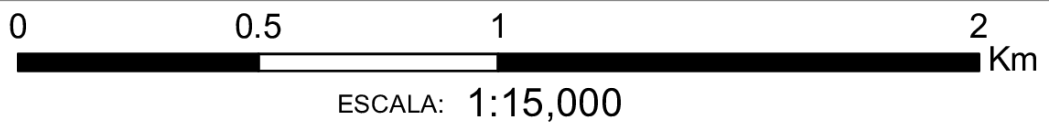
LEYENDA

- Falla Regional
- Unidades**
- Complejo volcánico
- Montaña en roca volcano-sedimentaria
- Terraza indiferenciada
- Vertiente o piedemonte coluvio-deluvial

Simbologia

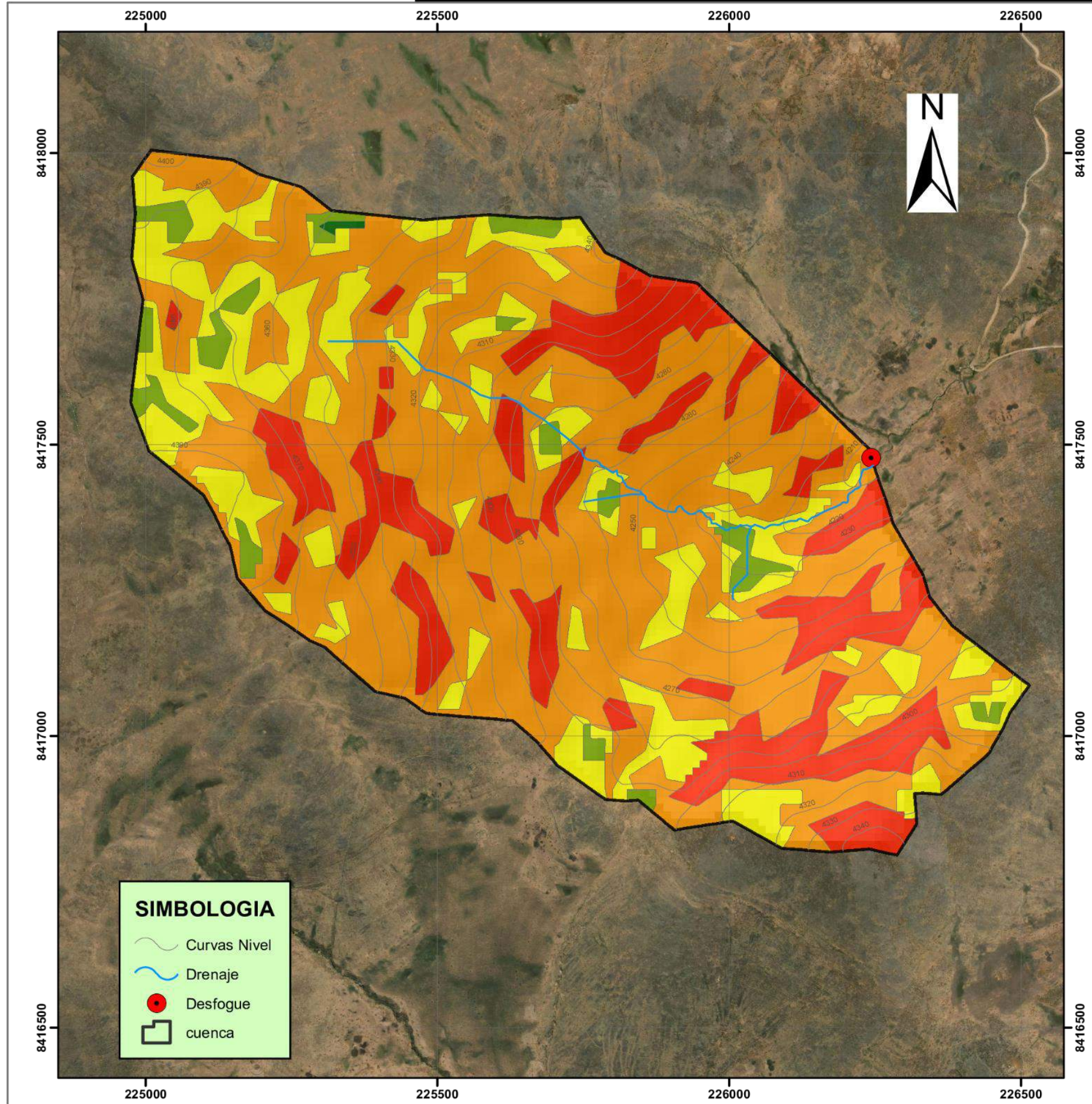
- cuenca
- Zona de Estudio**
- EMBALSE CHOQAYHUA
- PRESA CHOQAYHUA
- Drenaje**
- 1

Proyeccion: UTM WGS 1984 Zona 19s
 Datum horizontal: Sistema Geodesico mundial (WGS 84)
 Datum Vertical: Nivel medio del Mar
 Amplitud de curvas: Indicadas



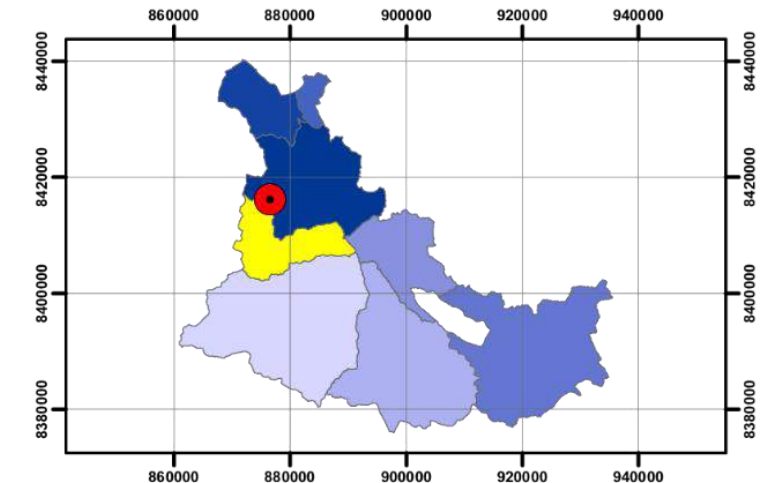
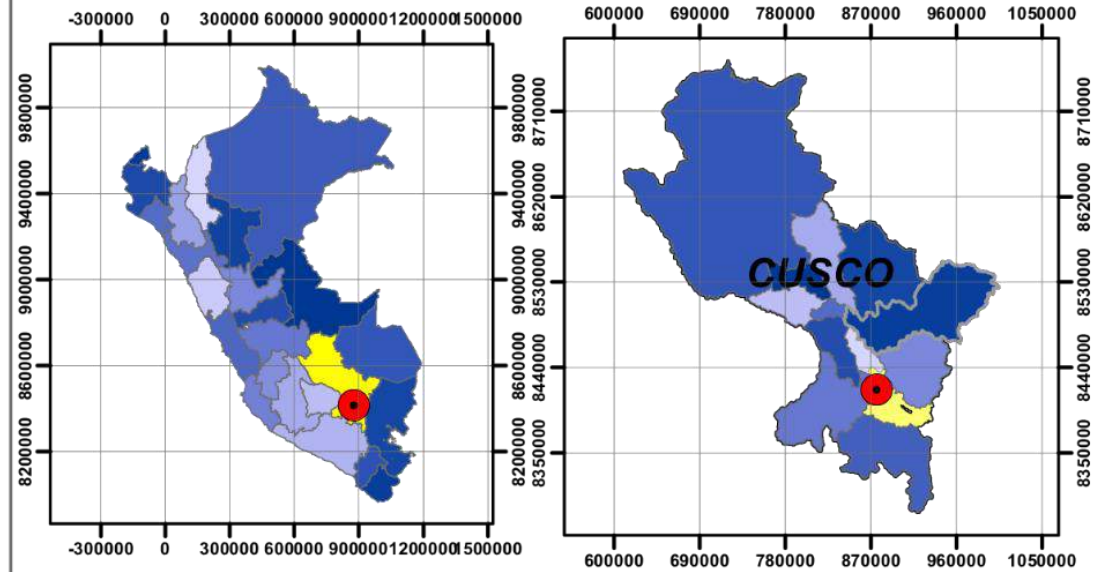
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA		
PLANO: MAPA DE GEOMORFOLOGICO REGIONAL		
TESIS: "ESTUDIO GEOLOGICO, GEOTECNICO PARA LA COSTRUCCIÓN DE LA PRESA CHOCAYHUA DEL DISTRITO DE QUEHUE- CANAS- CUSCO 2022"		
DEPARTAMENTO: CUSCO	DATUM: 19 S WGS 84	LAMINA:
PROVINCIA: CANAS	ELABORADO: Bch. Rosmery Carlos Chuma Bch. Michael Manuel Garcia Mendoza	<h1 style="font-size: 2em; margin: 0;">P-03</h1>
DISTRITO: QUEHUE	Asesor: Mgt. Ronald Luis Lopez Zapana	
COMUNIDAD: CHOQAYHUA	FECHA: Enero 2023	ESCALA: 1:15,000

MAPA DE PENDIENTES DE LA MICROCUENCA DE CHOCAYHUA



SIMBOLOGIA

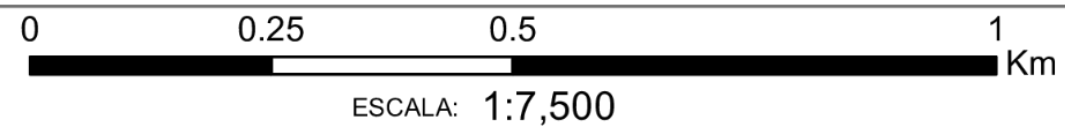
- Curvas Nivel
- Drenaje
- Desfogue
- cuenca



RANGO DE PENDIENTES

CLASE	PENDIENTE (%)	COLOR	DESCRIPCION	AREA m2	AREA ha
I	0-4	Verde	Llano	1045.69	0.104
II	4-8	Verde claro	Moderadamente Inclinado	39110.17	3.9
III	8-15	Amarillo	Fuertemente Inclinado	215909.74	21.59
IV	15-25	Naranja	Ligeramente Empinado	653759.49	65.38
V	25-50	Rojo	Empinado	216584.57	21.66
				Total	112.634

Proyeccion: UTM WGS 1984 Zona 19s
 Datum horizontal: Sistema Geodesico mundial (WGS 84)
 Datum Vertical: Nivel medio del Mar
 Amplitud de curvas: Indicadas



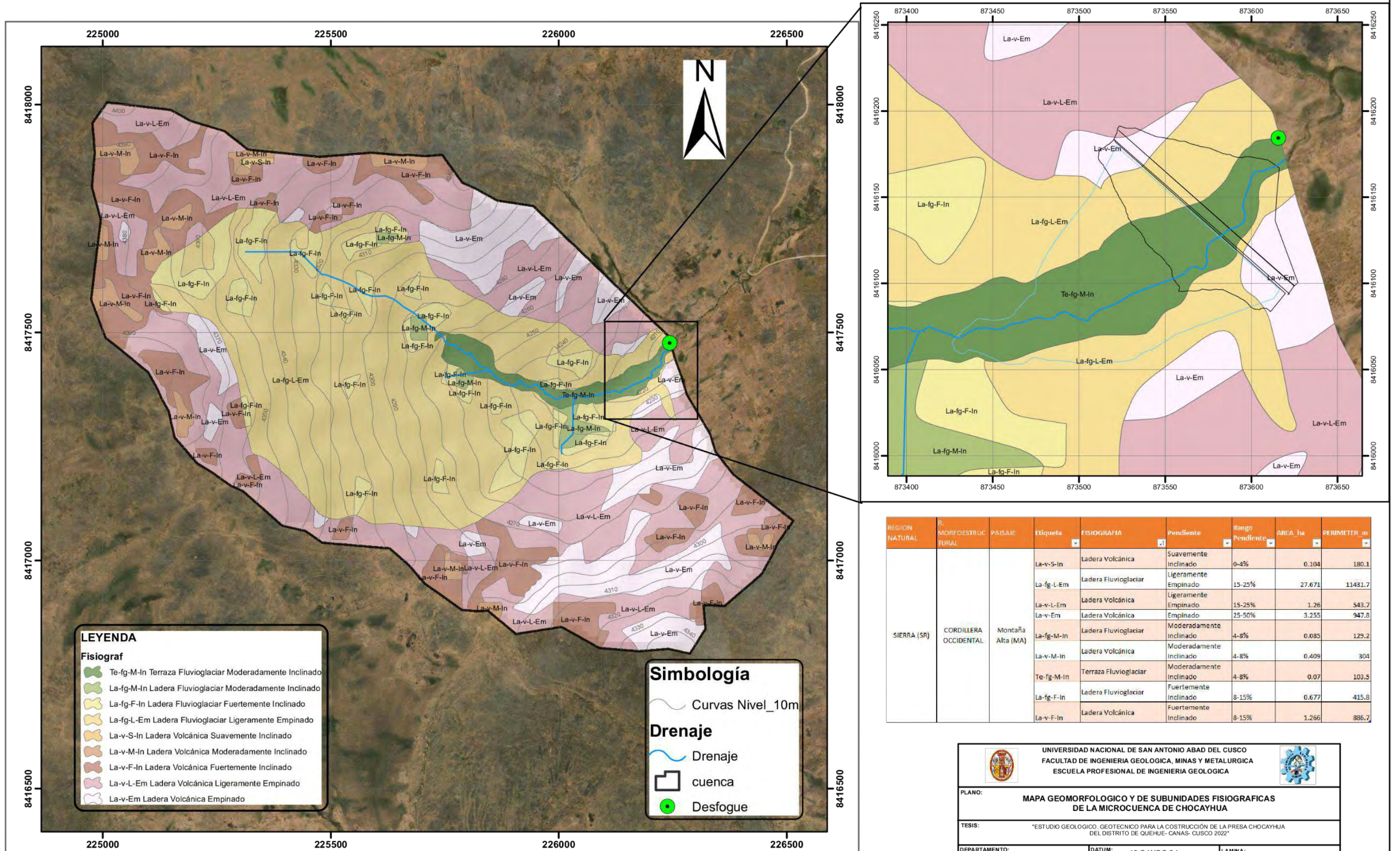
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
 FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA

PLANO: **MAPA DE PENDIENTES DE LA MICROCUENCA DE CHOCAYHUA**

TESIS: "ESTUDIO GEOLOGICO, GEOTECNICO PARA LA COSTRUCCION DE LA PRESA CHOCAYHUA DEL DISTRITO DE QUEHUE- CANAS- CUSCO 2022"

DEPARTAMENTO: CUSCO	DATUM: 19 S WGS 84	LAMINA:
PROVINCIA: CANAS	ELABORADO: Bch. Rosmary Carlos Chuma Bch. Michael Manuel Garcia Mendoza	P-04
DISTRITO: QUEHUE	Asesor: Mgt. Ronald Luis Lopez Zapana	
COMUNIDAD: CHOQAYHUA	FECHA: Enero 2023	ESCALA: 1:7,500

MAPA GEOMORFOLOGICO Y DE SUBUNIDADES FISIOGRAFICAS DE LA MICROCUENCA CHOCAYHUA



LEYENDA

Fisiograf

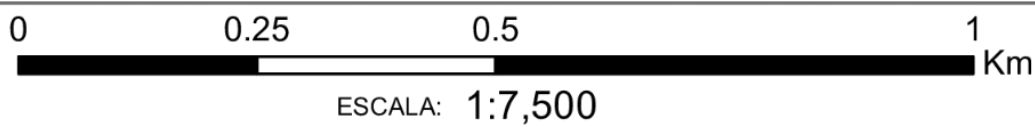
- Te-fg-M-In Terraza Fluvioglaciaria Moderadamente Inclinado
- La-fg-M-In Ladera Fluvioglaciaria Moderadamente Inclinado
- La-fg-F-In Ladera Fluvioglaciaria Fuertemente Inclinado
- La-fg-L-Em Ladera Fluvioglaciaria Ligeramente Empinado
- La-v-S-In Ladera Volcánica Suavemente Inclinado
- La-v-M-In Ladera Volcánica Moderadamente Inclinado
- La-v-F-In Ladera Volcánica Fuertemente Inclinado
- La-v-L-Em Ladera Volcánica Ligeramente Empinado
- La-v-Em Ladera Volcánica Empinado

Simbología

- Curvas Nivel_10m
- Drenaje
- cuenca
- Desfogue

REGION NATURAL	R. MORFOESTRUCTURAL	PAISAJE	Etiqueta	FISIOGRAFIA	Pendiente	Rango Pendiente	AREA ha	PERIMETER m
SIERRA (SR)	CORDILLERA OCCIDENTAL	Montaña Alta (MA)	La-v-S-In	Ladera Volcánica	Suavemente Inclinado	0-4%	0.104	180.1
			La-fg-L-Em	Ladera Fluvioglaciaria	Ligeramente Empinado	15-25%	27.671	11431.7
			La-v-L-Em	Ladera Volcánica	Ligeramente Empinado	15-25%	1.26	543.7
			La-v-Em	Ladera Volcánica	Empinado	25-50%	3.255	947.8
			La-fg-M-In	Ladera Fluvioglaciaria	Moderadamente Inclinado	4-8%	0.085	129.2
			La-v-M-In	Ladera Volcánica	Moderadamente Inclinado	4-8%	0.409	304
			Te-fg-M-In	Terraza Fluvioglaciaria	Moderadamente Inclinado	4-8%	0.07	103.5
			La-fg-F-In	Ladera Fluvioglaciaria	Fuertemente Inclinado	8-15%	0.677	415.8
			La-v-F-In	Ladera Volcánica	Fuertemente Inclinado	8-15%	1.266	886.7

Proyección: UTM WGS 1984 Zona 19s
 Datum horizontal: Sistema Geodesico mundial (WGS 84)
 Datum Vertical: Nivel medio del Mar
 Amplitud de curvas: Indicadas



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

PLANO: **MAPA GEOMORFOLOGICO Y DE SUBUNIDADES FISIOGRAFICAS DE LA MICROCUENCA DE CHOCAYHUA**

TESIS: "ESTUDIO GEOLOGICO, GEOTECNICO PARA LA COSTRUCCION DE LA PRESA CHOCAYHUA DEL DISTRITO DE QUEHUE-CANAS-CUSCO 2022"

DEPARTAMENTO: CUSCO	DATUM: 19 S WGS 84	LAMINA:
PROVINCIA: CANAS	ELABORADO: Bch. Rosmary Carlos Chuma Bch. Michael Manuel Garcia Mendoza	P-05
DISTRITO: QUEHUE	Asesor: Mgt. Ronald Luis Lopez Zapana	
COMUNIDAD: CHOCAYHUA	FECHA: Enero 2023	ESCALA: 1:7,500



Capítulo IV GEOLOGIA

4.1. Geología Regional

En la realización de los estudios geológicos regionales se ha tomado como referencia lo publicado por el Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (INGEMMET), geología de los cuadrángulos de Cuzco y Livitaca. Hojas: 28-s y 29-s - [Boletín A 52], donde se ha verificado y reajustado en campo las unidades geológicas regionales de superficie, las cuales afloran tanto para la zona del embalse, de vaso y exteriores a ellas, estas formaciones datan del Plioceno hasta Cuaternario reciente, las mismas que están representadas por rocas volcánicas, subvolcánicas, brechas y conglomerados.

4.1.1. Grupo Tacaza

Según Oscar Palacios Moncayo, Geología de los cuadrángulos de Chulca y Cayarani. Hojas: 30-q y 30-r [Boletín A 51] (INGEMMET). Este grupo reconocido regionalmente en el Sur del país tiene su localidad tipo en la mina Tacaza ubicada al Norte de Santa Lucía, donde fue descrito por Newell N. (1949) con la categoría de Formación. Posteriormente, es elevado al Grupo por Wilson J. (1962) en el estudio de los cuadrángulos de Pachía y Palca. La secuencia superior es la más extensa y compleja dada sus variaciones laterales rápidas, en las que se pasa de facies tobáceas depositadas en medios subaéreos a tobas subacuosas depositadas en lagunas extensas y cercanas unas a otras. Se inicia con andesitas de estructuras piramidales, las que en algunas partes lateralmente a andesitas brechoides y hacia arriba piroclásticos riodacíticos a dacíticos, en bancos masivos, a veces bien estratificados y hasta con huellas de corrientes, cuando se trata de facies lagunares; intercalándose arcillas, arenas tobáceas y calizas que se han podido observar en la sección estudiada entre Cayarani y Alja Victoria. **Edad y Correlación.** En áreas vecinas como



Orcopampa y zonas aledañas, dataciones radiométricas realizadas por Noble D. (1974) con el método K/Ar, dan edades de 19.5 m.a. y 18.9 para tobas de la parte inferior y superior, respectivamente.

4.1.2. Formación Alpabamba

Según Oscar Palacios Moncayo, Geología de los cuadrángulos de Chulca y Cayarani. Hojas: 30-q y 30-r [Boletín A 51] (INGEMMET). Los afloramientos de la Formación Alpabamba se han reconocido en el extremo SE del cuadrángulo de Livitaca, prolongándose hacia la hoja de Sicuani. La Formación Alpabamba sobreyace en discordancia angular al Grupo Puno e infrayace a la Formación Huaylla en igual posición.

La Formación Alpabamba está integrada por lavas, brechas volcánicas, tobas, aglomerados con algunas intercalaciones lenticulares de conglomerados.

Edad y correlación: La Formación Alpabamba sobreyacen en discordancia angular al Grupo Puno asignado al Eoceno-Oligoceno e infrayace en similar relación a la Formación Huaylla asignada al Plioceno, por lo que a la Formación Alpabamba se le asigna al Mioceno. Se le correlaciona con la parte superior del Grupo Tacaza.

4.1.3. Volcánico Quechua Grande

Anteriormente fue cartografiado como Formación Alpabamba y parte de la Formación Pisquicocha. Sin embargo, dichos depósitos fueron asociados y agrupados a esta estructura volcánica en tres eventos. (Quispesivana Quispe & Navarro Colque, 2003).

El primer evento (NQ-qq1) consiste de lavas dacíticas porfiríticas gris rojizas, que muestran un intenso fracturamiento; se encuentran intercaladas con niveles de brechas volcánicas de coloraciones violáceas. Aflora hacia el flanco este del aparato, cubriendo discordantemente al Grupo Tacaza. El segundo (NQ-qq2) consiste de tobas dacíticas no soldadas gris blanquecinas a



rosáceas, con bastante pómez alargada en una matriz lapillítica; muestra hacia la base un nivel de aglomerado con matriz cinerítica; se localiza hacia el flanco oeste y norte cubriendo discordantemente al Grupo Puno, en fotografía aérea e imagen satelital muestra un drenaje radial centrífugo muy típico. El tercero (NQ-qg3) consiste de domos y flujos dacíticos porfiríticos que culminan el ciclo eruptivo del Quechua Grande (Quispesivana Quispe & Navarro Colque, 2003).

Edad y correlación: El volcánico Quechua Grande sobreyacen en discordancia angular al Grupo Puno asignado al Eoceno-Oligoceno e infrayace en similar relación al Grupo Barroso asignada al Plioceno, por lo que se le asigna al Mioceno. Se le correlaciona con la formación Alfabamba y parte de la Formación Pisquicocha.

4.1.4. Grupo Barroso

El Grupo Barroso, fue reconocido en el Sur del Perú primero como Formación (Wilson 1962) y más tarde a Grupo por S. Mendivil (1965) en el área de Maure y Antajave, donde se reconoció tres secuencias con el nombre de Volcánico Chila, Volcánico Barroso y Volcánico Purupurini. Cerca al área de Cayarani y Chulca, ha sido reconocido en Huambo y Orcopampa por J. Caldas (1974) distinguiéndose tres series: inferior, medio y superior. Creemos que estas mismas unidades pasan a Cayarani y Chulca; sin embargo, la hemos dividido en Barroso inferior y superior en base a las características geomórficas, las mismas que están ligadas a la litología tufácea de la serie inferior y a los conos lávicos de la fase superior las que descansan sobre superficies peneplanizadas.

Pensamos que el Barroso inferior que se debe a secuencias piroclásticas y lávicas de extensión regional, ha cubierto una superficie de erosión que afecta al Sencca y al Grupo Tacaza, mientras que los focos volcánicos del Barroso 2, se ubica encima, pero en una extensión lávica



local, a través del agrietamiento (zona de debilidad) por donde se ha producido la efusión de estos magmas.

La posición estratigráfica de esta unidad es que se encuentra sobreyaciendo en discordancia angular a la Formación Alpacabamba e infrayace a los depósitos fluvio-glaciares.

4.1.5. Depósitos Cuaternarios (QH)

4.1.5.1. Depósitos Aluviales (QH-al) - Oleogeno Superior

Están constituidos por bloques, quijas, gravas, arenas, limos y arcillas de composición Heterogénea. El tamaño del material que se transporta por este proceso es muy variado con forma subangulosas a subredondeadas.

4.1.5.2. Depósitos de Coluviales (QH-co) - Oleógeno superior

Este proceso incluye la caída de rocas, el deslizamiento y corrimiento de tierra, e inclusive avalanchas de nieve. El tamaño del material que se transporta por este proceso es muy variado, y van desde lodo hasta grandes bloques de roca, partes de suelo, cantidades importantes de vegetación, y ocasionalmente.

Debido a que mucho del material acarreado por los deslizamientos es muy similar a los presentes en los flujos de detritos, los depósitos que ambos generan pueden ser difíciles de diferenciar en secuencias antiguas; sin embargo, una mayor proporción de bloques grandes y la mayor angulosidad de los clastos, pueden estar determinando depósitos de deslizamiento.

4.1.5.3. Depósitos de Morrenicos - Fluvio-glaciares (QH-co) - Oleógeno superior

El mayor porcentaje se halla por encima de los 3,900 m. y más aún de los 4,000 m.: pudiéndose corregir un mayor descenso hacia las partes septentrionales con respecto a las meridionales debido posiblemente entre otros factores, a una alimentación ocasionada por



variaciones meteorológicas en relación al relieve donde actuaron, jugando un papel muy importante.

Los depósitos de morrena están compuestos por fragmentos de diferentes dimensiones, dispuestos generalmente en una matriz areno-limo-arcillosa cuya naturaleza de dichos elementos varía de un lugar a otro según la roca madre, presentándose tanto como morrenas laterales, frontales y de fondo.

Los glaciares que se considera que han existido y los que aún existen, aunque en forma permanente en todos los casos, se han diferenciado tres tipos: glaciares de montaña (cerros Condor Sencca, Pillune y Tallhua), glaciares de pie de monte (inmediaciones de las lagunas en las faldas del cerro Pincullone) y calotas glaciáricas (de reducida extensión).



Figura 28: Columna Estratigrafica Regional del Cuadrangulo de Livitaca. (Fuente: INGEMMET)

EDAD			UNIDADES LITOESTRATIGRAFICAS		ROCAS INTRUSIVAS			
Eratema	Sistema	Serie						
CENOZOICA	CUATERNARIO	HOLOCENO	Depósitos Bofetales	Qh-bo	Intercalación de limas, arenas y niveles orgánicos			
			Depósitos Aluviales	Qh-al	Clastos y gravas en matriz limo arenosa			
		PLEISTOCENO	Depósitos fluvio-glaciales	Qpl-fg	Clastos angulosos y subangulosos en matriz arenosa			
			Depósitos Morrenicos	Qpl-mo	Morrenas, limos, arenas y gravas			
			PLIOCENO	Grupo Barroso				
				Volcánico Vicarani	NQ-vi	Tobas cineríticas riolíticas		
	Unidad Lávica Porfínica a Africa	NQ-ba/da,an		Lavas dacíticas a andesíticas porfíricas a afíricas				
	NEOGENO	PLIOCENO	Unidad Tobácea	NQ-ba/pi	Intercalación de tobas cineríticas y lílicas			
			Fm. Pasquicocha	NQ-pl	Intercalación de areniscas, conglomerados y tobas retrabajadas			
			Unidad de domos	NQ-qq3	Domos y flujos dacíticos porfíricos			
		MIOCENO	Unidad Tobácea	NQ-qq2	Tobas dacíticas no soldadas			
			Unidad Lávica	NQ-qq1	Lavas dacíticas porfíricas			
			Grupo Murco					
					Nm-ma3	Limoarcillitas y dolomitas		
				Nm-ma2	Areniscas y limoarcillitas marrón rojas			
PALEOGENO	MIOCENO		Nm-ma1	Tobas lílicas y tobas cristalíticas de composición riolítica a riolítica				
		Grupo Tacaza Indiviso	PN-1a	Intercalación de aglomerados volcánicos y lavas brechoideas				
	EOCENO							
			P-pu/ar,zgl	Intercalaciones de areniscas y conglomerados				
		PALEOCENO		P-pu/fgl,bx	Intercalaciones de conglomerados y brechas			
				P-pu	Indiviso, intercalación de areniscas rojas, conglomerados polimícticos y tobas			
MESOZOICA	CRETACEO	SUPERIOR						
		Fm. Arcuzquina	Kia-ar	Calizas nodulosas intercaladas con lutitas y margas				
	JURASICO	INFERIOR						
		Fm. Murco	Ki-mu	Limoarcillitas rojas intercalado con areniscas arcósicas				
	MEDI							
PALEOZOICO	PERMIICO	SUPERIOR	Grupo Mito	PoT-mi	Intercalación de areniscas y conglomerados			

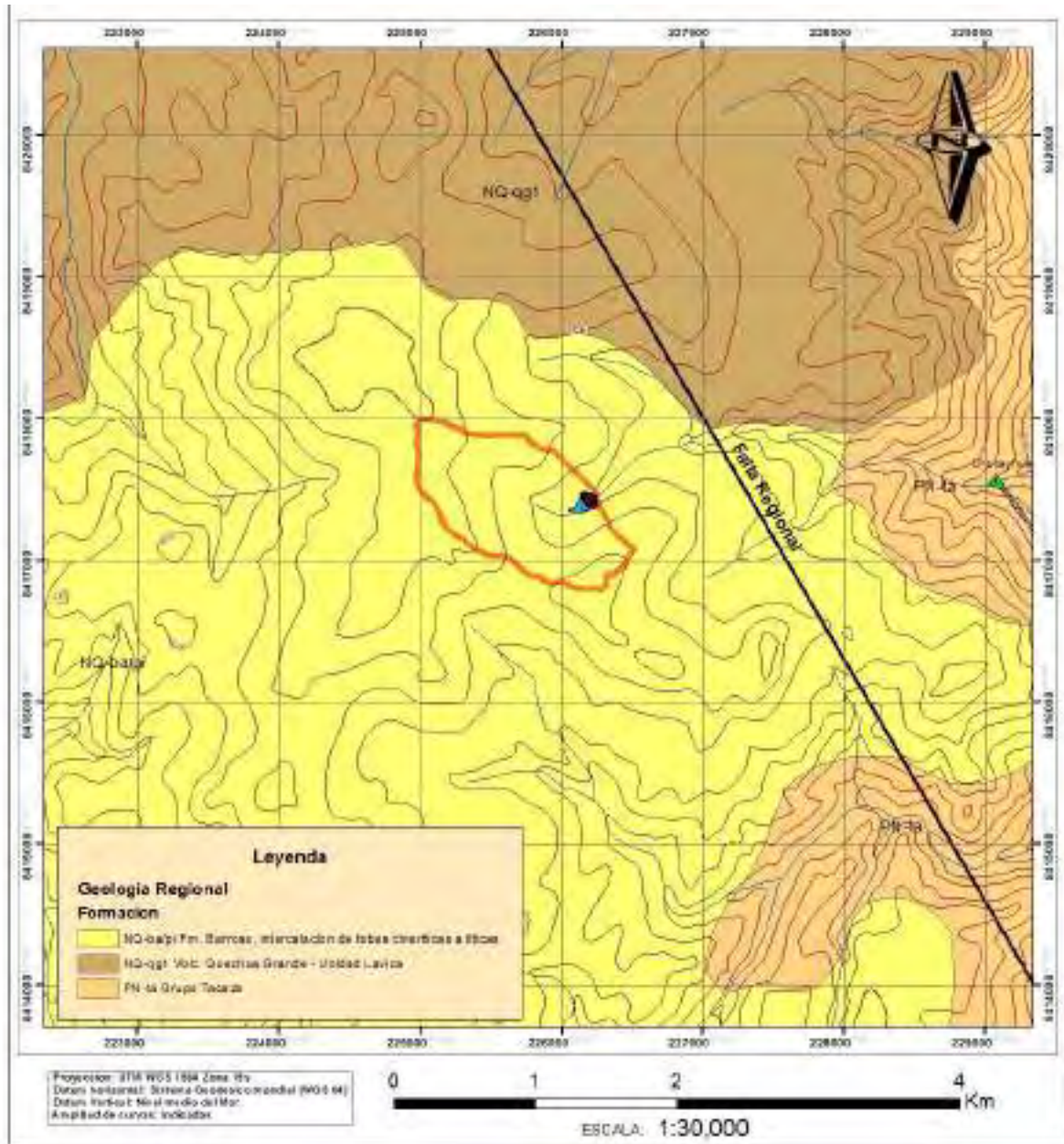
FORMACIONES PRESENTES EN CHOCAYHUA

Unidad Intrusiva

- Plutón Chahuatani: PI-II-cha/II: Gneiss
- Plutón Colquemarca: PI-III-co/III: Tonalita a granodiorita
- Plutón Pomacanchi: P-po/mz: Monzonita cuarçifera



Figura 29: Mapa Geológico Estructural Regional



Fuente: INGEMMET.



4.2. Geología Local

En la zona de estudio se tiene como base a las rocas de la formación Quechua Grande compuesto de rocas dacíticas porfirítica gris rojizas con brechas volcánicas.

Suprayaciendo encontramos al grupo Barroso compuesto de rocas andesitas de color gris oscuro donde afloran en las partes más altas de la zona de estudio y finalmente casi la mayor parte de la zona de estudios se encuentra el material cuaternario fluvio-glaciario cubriendo las unidades volcánicas. Los depósitos fluvio-glaciares están compuestos de gravas, arenas, limos y arcillas.

COLUMNA ESTRATIGRAFICA DE LA ZONA DE ESTUDIO

Figura 30: Columna estratigráfica de la zona de estudio.

EDAD			UNIDAD LITOESTRATIGRAFICA			
ERA	SISTEMA	SERIE				
CENOZOICA	CUATERNARIO	HOLOCENA	Depósitos Fluvioaluviales			Qh-fl-al
			Depósitos Fluvio-glaciares			Qh-fl-gl
	NEOGENO	PLIOCENA	Grupo Barroso	Superior		Nq-ba2
				Inferior		Nq-ba1
			Volcánico Quechua Grande			Nq-gp1
			Descripción Litológica		Espesor	
Qh-fl-al		Depósitos conformados por clastos sub angulosos a sub redondeados dispuestos caóticamente y envueltos en matrices generalmente limo arcillosas.			< 5m	
Qh-fl-gl		Depósitos compuestos por fragmentos de gravas angulosas de diferentes dimensiones, dispuestos generalmente en una matriz areno-limo-arcillosa.			< 15m	
Nq-ba2		Unidad volcánica aflora principalmente en casi toda el área de estudio que consiste de lavas andesíticas, con texturas porfiríticas a afíricas de coloración gris oscura con tonalidades rojizas.			200m	
Nq-ba1		Unidad subvolcanica tobácea que consiste principalmente de gruesas secuencias tobáceas dacíticas y brechas soldadas de coloración gris claro.			300m	
Nq-gp1		Lavas dacíticas porfirítica con niveles de brechas volcánicas de coloraciones violáceas de textura variable.			150-200m	

(Fuente: Adaptado a la columna estratigráfica del INGEMMET)



4.2.1. Formación Quechua Grande (nq-qg)

Esta formación se presencia al SE del cuadrángulo de Livitaca donde sobreyace en discordancia angular al grupo Tacaza en infrayace al grupo Barroso.

En la zona de estudio estos depósitos fueron asociados y agrupados a esta estructura volcánica en tres eventos. La zona de estudio presenta el primer evento que consiste de lavas dacíticas porfirítica gris rojizas, que muestran un intenso fracturamiento; se encuentran intercaladas con niveles de brechas volcánicas de coloraciones violáceas de textura variable. Aflora hacia el flanco este cubriendo discordantemente al Grupo Tacaza.

La formación quechua grande se correlaciona con parte de la formación Alpbamba del Mioceno.

Figura 31: Afloramiento de la formación Quechua Grande ubicado al Nor-este de la Microcuenca de Chocayhua.



4.2.2. Grupo barroso

Esta formación suprayace a la formación Quechua Grande e infrayace a depósitos cuaternarios fluvio-glaciares. Está constituido por derrames andesíticos y dacíticos de textura porfirica de coloración gris claro en su mayoría con tonalidades rojizas a gris oscuras con estratificación horizontal a subhorizontal y hacia la parte superior encontramos capas de brechas volcánicas.



El grupo barroso se correlaciona con parte de la formación Huaylla del Plioceno donde en la zona de estudio se pudieron identificar dos unidades volcánicas.

Figura 32: Formaciones Geológicas presentes en el área de Estudio.



4.2.2.1. Unidad Tobácea (NQ/ba1)

Esta unidad subvolcánica tobácea aflora en algunas partes hacia el noroeste de la zona de estudio que consiste principalmente de gruesas secuencias tobáceas dacíticas soldadas, y algunas brechas de coloración gris claro con tonalidades rojizas.

Figura 33: Muestra de roca subvolcánica de toba soldada





4.2.2.2. Unidad Lávica Porfirítica-Afírica (NQ/ba2)

Esta unidad volcánica aflora principalmente en casi toda el área de estudio que consiste de lavas andesíticas, con texturas porfiríticas a afíricas de coloración gris oscura con tonalidades rojizas, afloran principalmente al Noreste y Suroeste con respecto al dique donde se emplazara la presa. Suprayacen discordantemente al primer evento del volcánico Quechua Grande.

Fígura 34: Muestra de roca andesita de color gris oscuro



4.2.3. Depósitos Cuaternario (Qh-al)

Estos depósitos se hallan en las partes bajas del vaso de la presa, y están constituidos por gravas subangulosas a subredondeadas en matriz arenosa y areno arcillosa.

4.2.3.1 Depósitos de Morrénicos - Fluvioglaciares (QH-fl-g)

En la zona de estudio presenciamos la presencia de depósitos fluvioglaciares están compuestos por fragmentos de diferentes dimensiones, dispuestos generalmente en una matriz areno-limo-arcillosa con presencia de gravas angulosas cuya naturaleza de dichos elementos varía de un lugar a otro según la roca madre de la unidad volcánica, presentándose tanto como morrenas laterales, frontales y de fondo.



Figura 35: Deposito Murrénicos en laderas empinadas de la microcuenca de Chocayhua



4.2.3.2 Depósitos de Fluvio-aluviales (QH-fl-al)

En la zona de estudio presenciamos la presencia de depósitos fluvio-aluviales se ubica generalmente en las laderas bajas de los cerros producto del acarreamiento moderado de sedimentos por la escorrentía pluvial y en el cauce de la vertiente del río, están conformados por clastos sub angulosos a sub redondeados dispuestos caóticamente y envueltos en matrices generalmente limo arcillosas dentro de estos depósitos se consideran a los conos aluviales que están adosados principalmente a las quebradas afluentes de los ríos principales.

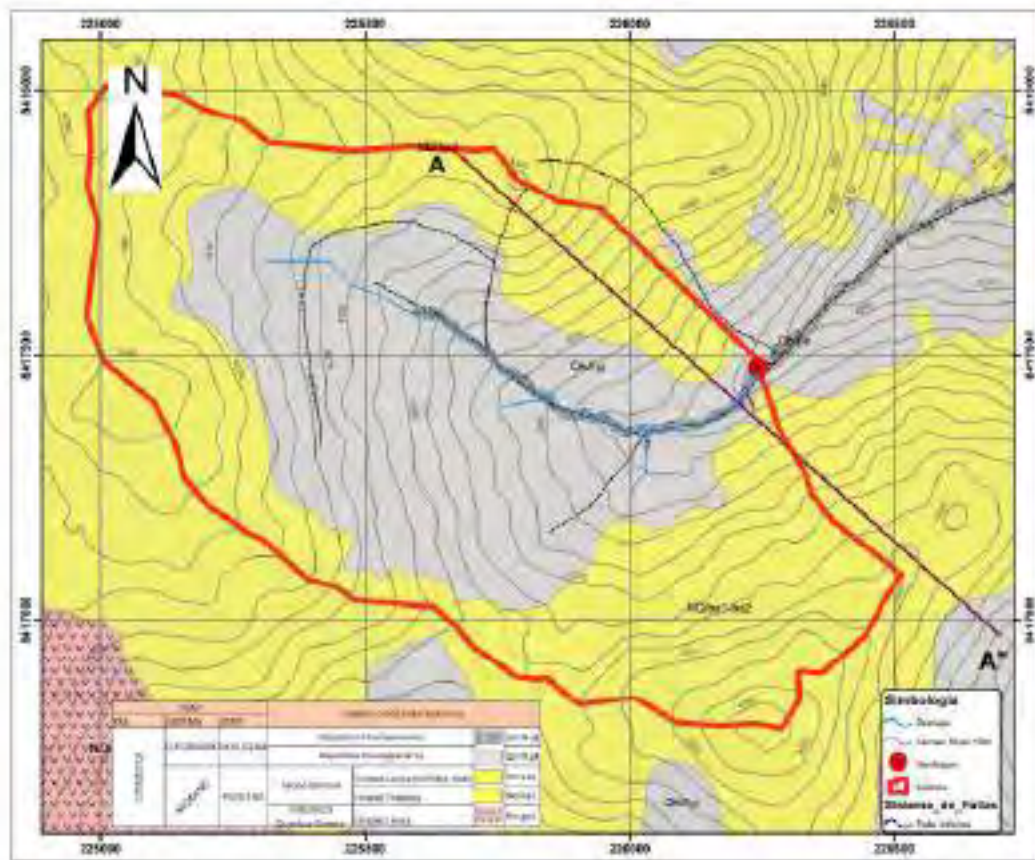
Figura 36: Depósito cuaternario fluvio-aluvial





El embalse de la presa se asentará principalmente sobre los depósitos fluvio-glaciares y en los depósitos aluviofluviales.

Figura 37: Mapa geológico local de la zona de estudio de Chocayhua.



4.3. Tectónica Andina

4.3.1. Deformación Cretáceo-Terciario

Según Oscar Palacios Moncayo, Geología de los cuadrángulos de Chulca y Cayarani. Hojas: 30-q y 30-r [Boletín A 51] (INGEMMET). Esta deformación se manifiesta en toda la Cordillera Occidental, sucede desde fines del cretácico, movimientos compresivos que dan lugar al plegamiento y levantamiento, seguido de erosión, afectando a las rocas mesozoicas (Grupo Yura, Fm. Arcurquina). Las estructuras que se observan en el Grupo Yura son anticlinales y



sinclinales un tanto más cerrado que los que se han formado en el Grupo Tacaza y con un metamorfismo más profundo, evidenciando con ello que se formaron antes, es decir, entre el Cretácico superior y el Terciario inferior. Se postula que puede ser la Fase Inca (Pre Grupo Tacaza), que se da en el Eoceno, la causante de estas formaciones ya que esta se manifiesta muy intensamente a lo largo de toda la Cordillera Occidental. Posterior a la compresión sobreviene un fracturamiento profundo seguido de levantamiento y fallamiento, que se evidencia con fallas de rumbo NO-SE. El fracturamiento es profundo y fuertemente inclinado, observándose un sistema secundario componente y perpendicular que tiene un rumbo NE-SO. El río Parcco discurre a través de una de estas fallas profundas, de rumbo NO-SE, habiendo funcionado como falla de empuje; donde las cuarcitas del Grupo Yura han sido empujadas hacia el noreste sobre las capas rojas de la Formación Murco y sobre las calizas de la Formación Arcurquina.

Es a través de este fracturamiento profundo que encuentra camino de salida los magmas ascendentes que dieron lugar al volcanismo Tacaza. Muchas de estas fallas fueron trucadas por los magmas lávicos y piroclásticas. Otras manifestaciones de este magmatismo lo constituyen el emplazamiento de plutones dioríticos entre Andahuaylas y Yauri, los cuales se prolongan hasta la esquina NE de la hoja de Cayarani.

4.3.2. Deformación del Terciario superior

Según Oscar Palacios Moncayo, Geología de los cuadrángulos de Chulca y Cayarani. Hojas: 30-q y 30-r [Boletín A 51] (INGEMMET). La face Mio-pliocénica que afecta al Grupo Tacaza, se manifiesta como un plegamiento abierto y luego una tectónica tensional, dando lugar a una combadura y a fallamientos gravitacionales, los mismos que genéticamente están relacionados a fallas de profundidad habidas posterior a la tectónica de plegamiento. Ejemplo de estos fallamientos que afectan al Grupo Tacaza, los tenemos en el valle de Arcata, donde aprovechando



de estos caminos marcados por estas fallas, se han emplazado verticalmente las vetas de cuarzo que contienen la mineralización. Estas fallas en Arcata, han sido nuevamente reactivadas en el Plio-Pleistoceno, notándose en las paredes de los diques de cuarzo las estrías verticales producidas por el resbalamiento; es decir, que durante el Terciario superior y Cuaternario, estas áreas han estado sometidas a constantes movimientos verticales. Estas fallas se proyectan del valle de Arcata al cuadrángulo de Chulca, constituyendo un alineamiento entre las lagunas de Huanzo y Huacullo. Allí debajo de los fluviglaciares se esconde la falla que pone en contacto al Tacaza con el Sencca y que en partes reaparece reactivada afectando al Cuaternario. Otros ejemplos de estos fallamientos que muestran brechamiento. Estas fallas afectan al Grupo Tacaza poniendo en contacto la serie inferior con la superior y a esta con el Grupo Barroso. Por lo expuesto, vemos pues que las fases tectónicas Andinas Post-Tacaza han sido elevando paulatinamente a esta región hasta sus actuales cotas llegando a ocupar la parte más alta de los Andes Sur Occidentales. Estos movimientos verticales han actuado siguiendo un lineamiento pre-establecido por fallas profundas que afectan al Mesozoico.

4.4. Geología estructural Regional

En la zona la historia Geológica del área de estudio ha evolucionado como consecuencia de los esfuerzos compresivos y distensivos generados durante las fases tectónicas.

Al lado derecho aproximadamente a 1 kilómetro del Área de estudio se registra estructuras de variado origen como son la falla regional que delimita los dominios estructurales (cordillera occidental y el altiplano occidental) y la falla inversa en la parte SE a 2 kilómetros con respecto al área de trabajo. Estas estructuras afectaron a las diferentes rocas del lugar donde se observan fracturamiento y direcciones de flujo característico. Los sucesivos esfuerzos compresivos tanto de



la Fase Peruana como la Fase Incaica, han desarrollado plegamientos apretados amplios y simétricos o forman estructuras monoclinales.

4.5. Geología Estructural Local

Estructuralmente en el área de estudio se ha realizado el cartografiado en base a observaciones de campo y observaciones de constatación en fotos satelitales de Google earth y SAS planet, donde se observó un sistema de fallas inferidas y un sistema de diaclasas donde se estará explicando posteriormente a de detalle.

4.5.1. Sistema de Fallas

El sistema estructural en la zona de estudios está dado por fallas normales inferidas, donde presenta un sistema de manantes en toda la dirección de la falla (ver Figura 38).

Estas estructuras se ubican cercanas al eje de la presa, dichas estructuras no muestran signos de actividad, se trata de fallas inactivas. En estas zonas se observa los espejos de falla como señal de la ocurrencia de dichas estructuras.

Tabla 29. *Datos de orientación de fallas*

Falla	Azimut	Buzamiento	Tipo de Falla	coordenadas
F1	40N	75SE	Inferido	Este: 226228 N: 8417431
F2	305N	78NE	Inferido	Este: 226222 N: 8417435



Figura 38: Fallas presentes en zona de estudio con presencia de escarpa.



Fuente: Google Earth.

Falla 1. La falla 1 de tipo inferido pasa de forma perpendicular por el eje de presa con Az: 40N, Rb: N40°E y un Bz: 75SE, presenta en toda su dirección un sistema de manante, espejo de fallas, alteraciones.

Existe la presencia de fracturamiento de las rocas en la zona, la cual es ayudado por la meteorización por acción de agua por lo tanta debe ser considerado para el diseño de la construcción de la presa.

Figura 39: Falla 01 en dirección del manante principal de la zona de estudio





Falla 2.

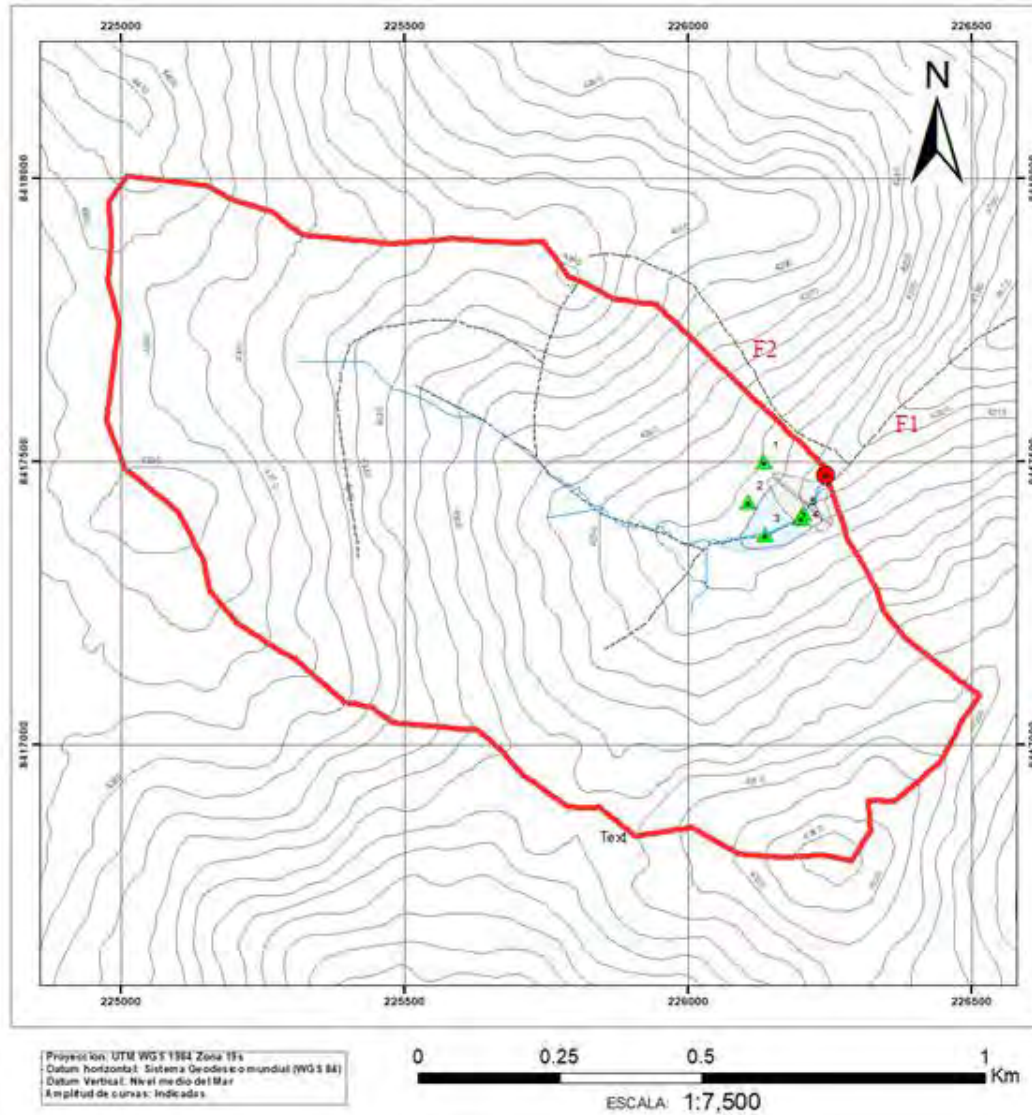
La falla 2 de tipo inferido se encuentra en la zona de estudio a 50 m al NE del eje de presa con Az: 305 N, Rb: N45°W y un Bz: 75NE. Presenta en toda su dirección un sistema de manantes, en menor proporción que el sistema de falla 1.

Figura 40: Falla 2 inferido en zona de estudio con presencia de escarpa y la ubicación del eje de la presa.





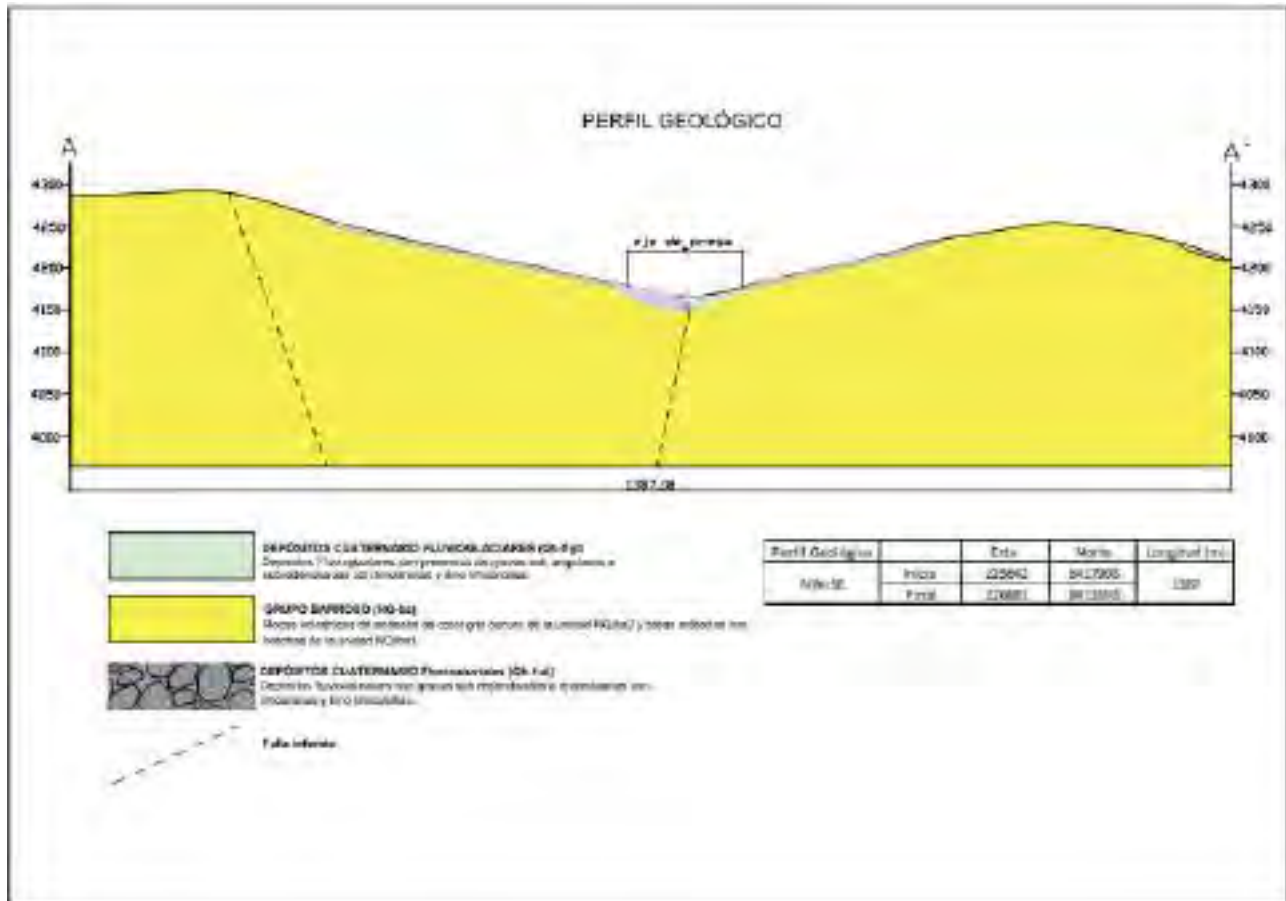
Figura 41: Mapa estructural local de la microcuenca Chocayhua.



El perfil geológico se realizó e interpreto con los datos obtenidos en el campo, donde se observa que es cortado por la falla inferida 1 con $R_b = N40^\circ E$ y de $78^\circ NW$ de buzamiento, donde posiblemente estas estructuras puedan tener influencia de fracturamiento de las rocas en la zona de estudio.



Figura 42: perfil geológico A-A' en eje de presa.



La profundidad de la cimentación de la presa dependerá del espesor de las rocas fracturadas alteradas hasta encontrar a mayor profundidad la roca más competente para lo cual es necesario realizar sondeos geofísicos.

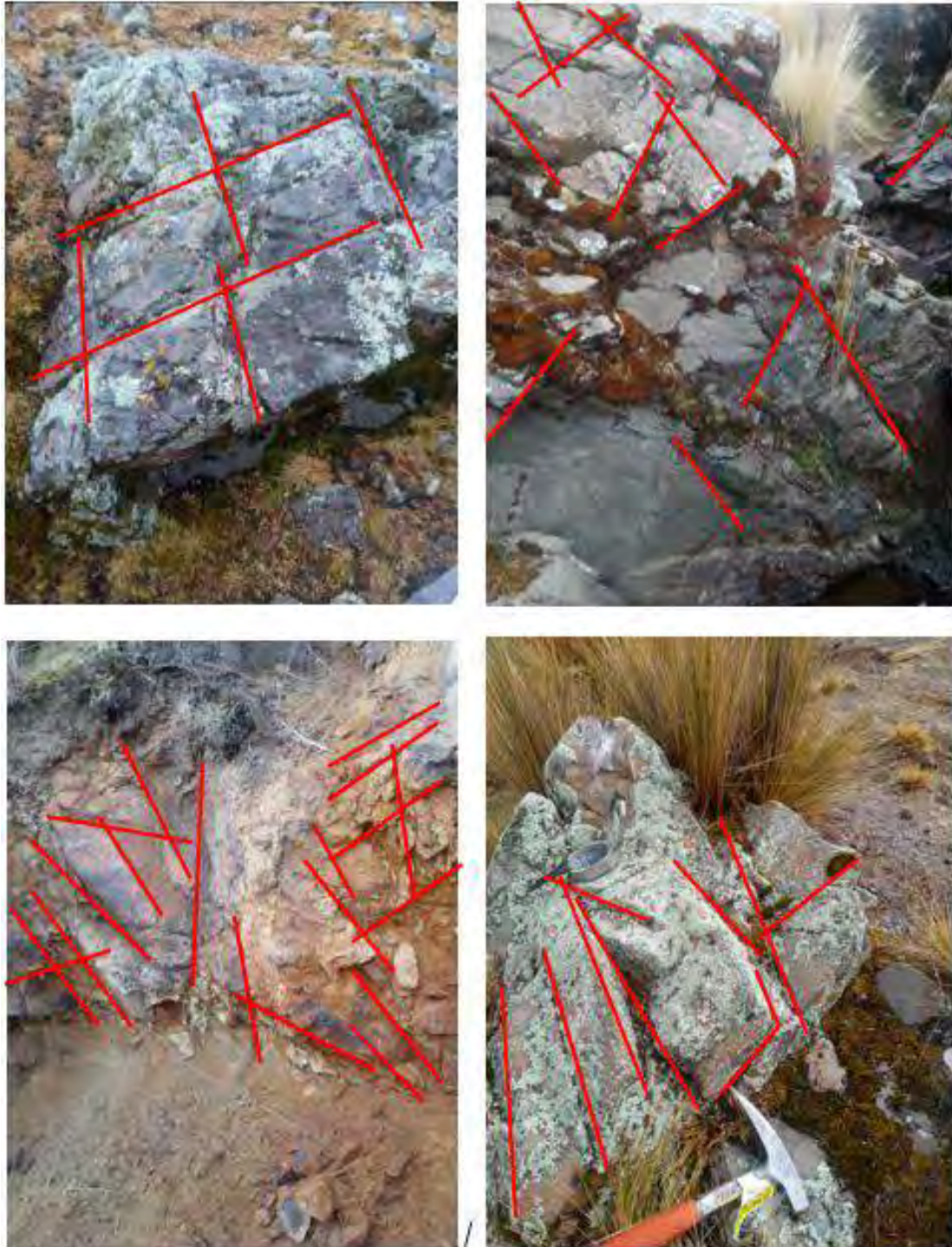
4.5.2. Sistema de diaclasas

El sistema de diaclasas de la zona de estudio, se encuentra identificado por el grado de fracturamiento de carácter tectónico o sismo-tectónico, por la permeabilidad de las rocas y la acción erosiva de las aguas meteóricas, el viento y los glaciares. Estas perturbaciones de las rocas, el proceso de vulcanismo propio de la región y los procesos de geodinámica interna y externa han



modificado en mayor y menor comportamiento geomecánico dando lugar a formaciones de estructuras como son las diaclasas.

Figura 43: Sistemas de diaclasas en los macizos rocosos de la zona de estudios





Estación 1

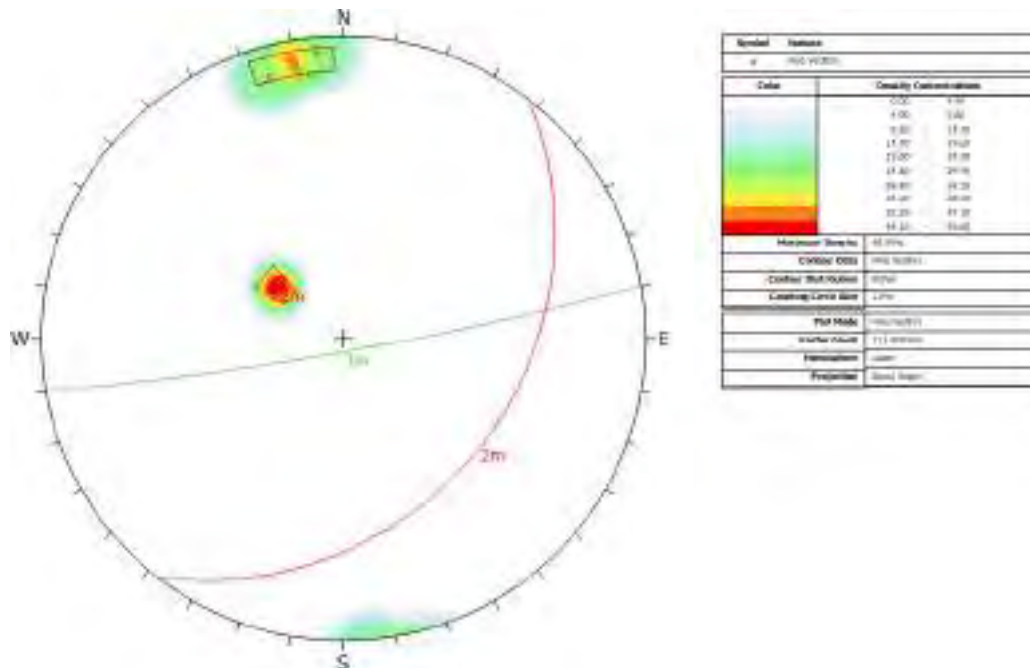
Tabla 30. Datos de buzamiento y dirección de buzamiento de las diaclasas EG01

Estación	Coordenadas		Buzamiento	Dirección de Buzamiento
	E	N		
1	226134	8417501	84	164
			32	131
			29	124
			87	175

Una vez procesado los datos de la estación 1 de la tabla anterior, se obtuvo la máxima densidad de los polos, planos representativos y el diagrama de rosetas.

Con los datos de campo se obtuvo dos planos representativos de diaclasas del macizo rocosa, donde el plano representativo de línea roja tiene dirección de buzamiento de 127°N con respecto al norte, buzamiento de 30° SE y el plano representativo de línea verde tiene una dirección de buzamiento de 170°N con respecto al norte y con un buzamiento de 85° SE

Figura 44: Diagrama de concentración de polos y planos de dirección de buzamiento EG01





En el diagrama de roseta obtenido respecto al procesamiento de los datos nos muestra a dos familias de diaclasas con dirección NE-SW en dirección del valle, donde corta casi perpendicularmente a la línea azul que representa la dirección de eje de presa las cuales no se verán perjudicadas.

Figura 45:Diagrama de rosetas EG01

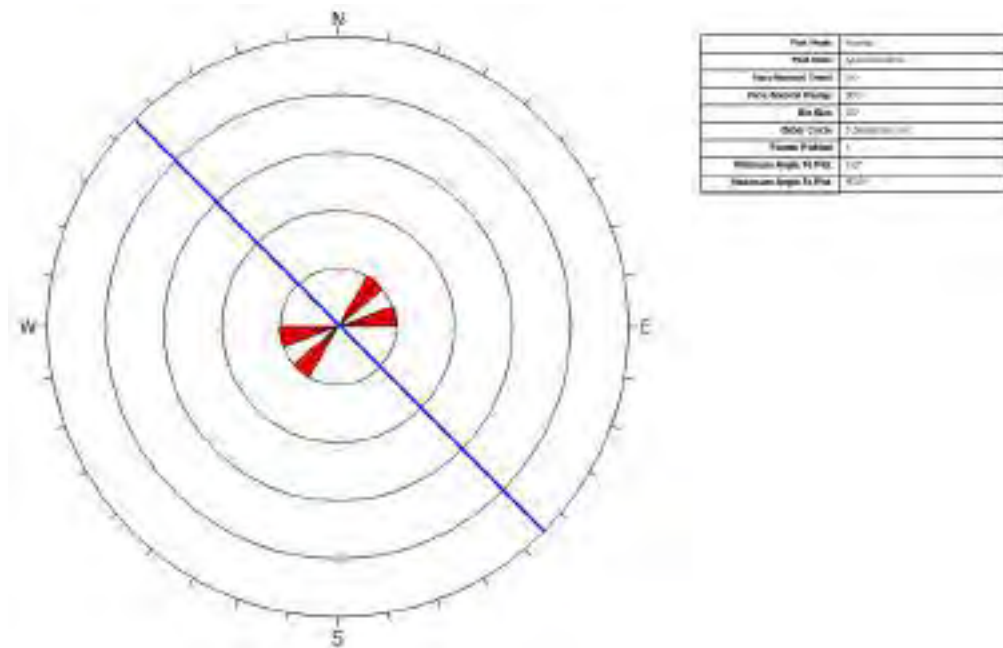


Figura 46:Sistemas de diaclasas en la estación 1.





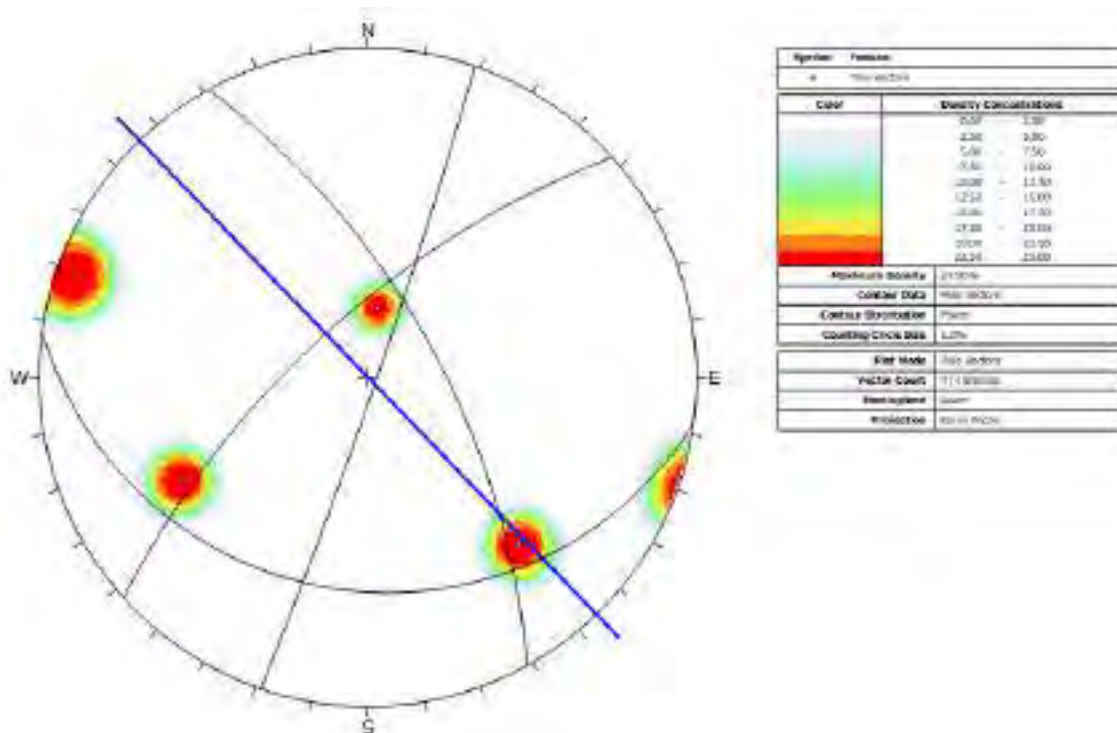
Estación 2

Tabla 31. Datos de buzamiento y dirección de buzamiento de las diaclasas EG02

Estación	Coordenadas		Buzamiento	Dirección de buzamiento
	E	N		
2	226107	8417429	87	109
			69	318
			24	188
			66	61

Al procesar los datos de la estación 2 nos muestra los diagramas de concentración de polos y planos de dirección de buzamiento de las diaclasas y la línea azul representa a la dirección del eje de presa. Este diagrama muestra cuatro concentraciones de polo con cuatro direcciones de buzamiento en las direcciones NE, SE, NW y SW.

Figura 47: Diagrama de concentración de polos y planos de dirección de buzamiento EG02





Estación 4

Tabla 33. Datos de buzamiento y dirección de buzamiento de las diaclasas EG04

Estación	Coordenadas		Buzamiento	Dirección de buzamiento
	E	N		
4	226204	8417410	68	130
			8	212
			64	12
			40	298

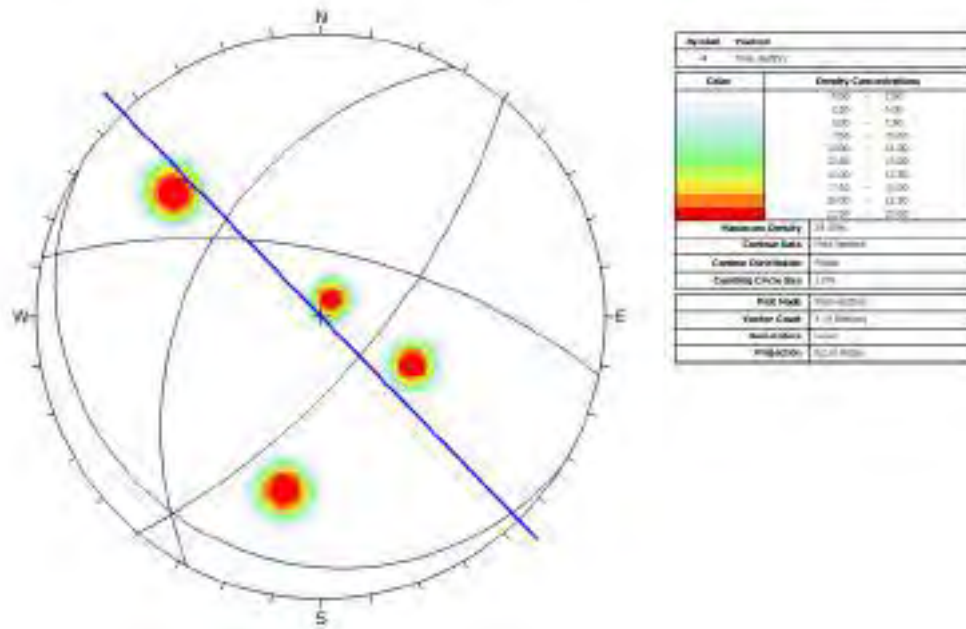
Al procesar los datos de la estación 4 nos muestra 4 polos de concentración y 4 planos representativos de la dirección de buzamiento de las diaclasas. En el diagrama se interpreta que los planos de las diaclasas tienen direcciones de NE, SE, NW y SW.

Figura 53: Medicion de rumbo y buzamiento de las diaclasas EG04





Figura 54: Diagrama de concentración de polos y planos de dirección de buzamiento EG04



El diagrama de rosetas se interpreta las direcciones de las familias de las diaclasas, donde 2 tienen la dirección NE-SW y 2 en la dirección de NW-SE que también es la dirección del eje de presa.

Figura 55: Diagrama de rosetas EG04

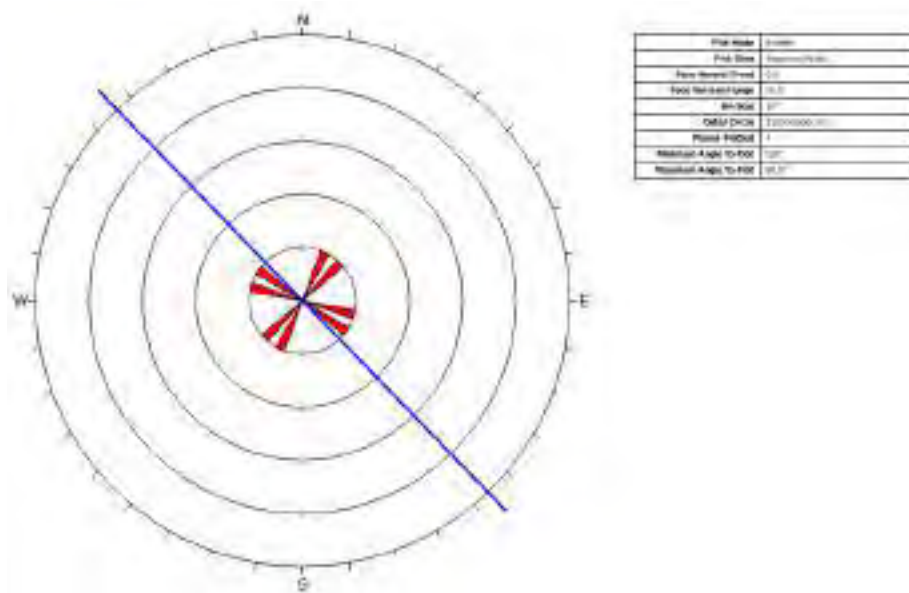




Figura 56: Sistemas de diaclasas en la estación 4.



Estación 5

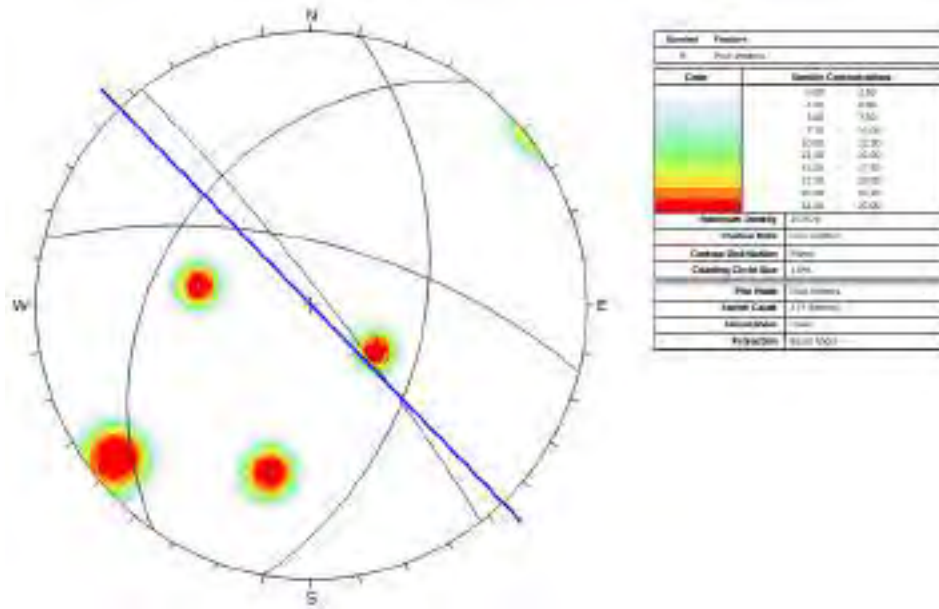
Tabla 34. *Datos de buzamiento y dirección de buzamiento de las diaclasas EG05*

Estación	Coordenadas		Buzamiento	Dirección de buzamiento
	E	N		
5	226200	8417402	32	305
			84	52
			64	14
			45	100

Al procesar los datos de la estación 5 nos muestra 4 polos de concentración y 4 planos representativos de dirección de buzamiento de las diaclasas. En el diagrama se interpreta que 2 planos de dirección de diaclasas tienen dirección NE, un plano con dirección de buzamiento de SE y el último plano representativo con dirección NW.



Figura 57:Diagrama de concentración de polos y planos de dirección de buzamiento EG05



EN el diagrama de rosetas se interpreta las direcciones de las familias de las diaclasas, donde 2 tienen la dirección NE-SW y 2 en la dirección de NW-SE que también es la dirección del eje de presa.

Figura 58:Diagrama de rosetas EG05

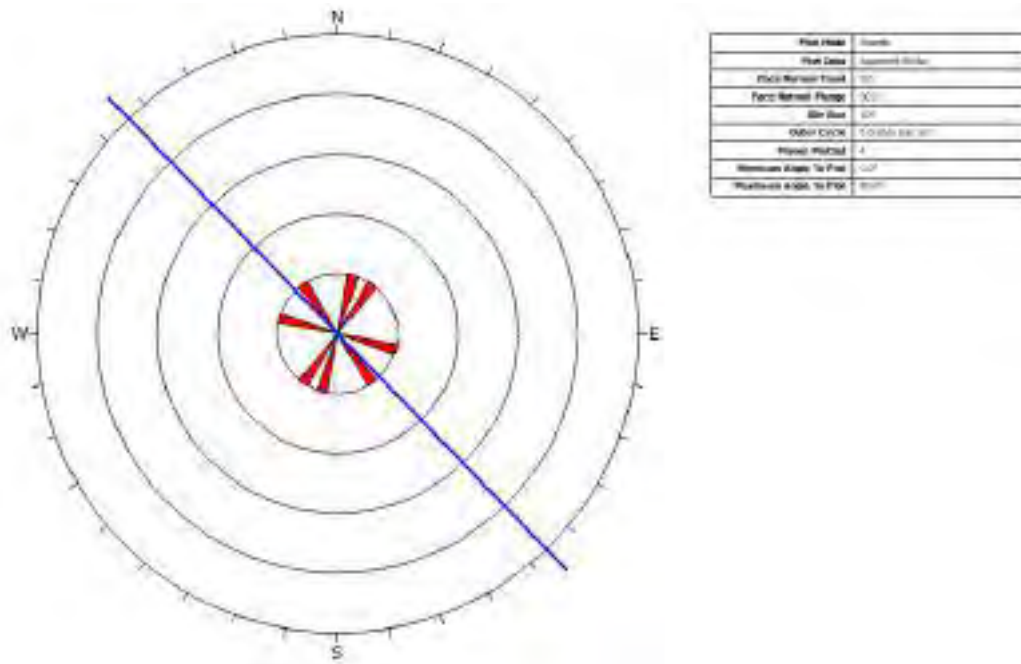




Figura 59: Sistemas de diaclasas en la estación 5.

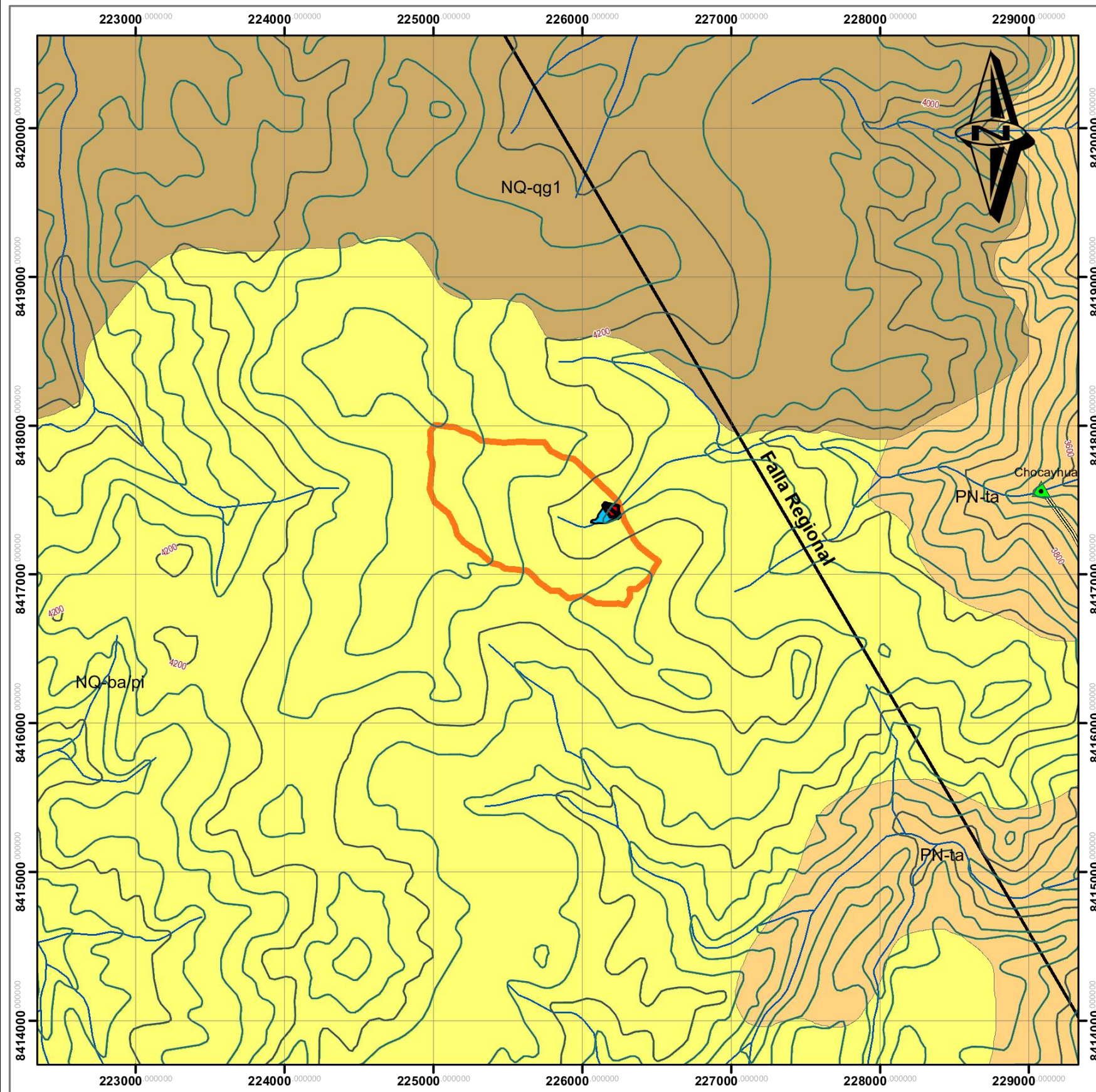


En los diagramas de roseta obtenidos respecto al procesamiento de los datos nos muestra a dos familias de diaclasas el principal con dirección NE-SW, donde corta casi perpendicularmente la dirección de eje de presa y el segundo con dirección NW-SE las cuales son favorables para su emplazamiento. La profundidad de la cimentación de la presa dependerá del espesor de las rocas fracturadas alteradas hasta encontrar a mayor profundidad la roca más competente.

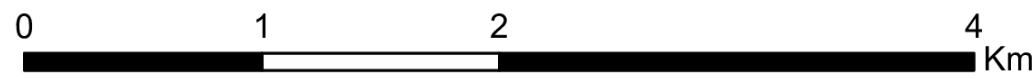
Figura 60: Vista en planta del área de emplazamiento del dique de la presa, mostrando las zonas de trabajo y sus respectivos diagramas de rosa, con dos familias, el principal con dirección NE-SW y el segundo con dirección NW-SE.



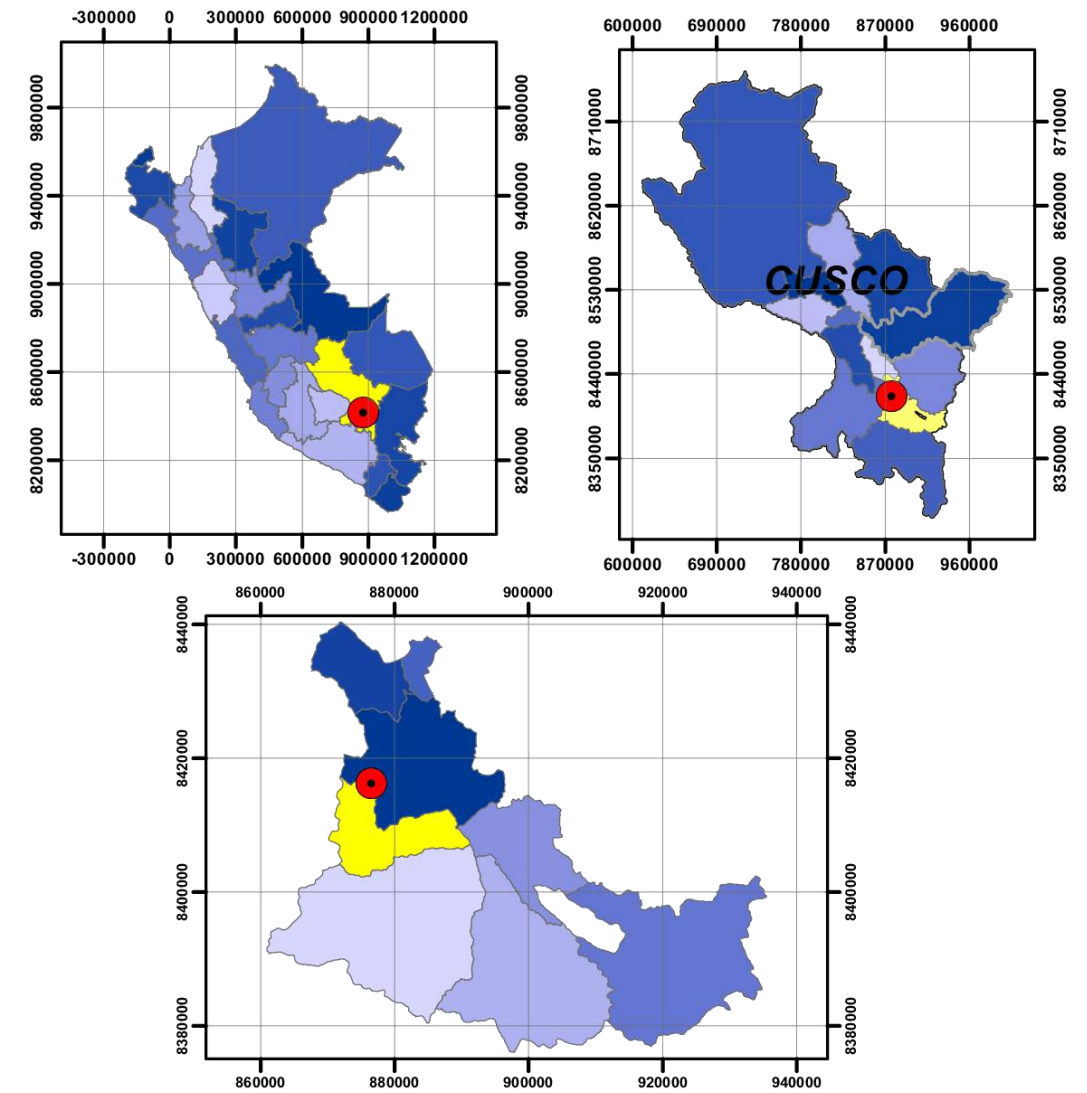
MAPA GEOLOGICO REGIONAL



Proyeccion: UTM WGS 1984 Zona 19s
 Datum horizontal: Sistema Geodesico mundial (WGS 84)
 Datum Vertical: Nivel medio del Mar
 Amplitud de curvas: Indicadas



ESCALA: 1:30,000



SIMBOLOGIA

Zona de Estudio

- EMBALSE CHOCAYHUA
- PRESA CHOCAYHUA
- Poblados
- cuenca
- Carretera trocha Carrozable
- Curvas de Nivel
- Drenaje
- Sistema de Falla Regional

Legenda

Geología Regional

Formacion

- NQ-ba/pi Fm. Barroso, intercalacion de tobas cineriticas a liticas
- NQ-qg1 Volc. Quechua Grande - Unidad Lavica
- PN-ta Grupo Tacaza

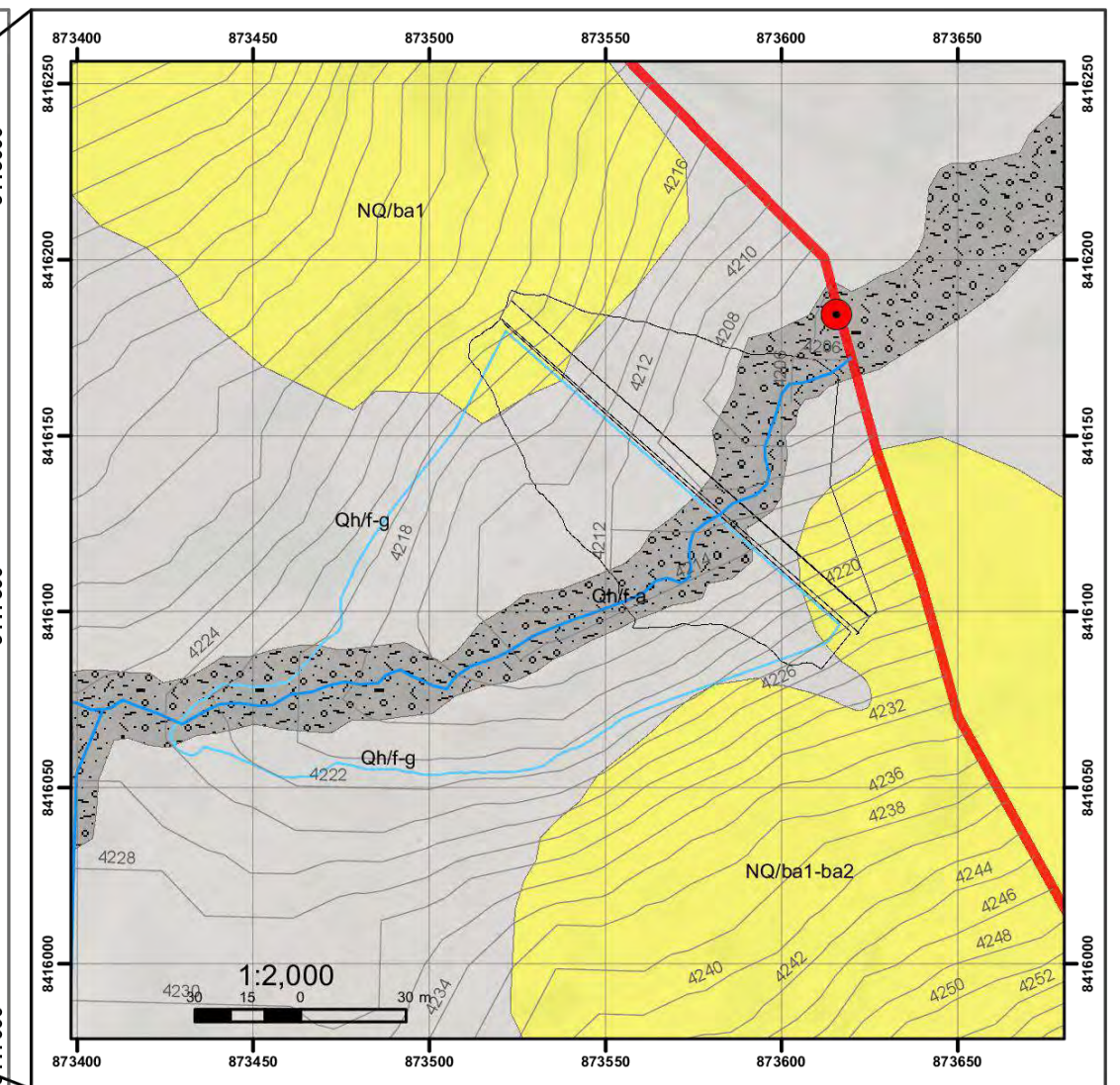
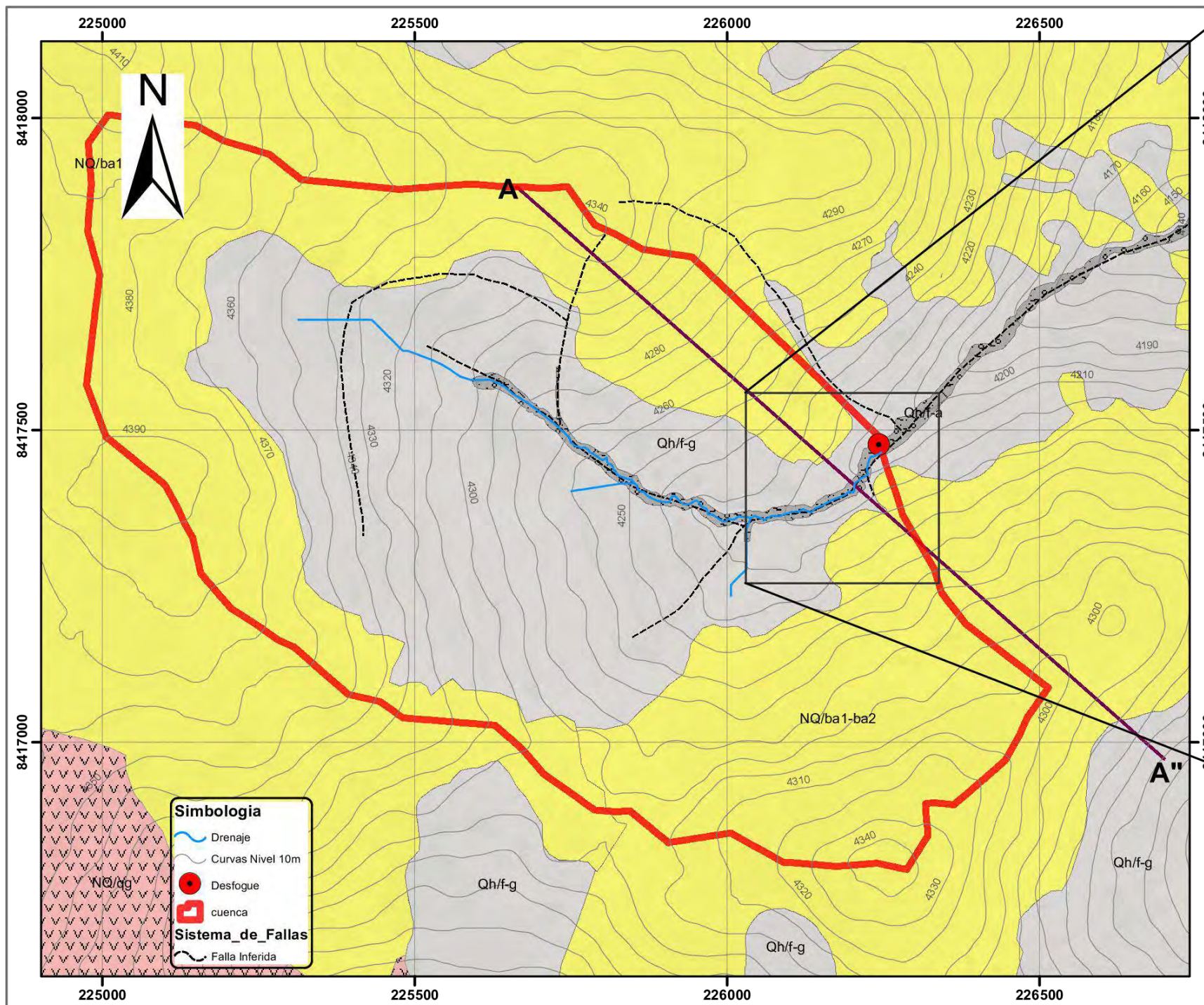


UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
 FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA



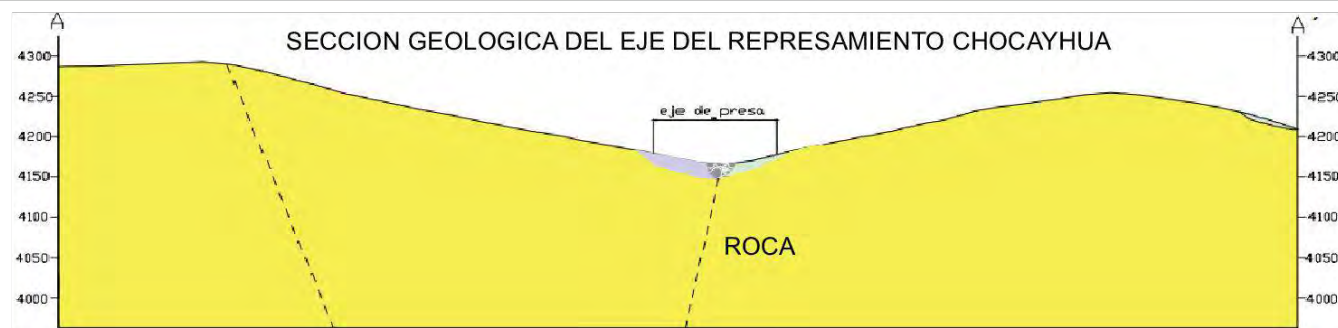
PLANO: MAPA GEOLOGICO REGIONAL DE LA MICROCUENCA DE CHOCAYHUA		
TESIS: "ESTUDIO GEOLOGICO, GEOTECNICO PARA LA COSTRUCCION DE LA PRESA CHOCAYHUA DEL DISTRITO DE QUEHUE- CANAS- CUSCO 2022"		
DEPARTAMENTO: CUSCO	DATUM: 19 S WGS 84	LAMINA: P-06
PROVINCIA: CANAS	ELABORADO: Bch. Rosmary Carlos Chuma Bch. Michael Manuel Garcia Mendoza Asesor: Mgt. Ronald Luis Lopez Zapana	
DISTRITO: QUEHUE	FECHA: Enero 2023	
COMUNIDAD: CHOCAYHUA	ESCALA: 1:30,000	

MAPA GEOLOGICO DE LA MICROCUENCA CHOCAYHUA




LEYENDA

ERA	EDAD		UNIDAD LITOESTRATIGRAFICA		
	SISTEMA	SERIE			
CENOZOICA	CUTERNARIO HOLOCENA		Depositos Fluvioaluviales	Qh-fl-al	
			Depositos Fluvioglaciares	Qh-fl-gl	
	NEOGENO	PLIOCENA	Grupo Barroso	Unidad Lávica Porfirica-Afirica	Nq-ba2
			Volcanicos Quechua Grande	Unidad Tobácea	Nq-ba1
			Unidad Lávica	Nq-gp1	

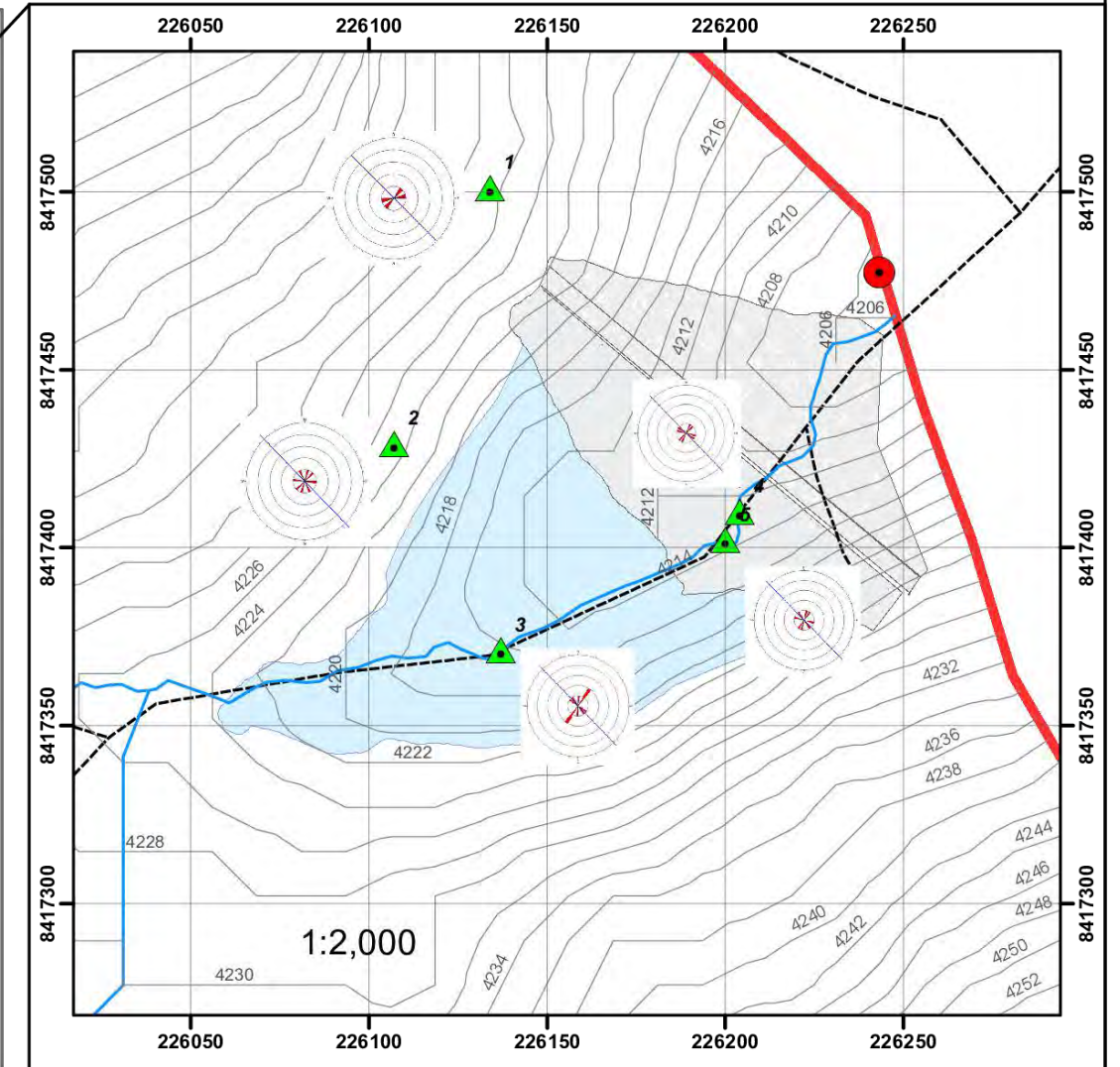
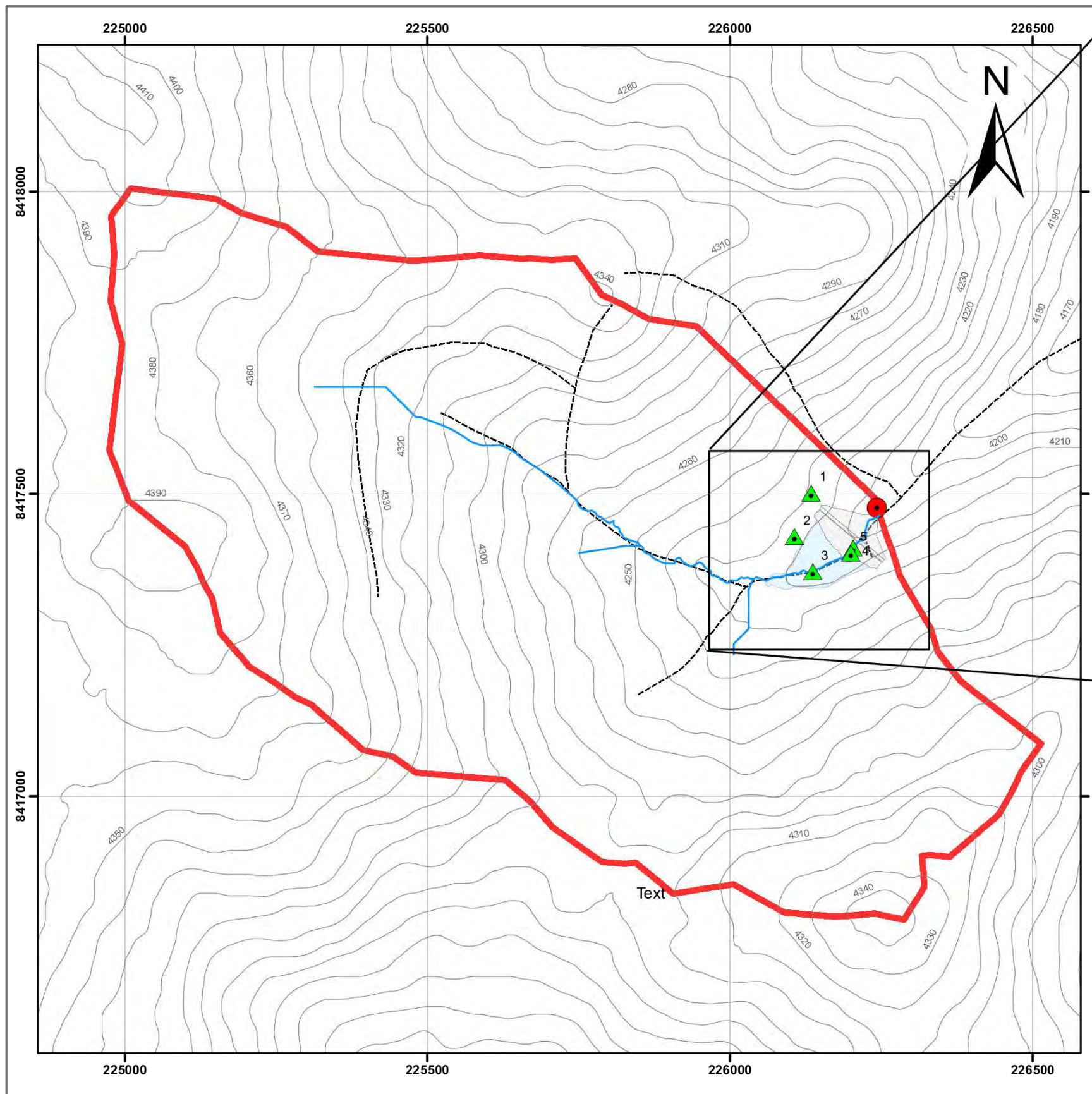


- Proyeccion: UTM WGS 1984 Zona 19s
 - Datum horizontal: Sistema Geodesico mundial (WGS 84)
 - Datum Vertical: Nivel medio del Mar
 - Amplitud de curvas: Indicadas

0 0.275 0.55 1.1 Km
 ESCALA: 1:8,000

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABADEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA		
PLANO: MAPA DE GEOLOGICO LOCAL DE LA MICROCUENCA DE CHOCAYHUA		
TESIS: "ESTUDIO GEOLOGICO, GEOTECNICO PARA LA COSTRUCCION DE LA PRESA CHOCAYHUA DEL DISTRITO DE QUEHUE- CANAS- CUSCO 2022"		
DEPARTAMENTO: CUSCO	DATUM: 19 S WGS 84	LAMINA:
PROVINCIA: CANAS	ELABORADO: Bch. Rosmary Carlos Chuma Bch. Michael Manuel Garcia Mendoza	P-07
DISTRITO: QUEHUE	Asesor: Mgt. Ronald Luis Lopez Zapana	
COMUNIDAD: CHOCAYHUA	FECHA: Enero 2023	ESCALA: 1:8,000

MAPA ESTRUCTURAL DE LA MICROCUENCA CHOCAYHUA



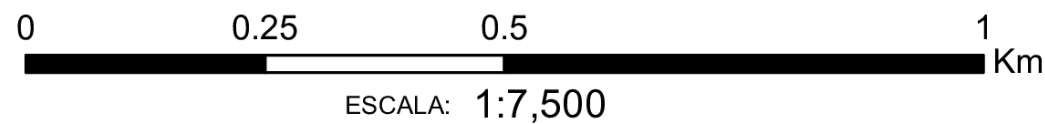
LEYENDA

- EMBALSE CHOQAYHUA
- PRESA CHOQAYHUA

Simbología

- Desfogue
- Estaciones_geo
- Curvas Nivel 10m
- Drenaje
- Falla Inferida
- cuenca

Proyeccion: UTM WGS 1984 Zona 19s
 Datum horizontal: Sistema Geodesico mundial (WGS 84)
 Datum Vertical: Nivel medio del Mar
 Amplitud de curvas: Indicadas



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABADEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA		
PLANO: MAPA DE ESTRUCTURAL DE LA MICROCUENCA DE CHOCAYHUA		
TESIS: "ESTUDIO GEOLOGICO, GEOTECNICO PARA LA COSTRUCCION DE LA PRESA CHOQAYHUA DEL DISTRITO DE QUEHUE - CANAS - CUSCO 2022"		
DEPARTAMENTO: CUSCO	DATUM: 19 S WGS 84	LAMINA:
PROVINCIA: CANAS	ELABORADO: Bch. Rosmary Carlos Chuma Bch. Michael Manuel Garcia Mendoza	P-08
DISTRITO: QUEHUE	Asesor: Mgt. Ronald Luis Lopez Zapana	
COMUNIDAD: CHOQAYHUA	FECHA: Enero 2023	ESCALA: 1:7,500



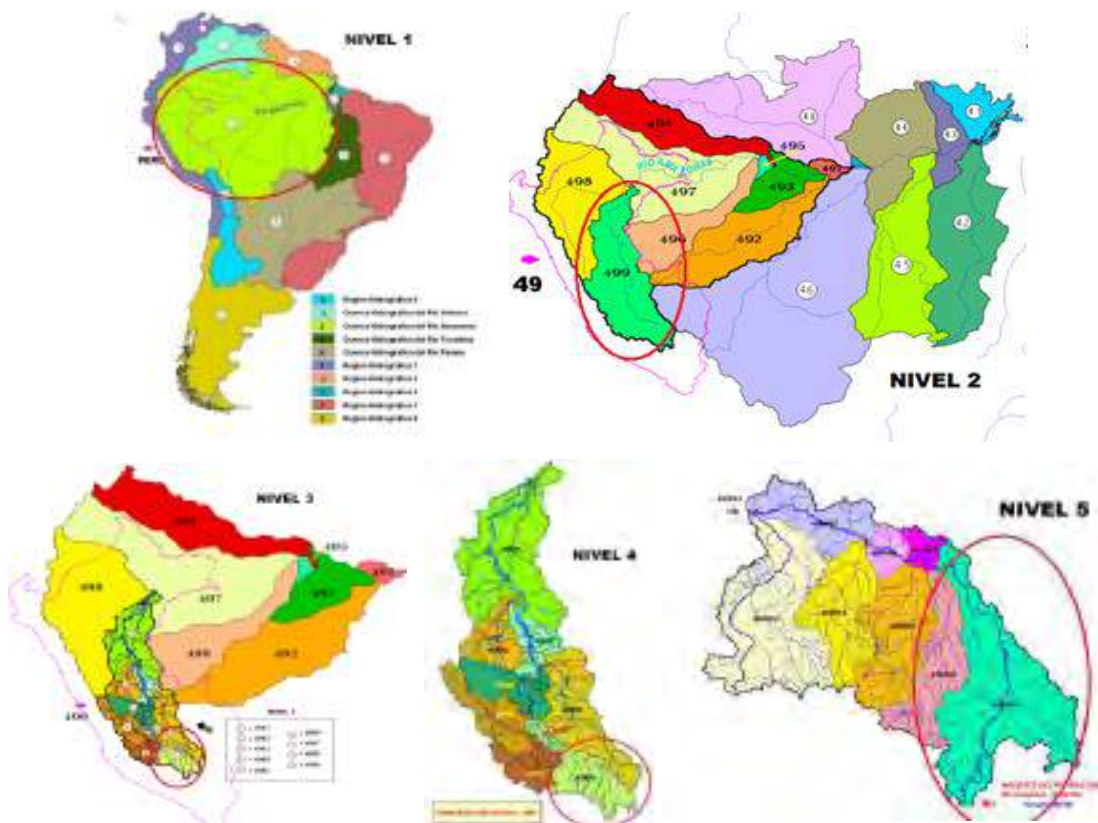
Capitulo V HIDROLOGIA

5.1. Aspectos generales

En este capítulo se realizó el análisis del comportamiento hidrológico en base a estaciones meteorológicas cercanas al área de investigación, asimismo la clasificación de cuencas utilizando el método Pfasterter según las siguientes categorías.

La cuenca Amazonas de código 4 y nivel 1, intercuenca hidrográfica 49 de código 49 nivel 2, intercuenca del rio Ucayali con código 499 nivel 3, unidad de intercuenca del alto Ucayali con código 4999 nivel 4, seguida de la unidad de cuenca del alto del rio Apurimac 49999 de nivel 5, seguida de la microcuenca del rio Chocayhua 499995.

Fígura 61: Sistema de Clsifcacion de la microcuenca de Chocayhua mediante el metodo Pfasterter



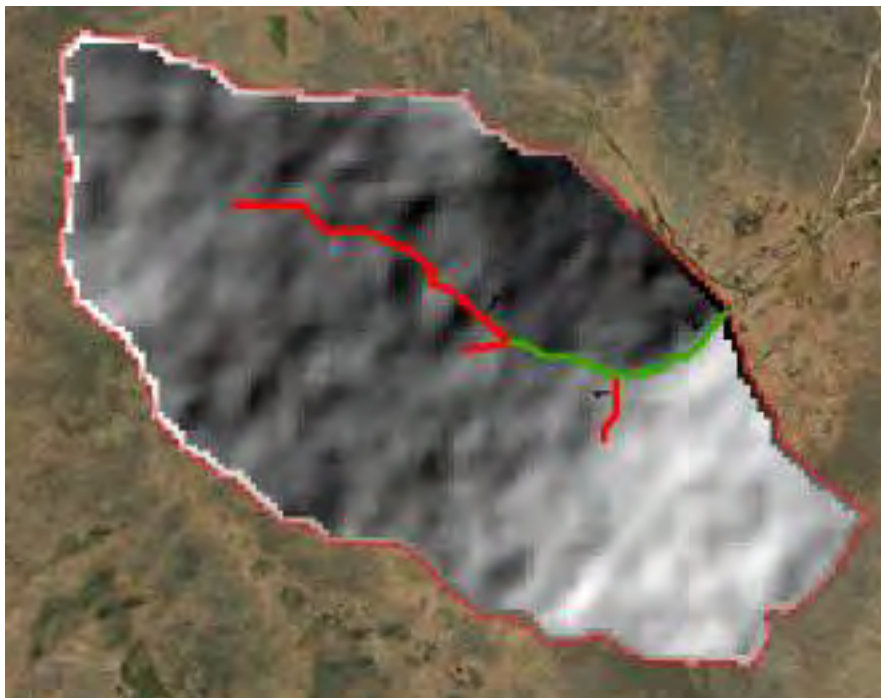


5.2. Parámetros hidromorfométricos

5.2.1. Orden de sistema de drenaje

El drenaje que compone es pequeño y se clasifica hasta de 2° orden según Schumm y Strahler con una longitud de 1.327 km.

Figura 62: Drenajes caracterizados del área de estudio.



5.2.2. Densidad de drenaje (Dd)

Es el resultado de dividir la sumatoria de las longitudes y el área de la microcuenca.

$$Dd = \frac{\sum L}{A}$$

La densidad de drenaje de la zona de estudio es 1.209 km/ km² clasificándose como de tipo bajo, como se puede apreciar por las pendientes bajas.

5.2.3. Pendiente de cauce principal

La pendiente de cauce principal presenta un valor de 15.07 %.



5.3. Hidrometeorología

5.3.1. Temperatura

Para el análisis se empleó registros de temperaturas de máximas, mínimas y medias mensuales correspondientes a las estaciones meteorológicas de Sicuani, Canas, Caylloma y Pomacanchi del Servicio Nacional de Meteorología SENAEMI.

Figura 63: Tendencia regionalizada de estaciones de temperatura

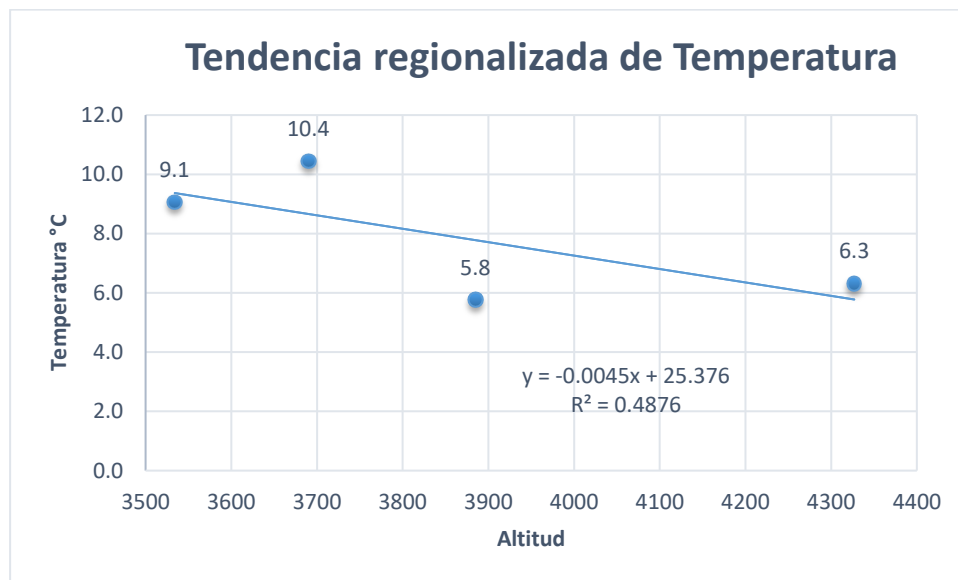


Tabla 35 : Regionalización de Temperaturas mensuales

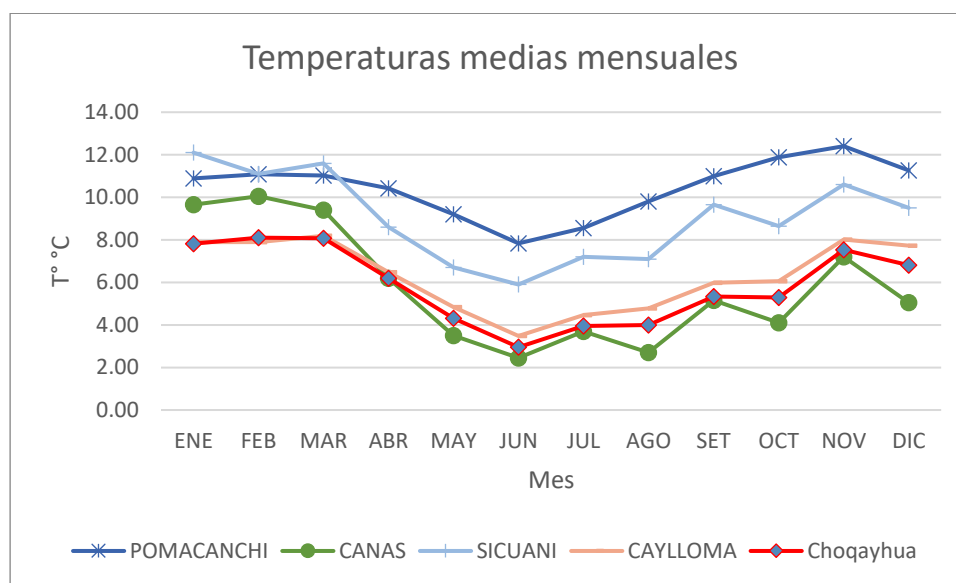
ESTACION	ALTITUD msnm.	MES / TEMPERATURA MEDIA												MEDIA
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	
POMACANCHI	3690	10.88	11.08	11.02	10.42	9.20	7.84	8.55	9.80	11.00	11.88	12.40	11.27	10.4
CANAS	3885	9.65	10.05	9.40	6.20	3.50	2.45	3.70	2.70	5.15	4.10	7.20	5.05	5.8
SICUANI	3534	12.1	11.1	11.6	8.6	6.7	5.9	7.2	7.1	9.65	8.65	10.6	9.5	9.1
CAYLLOMA	4327	7.90	7.90	8.19	6.48	4.83	3.48	4.46	4.77	5.98	6.05	8.02	7.73	6.3
Promedio	3859.0	10.1	10.0	10.1	7.9	6.1	4.9	6.0	6.1	7.9	7.7	9.6	8.4	7.9
Desv. Estándar	343.5	1.8	1.5	1.6	2.0	2.5	2.4	2.3	3.1	2.8	3.4	2.4	2.7	2.2
Coefic. a		30.04	26.63	27.01	22.76	21.09	21.80	23.42	24.19	30.42	28.14	27.00	21.95	25.37
		12	24	03	82	65	24	24	64	94	90	98	97	65
Coefic. b		0.005	0.004	0.004	0.003	0.003	0.004	0.004	0.004	0.005	0.005	0.004	0.003	0.004
		2	3	4	8	9	4	5	7	8	3	5	5	5
Coefic. r		0.987	0.982	0.972	0.668	0.542	0.620	0.681	0.527	0.709	0.541	0.651	0.455	0.698
Choqayhua	4,308	7.8	8.1	8.1	6.2	4.3	3.0	3.9	4.0	5.3	5.3	7.5	6.8	5.9



Con el procesamiento de los datos hidrometeorológicos se obtuvo que para la zona de estudio con altitud media de 4307.91 m.s.n.m. la temperatura media anual es de 5.9 °C, con temperaturas medias mínimas anual de -4.5 °C con caídas más bajas en los meses de abril a setiembre y temperaturas medias máximas de 16.6 °C siendo los meses más calurosos noviembre, diciembre.

A continuación de muestra la figura del comportamiento de temperaturas medias mensuales de la red de estaciones meteorológicas y la zona de estudio regionalizada y como en la tabla anterior su comportamiento por mes.

Figura 64: Temperaturas medias mensuales de la zona de estudio respecto a las estaciones meteorológicas.



En relación a temperaturas máximas se puede apreciar el siguiente cuadro con variaciones por mes, siendo los últimos meses del año con temperaturas elevadas en la zona de Choqayhua.

Tabla 36: Medias mensuales de temperaturas maximas

NOMBRE DE LA ESTACION	ALTITUD msnm.	MES / TEMPERATURA MAXIMA MEDIA													MEDIA A
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC		
		C°	C°	C°	C°	C°	C°	C°	C°	C°	C°	C°	C°	C°	C°

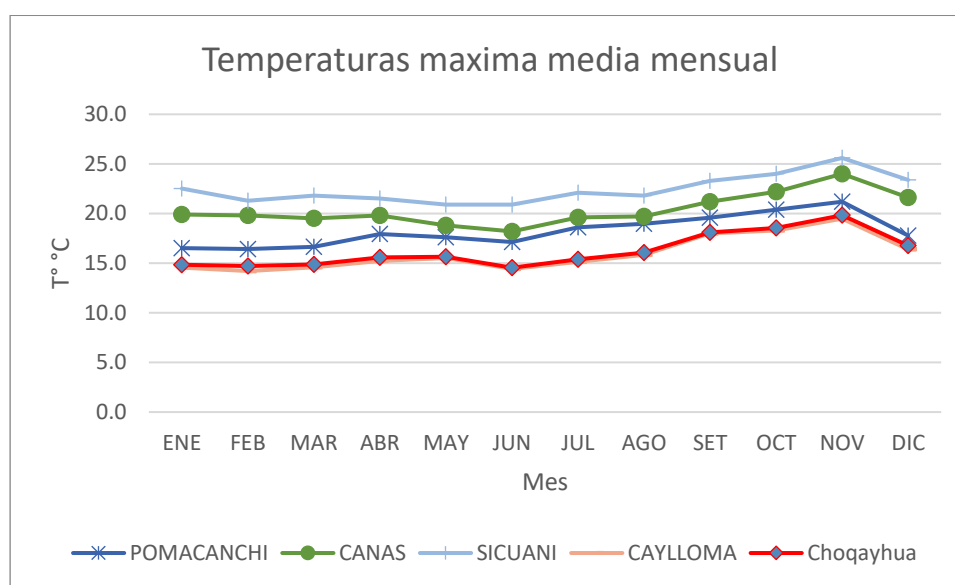


“ESTUDIO GEOLOGICO- GEOTECNICO PARA LA CONSTRUCCION DE LA PRESA CHOQAYHUA DEL DISTRITO DE QUEHUE-CANAS-CUSCO 2022”



POMACAN CHI	3690	16.5	16.4	16.7	17.9	17.6	17.1	18.6	19.0	19.6	20.4	21.2	17.8	18.2
CANAS	3885	19.9	19.8	19.5	19.8	18.8	18.2	19.6	19.7	21.2	22.2	24.0	21.6	20.4
SICUANI	3534	22.5	21.3	21.8	21.5	20.9	20.9	22.1	21.8	23.3	24.0	25.6	23.4	22.4
CAYLLOM A	4327	14.6	14.2	14.6	15.2	15.5	14.4	15.1	15.8	18.0	18.3	19.5	16.4	16.0
Promedio	3859.0	18.4	17.9	18.1	18.6	18.2	17.7	18.9	19.1	20.5	21.2	22.6	19.8	19.2
Desv. Estándar	343.5	3.5	3.2	3.2	2.7	2.2	2.7	2.9	2.5	2.3	2.4	2.7	3.3	2.4
Coefic. a		48.64	45.57	46.09	44.55	40.15	44.48	48.76	44.93	41.34	44.17	46.12	45.74	41.59
		47	17	80	06	60	07	32	35	66	64	67	02	22
Coefic. b		0.007	0.007	0.007	0.006	0.005	0.006	0.007	0.006	0.005	0.006	0.006	0.006	0.005
		8	2	2	7	7	9	7	7	4	0	1	7	8
Coefic. r		0.764	0.765	0.787	0.858	0.870	0.891	0.921	0.931	0.817	0.834	0.763	0.707	0.828
Choqayhua	4,308	14.8	14.7	14.9	15.6	15.7	14.5	15.4	16.1	18.1	18.5	19.8	16.8	16.6

Figura 65: Temperaturas máximas medias mensuales Choqayhua



Las temperaturas mínimas regionalizadas se observan con valores bajo cero en los meses de cómo se indican en el siguiente cuadro:

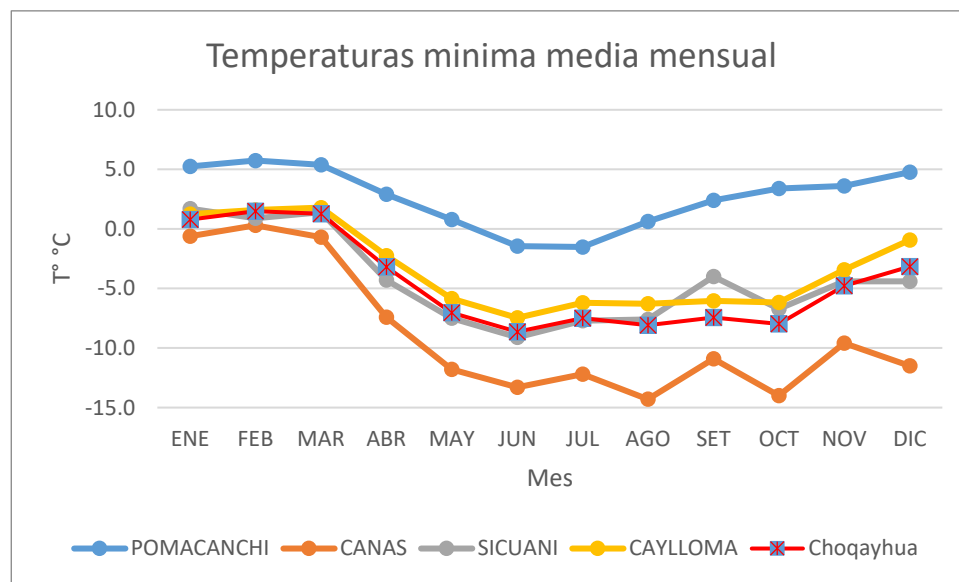
Tabla 37: Medias mensuales de temperaturas mínimas

NOMBRE DE LA ESTACION	ALTIT UD msnm.	MES / TEMPERATURA MINIMA MEDIA												
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	MEDI A
		C°	C°	C°	C°	C°	C°	C°	C°	C°	C°	C°	C°	C°
POMACAN CHI	3690	5.2	5.7	5.4	2.9	0.8	-1.5	-1.5	0.6	2.4	3.4	3.6	4.8	2.7
CANAS	3885	-0.6	0.3	-0.7	-7.4	-11.8	-13.3	-12.2	-14.3	-10.9	-14.0	-9.6	-11.5	-8.8
SICUANI	3534	1.7	0.9	1.4	-4.3	-7.5	-9.1	-7.7	-7.6	-4.0	-6.7	-4.4	-4.4	-4.3
CAYLLOM A	4327	1.2	1.6	1.8	-2.3	-5.9	-7.5	-6.2	-6.3	-6.0	-6.2	-3.4	-0.9	-3.3



Promedio	3859.0	1.9	2.1	2.0	-2.8	-6.1	-7.8	-6.9	-6.9	-4.6	-5.9	-3.5	-3.0	-3.5
Desv. Estándar	343.5	2.4	2.5	2.5	4.3	5.2	4.9	4.4	6.1	5.5	7.1	5.4	6.8	4.7
Coefic. a		11.4377	7.6930	7.9227	0.9858	2.0370	0.8758	1.9184	3.4593	19.5123	12.1217	7.8930	1.8209	5.7039
Coefic. b		0.0025	0.0014	0.0015	0.0010	0.0021	0.0018	0.0013	0.0027	0.0063	0.0047	0.0029	0.0003	0.0024
Coefic. r		0.348	0.201	0.210	0.077	0.139	0.126	0.101	0.151	-0.390	-0.225	0.186	0.016	0.172
Choqayhua	4,308	0.8	1.5	1.3	-3.2	-7.0	-8.6	-7.5	-8.1	-7.4	-8.0	-4.8	-3.2	-4.5

Figura 66: Temperaturas mínimas medias mensuales Chocayhua

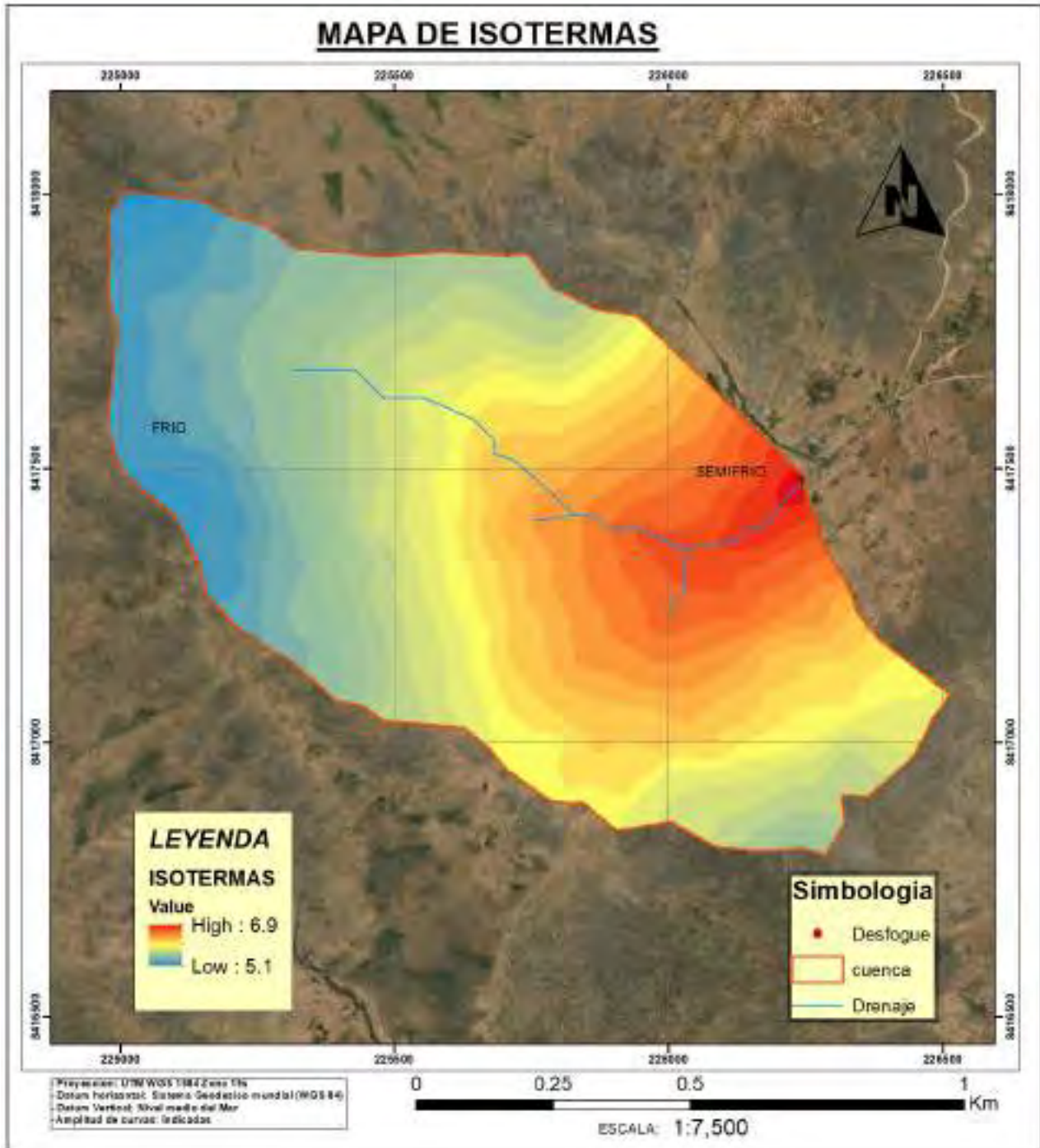


5.3.2. Distribución espacial de la temperatura media mensual del área de estudio

Con la ecuación de regionalización se procedió a la generación de isotermas o distribución espacial de temperaturas de medias mensuales de la zona de estudio mediante una imagen raster y un programa SIG.



Figura 67: Mapa de isotermas promedio anual de la zona de estudio



5.3.3. Red de estaciones meteorológicas para precipitación

Para la zona de estudio y el análisis de precipitación se procesó los datos de 04 estaciones meteorológicas como son Combapata, Sicuani, Pomacanchi y Yauri.



Tabla 38: Regionalización de precipitación en base a estaciones meteorológicas y altitud

REGIONALIZACION DE LA PRECIPITACION VS ALTITUD						
NOMBRE DE LA ESTACION	X ALTITUD MEDIA msnm	Y PRECIPITAC. TOTAL, ANUAL mm/año	ECUACION DE REGRESION $P^2 = B0 + B1 * H$			
			X^2	Y^2	X* Y^2	X^4
COMBAPATA	3464	644.2	11999296	414993.64	1437537969	1.72220E+11
SICUANI	3534	730.23	12489156	533235.8529	1884455504	2.84340E+11
POMACANCHI	3690	773.29	13616100	597977.4241	2206536695	3.57577E+11
YAURI	3920	826.20	15366400	682606.44	2675817245	4.65952E+11
SUMA	14608	2973.92	53470952.00	2228813.36	8204347412.84	1.28009E+12
N	4	4	4	4	4	4
PROMEDIO	3652.00	743.48	13367738.00	557203.3393	2051086853	3.20022E+11

VALORES DE PARAMETROS DE REGRESION		
COEF. INDEPENDIENTE	B0=	-1371709.085
COEF. DEPENDIENTE	B1=	528.1797437
COEF. DE CORRELACION	r=	0.999

REGIONALIZACION ANUAL DE LA PRECIPITACION		
PARTES DE LA CUENCA	ALTITUD (m)	PRECIPITACION (mm/año)
ALTITUD MEDIA	4307.91	950.60

5.3.4. Precipitación

Proceso del ciclo hidrológico del agua que consiste en la condensación y su caída en un área determinada, estos datos se obtienen mediante métodos aritméticos, polígono de Thiessen, Isoyetas, regresión lineal. En este caso se usó el método determinístico de la regresión lineal con el análisis de 2 variables de precipitación y altitud.

En función a las estaciones meteorológicas se obtiene la siguiente ecuación de regionalización.

$$p^2 = 521.17 * H - 1371709.08$$

Donde:

P: precipitación total mm



H: altitud m.s.n.m.

El coeficiente de correlación fue de r: 0.99.

Figura 68: Análisis de regionalización de las 4 estaciones meteorológicas.



Para la zona de estudio se tiene una precipitación media anual de 950.60 mm

Tabla 39: Regionalización por cotas de la zona de estudio.

Cota	Precipitación
4213.0	907.73
4230.0	912.60
4246.5	917.30
4263.0	921.98
4279.5	926.63
4296.0	931.26
4312.5	935.86
4329.0	940.44
4345.5	945.01
4362.0	949.54
4378.5	954.06
4395.0	958.56

Según los datos de precipitación se obtuvo las precipitaciones medias mensuales de Chocayhua detallándose en el siguiente cuadro.



Tabla 40: Precipitaciones mensuales para la zona de estudio

ESTACIÓN	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
COMBAPATA	135.13	106.82	102.18	53.27	7.64	2.30	0.53	3.69	13.68	40.73	69.10	109.12	644.19
SICUANI	150.10	127.16	124.82	52.55	11.36	3.95	3.44	8.94	18.96	47.46	71.02	110.47	730.23
POMACANCHI	153.08	131.59	107.60	52.12	12.81	7.29	8.23	10.42	23.56	59.37	84.88	122.36	773.31
YAURI	189.63	173.69	132.24	62.41	7.54	4.57	2.69	7.37	17.68	42.35	59.13	126.90	826.20
ZONA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
4307.91	198.11	166.95	148.72	71.10	12.98	5.63	4.60	9.44	23.73	62.38	95.27	151.67	950.60

Asimismo, se obtuvo el comportamiento de la precipitación media mensual y anual para la quebrada de Chocayhua.

Figura 69: Comportamiento de la precipitación media por mes.

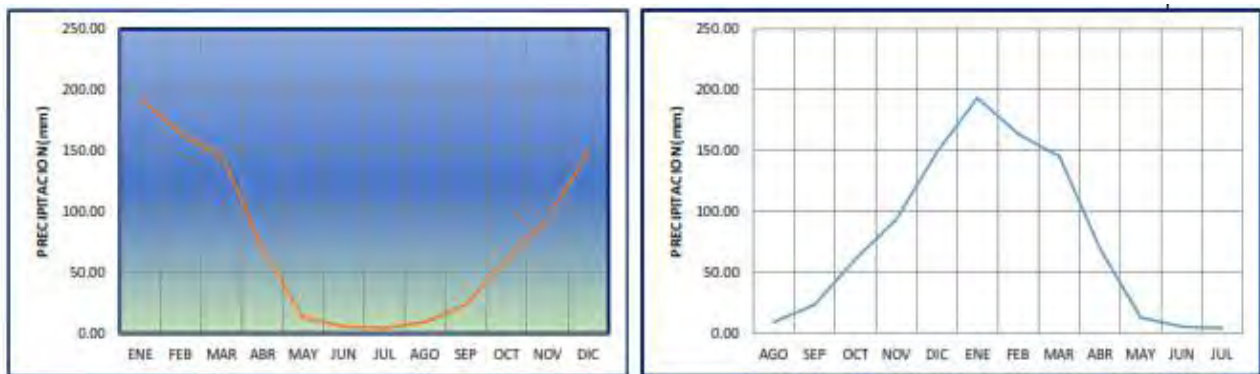
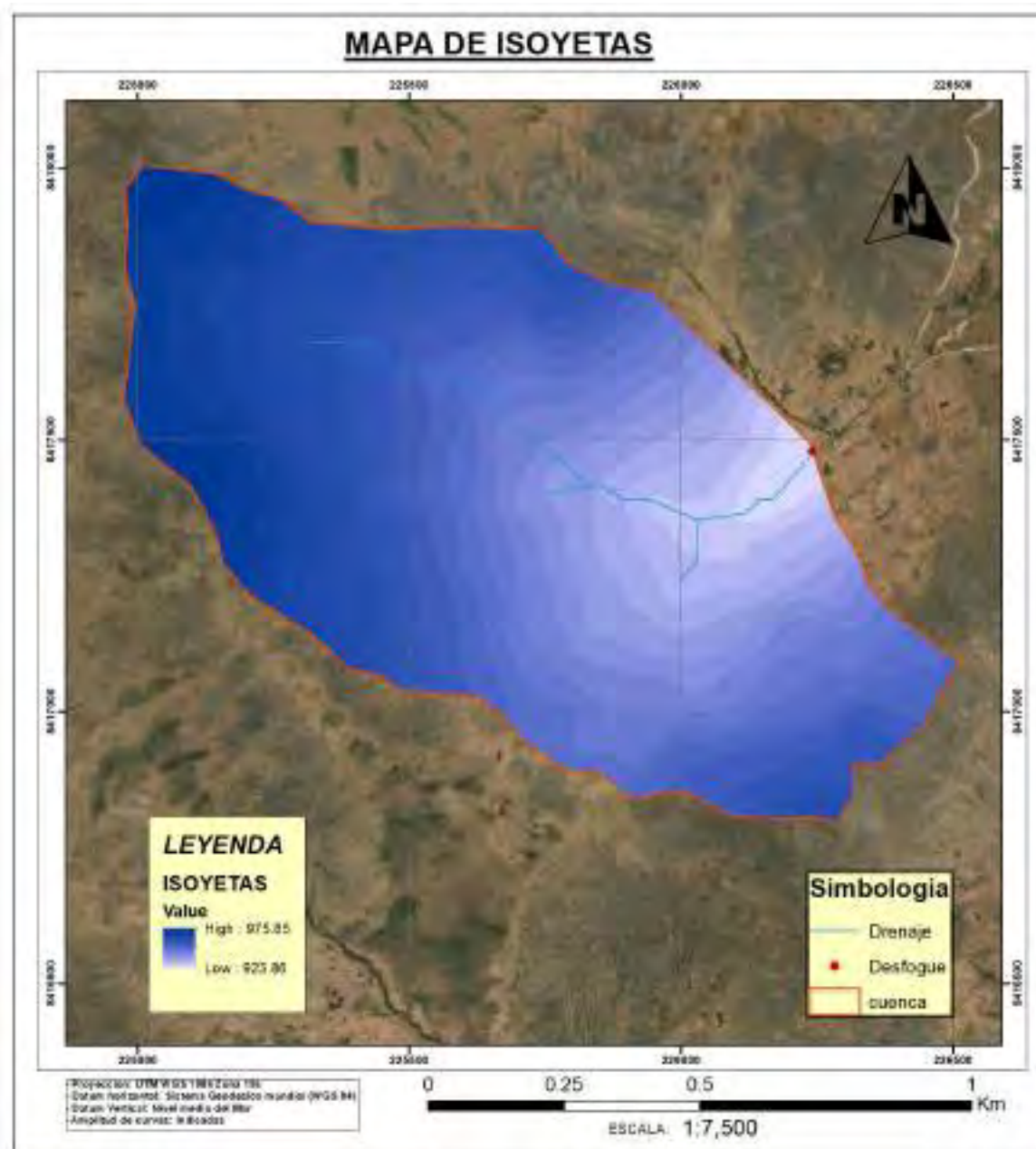




Figura 70: Mapa de Isoyetas de la Microcuenca de Chocayhua



5.3.5. Evapotranspiración Potencial (ETP)

El cálculo se realizó mediante el método de Thornthwaite en el cual el valor medio mensual para la altitud media de la zona de estudio es de 528.93 mm, que significa la cantidad de agua que pueda evaporarse respecto a una precipitación de 950.60 mm.



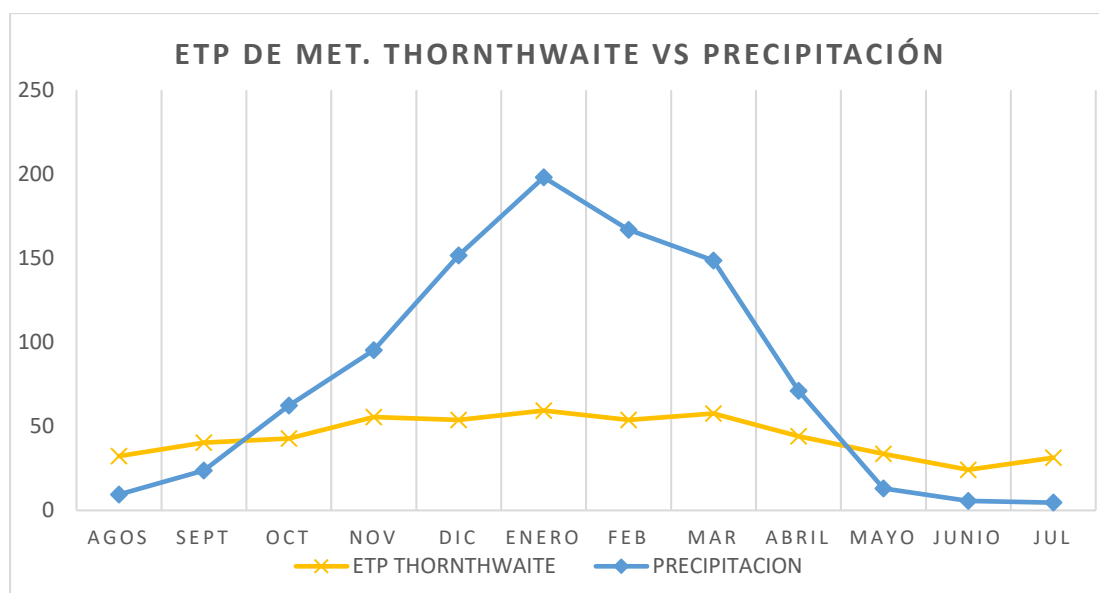
Tabla 41.: *Evapotranspiración potencial y precipitación para altitud media de 4307.91 m.s.n.m.*

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Total
(P)	198.11	166.95	148.72	71.10	12.98	5.63	4.60	9.44	23.73	62.38	95.27	151.67	950.60
(ETP)	59.39	53.82	57.64	44.15	33.71	24.17	31.35	32.36	40.23	42.71	55.50	53.91	528.94

Los meses en el cual se observan déficit son de mayo a setiembre, por lo que es necesario

en estos meses abastecer de riegos en los cultivos del área de influencia de la presa Chocayhua.

Figura 71: Evapotranspiración potencial mensual vs precipitación Chocayhua



5.3.6. Evapotranspiración Real (ETR)

La “Er” es el volumen de agua que pasa a la atmosfera en forma de vapor como consecuencia de la evaporación directa y de la transpiración de las plantas en función del volumen de agua disponible.

La “Er” está condicionada por la cantidad de agua disponible en un momento determinado (precipitación y contenido de humedad en el suelo).

Valor que indica la evapotranspiración según el área de influencia y su vegetación o tipos de cultivo, para este caso se realizó mediante el método de Turc su comportamiento medio anual como indica la siguiente formula.



$$ETR = \frac{P}{\sqrt{0.9 + \frac{P^2}{L^2}}}$$

Donde:

ERT: evapotranspiración real (mm/año)

P: Precipitación media anual

L: $300+25T+0.05T^3$

T: Temperatura media anual

Tabla 42 : *Evapotranspiración real anual Chocayhua*

Precipitacion	T° media anual	ETP	ETR
950.60	5.79	528.936342	413.9

5.3.7. Cálculo de coeficiente de escurrimiento

Se obtuvo en base a la evapotranspiración real calculada y representa el porcentaje de precipitación que se convertirá en escurrimiento y se determinó según la siguiente fórmula:

$$Ce = \left(\frac{P - ETR}{P} \right)$$

Donde:

Ce: Coeficiente de escurrimiento

P: Precipitación total anual

ETR: Evapotranspiración real anual

Tabla 43: *Coeficiente de escurrimiento anual de la zona de estudio.*

P (mm)	T°	ETP	ETR	Exced Hidrico	Ce %
950.60	5.79	528.94	413.88	536.72	56%

El coeficiente de escurrimiento es de 56 %, asimismo el excedente hídrico anual es de 536.72 mm.



5.3.8. Análisis de la escorrentía superficial

5.3.8.1. Generación de caudales medios mensuales

Los caudales se generaron mediante el análisis de datos hidrometeorológicos y por el modelo determinístico estocástico de Lutz Scholz (Scholz, 1980) el cual se basa en un tratamiento estadístico de datos de precipitación efectiva, el gasto de retención y el abastecimiento de la retención de la cuenca. La ecuación general que describe este cálculo es:

$$Q_m = PE + G_i - A_i$$

Donde:

Q_m : caudal mensual (mm/mes)

PE: precipitación efectiva mensual (mm/mes)

G_i : Gasto de la retención (mm/mes)

A_i : Abastecimiento de la retención (mm/mes)

Para el cálculo de los caudales mensuales se estimó en base a los siguientes datos:

Tabla 44: Características generales de la zona de estudio Choqayhua

Área de la cuenca: A	1.097	Km ²
Altitud Media de la Microcuenca: H	4307.91	msnm
Pendiente Media de la Microcuenca	0.177000831	m/m
Precipitación Media Anual: P	950.6	mm
Evaporación Total Anual: ETP	528.94	mm
Temperatura Media Anual: T	5.79	°C
Déficit de Escurrimiento: D	413.9	mm/año
Coefficiente de Escorrentía: C	0.56	
Coefficiente de Agotamiento: a	0.0298	
Relación de Caudales		
	0.409	
(30 días): b_o		
Área de lagunas y acuíferos	1	Km ²
Gasto Mensual de Retención: R	166.1	mm/año



Tabla 45: Generación de caudales medios mensuales para el año promedio

MES	N° días del mes	PRECIPITACION MENSUAL				CONTRIBUCION DE LA RETENCION				CAUDALES GENERADOS		
		P Total mm/mes	Efectiva PE II mm/mes	PE III mm/mes	PE mm/mes	Gasto bi	Abastecimiento Gi	ai	Ai	mm/mes	m3/s	lt/s
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Ene	30	198.1	57.1	152.3	126.3			0.40	66.45	59.9	0.0253	25.35
Feb	28	167.0	47.0	142.6	116.6			0.20	33.23	83.3	0.0378	37.79
Mar	31	148.7	38.9	123.0	100.1			0.00	0.00	100.1	0.0410	41.00
Abr	30	71.1	9.0	26.2	21.5	0.41	98.30			119.8	0.0507	50.71
May	31	13.0	1.4	3.2	2.7	0.17	40.25			43.0	0.0176	17.60
Jun	30	5.6	0.6	1.4	1.2	0.07	16.48			17.7	0.0075	7.49
Jul	31	4.6	0.5	1.1	1.0	0.03	6.75			7.7	0.0032	3.16
Ago	31	9.4	1.1	2.4	2.1	0.01	2.76			4.8	0.0020	1.97
Set	30	23.7	2.4	5.3	4.5	0.00	1.13			5.6	0.0024	2.38
Oct	31	62.4	7.1	19.8	16.4	0.00	0.46			16.8	0.0069	6.89
Nov	30	95.3	16.0	50.7	41.3			0.05	8.31	33.0	0.0139	13.95
Dic	31	151.7	40.3	126.6	103.1			0.35	58.15	45.0	0.0184	18.41
AÑO		950.6	221.2	654.7	536.7	0.69	166.13	1.00	166.13	536.7	0.02	18.89
										TOTAL	0.23	226.71
Coefficientes		0.56	0.27	0.73	1.00							

Se toma en cuenta que la retención es de 166.1 mm/año y representa el 17.48 % de la precipitación media anual con un coeficiente de agotamiento de 0.0298 por día, una cuenca con agotamiento rápido por la típica característica de los meses lluviosos y meses de estiaje; la precipitación efectiva anual es de 536.7 mm/año generando caudales mensuales y un caudal promedio anual de 18.89 lt/s (0.02 m3/s), siendo los meses de diciembre a abril con más aporte hídrico y el mes de agosto con menos caudal, que será el caudal base para las épocas de estiaje.



5.3.8.2. Oferta Hídrica De la Cuenca

La microcuenca Chocayhua tiene la capacidad de generar un volumen de escurrimiento superficial de 316252.1 m³ en un periodo húmedo considerando los meses de diciembre, enero, febrero y marzo.

Tabla 46: Oferta Hidrica de la Cuenca en los meses de Lluvia.

MES	N° días del mes	CAUDALES GENERADOS		
		lt/s	m ³ /s	m ³ /mes
1	2	3	4	5
Enero	30	25.3	0.0253	65702.64
Febrero	28	37.8	0.0378	91429.16
Marzo	31	41.0	0.0410	109807.2
Abril	30	50.7	0.0507	131439.8
Mayo	31	17.6	0.0176	47148.03
Junio	30	7.5	0.0075	19414.35
Julio	31	3.2	0.0032	8461.348
Agosto	31	2.0	0.0020	5286.065
Setiem.	30	2.4	0.0024	6176.172
Octubre	31	6.9	0.0069	18458.29
Noviem.	30	13.9	0.0139	36149.96
Diciem.	31	18.4	0.0184	49313.05
Total				316252.1

5.3.8.3. Modelo de precipitación de Escorrentía Luts Scholz

La cuenca en los meses de lluvia puede generar puede generar un volumen de escurrimiento de 316 252.1 m³.

5.3.8.4. Modelo de precipitación de Manning

De acuerdo a las condiciones de cobertura vegetal, pendiente y suelos de cobertura, utilizando la fórmula de Turc visto anteriormente, asume un coeficiente de escorrentía de 0.56, una precipitación acumulada para periodo de lluvias de diciembre, enero, febrero y marzo de



446.6mm/año y el área de la cuenca es de 1.097 Km², con ello se ha generado el volumen máximo que la cuenca Chocayhua que es capaz de generar la cuenca en sí, en tal sentido aplicando la fórmula de Manning se tiene:

$$V = 1000 * PP * Ce * Ac.$$

Donde:

V = Volumen generado por la cuenca m³

PP = Precipitación media anual época de lluvias mm

Ce = Coeficiente de escorrentía (adimensional)

Ac = Área de la cuenca km².

Reemplazando valores se tiene:

$$V = 1000 * 446.6 * 0.56 * 1.097 = 274057.8m^3$$

5.3.9. Capacidad De Almacenamiento Topográfico

Es la total capacidad acumulada de agua topográficamente que el vaso logra acumular, para ello se ha procedido a ejecutar la altura topográfica del sitio posible de inundación con referencia a la zona de ubicación del dique, obteniendo la tabla de áreas y volúmenes entre curvas de nivel siguiente:

Tabla 47: Capacidad de almacenamiento topográfico del vaso de la presa.

N°	Elevación (msnm)	Área		Vol. Parcial (m ³)	Vol. Acumulado		Altura de la Presa (m)
		(m ²)	(ha)		(m ³)	(MMC)	
0	4210	58.74		0	0	0	
1	4211	281.26	0.0281	170	170	0.00017	1.0
2	4212	737.38	0.0737	509.32	679.32	0.00067932	2.0
3	4213	1919.54	0.1920	1328.46	2007.78	0.00200778	3.0
4	4214	3222.95	0.3223	2571.245	4579.025	0.00457903	4.0
5	4215	4415.93	0.4416	3819.44	8398.465	0.00839847	5.0
6	4216	5513.77	0.5514	4964.85	13363.315	0.01336332	6.0
7	4217	6703.91	0.6704	6108.84	19472.155	0.01947216	7.0
8	4218	7850	0.7850	7276.955	26749.11	0.02674911	8.0
9	4219	9076	0.9076	8463	35212.11	0.03521211	9.0



10	4220	10330.59	1.0331	9703.295	44915.405	0.04491541	10.0
11	4221	11697.64	1.1698	11014.115	55929.52	0.05592952	11.0
12	4222	13093.48	1.3093	12395.56	68325.08	0.06832508	12.0
13	4223	14564.69	1.4565	13829.085	82154.165	0.08215417	13.0
14	4224	16163.92	1.6164	15364.305	97518.47	0.09751847	14.0
15	4225	17964.31	1.7964	17064.115	114582.585	0.11458259	15.0
16	4226	20320.15	2.0320	19142.23	133724.815	0.13372482	16.0
17	4227	22973.1	2.2973	21646.625	155371.44	0.15537144	17.0
18	4228	26179.75	2.6180	24576.425	179947.865	0.17994787	18.0
19	4229	30805.57	3.0806	28492.66	208440.525	0.20844053	19.0
20	4230	35521.99	3.5522	33163.78	241604.305	0.24160431	20.0
21	4231	39944.1	3.9944	37733.045	279337.35	0.27933735	21.0
22	4232	44381.49	4.4381	42162.79	321500.14	0.32150014	22.0

De la relación entre el volumen hidrológico según Manning que la cuenca en su totalidad es capaz de generar por precipitación una capacidad máxima de embalse de volumen de 274057.8 m³ por lo que se ha optado por recomendar una altura mínima de estructura del dique de la presa de 15m que permitirá acumular un volumen de agua de 114 587.56 m³ que serán suficientes para actividades agrícolas y pecuarias de la población.

Figura 72: Levantamiento topográfico de área posible de inundación





5.3.10. Balance hídrico superficial

La evaluación hidrológica se realiza en base a la estimación correcta del balance hidrológico, es decir comprender el ciclo hidrológico del agua en sus diferentes fases a partir de datos históricos, estadísticos, medidos y otros que parte por la precipitación, y esta distribuye en evapotranspiración, escorrentía e infiltración.

Se estima con la siguiente ecuación:

$$P = E + R + I$$

Donde:

P: Precipitación de la microcuenca

E: Evapotranspiración real

R: Escorrentía superficial

I: Infiltración o retención

La precipitación de la microcuenca es de 950.6 mm/año, la evapotranspiración real es de 413.88 mm/año, la escorrentía es de 536.7 mm/año y la retención calculada es de 166.1 mm/año.

5.3.10.1. Demanda De Agua

Demanda Agrícola de la presa Chocayhua, está destinada únicamente para uso agrícola, pues es la actividad que mayormente realiza la población donde sus áreas de cultivo abarcan un total de 62.67 ha que será en beneficio de 42 familias, las cuales serán regadas con un módulo de riego máximo de 0.10 l/s/ha principalmente en los meses de sequía. (desde mayo a agosto).

La oferta de la Cuenca Chocayhua

Esta se desarrolló con modelo de Luts Scholz para su generación de caudales medios mensuales.



Balance Hídrico con Proyecto:

En las siguientes tablas se realizará la comparación del balance hídrico con la oferta y demanda de la cuenca.

Tabla 48: La oferta y demanda de la cuenca Chocayhua

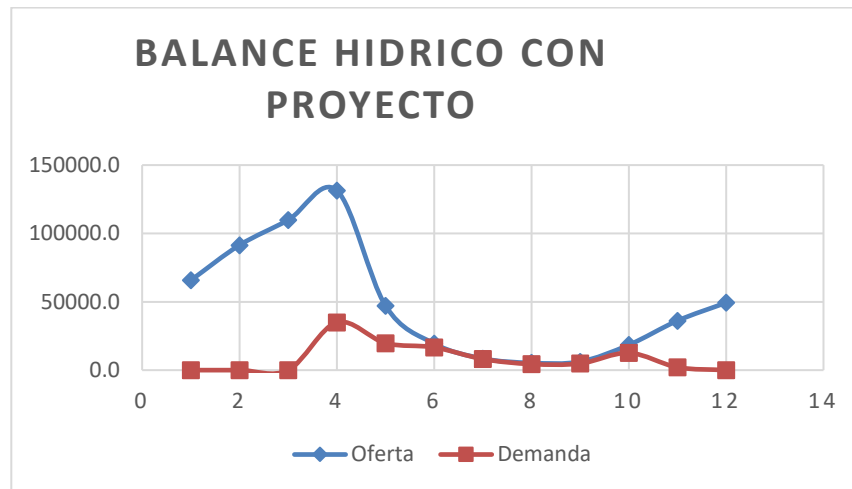
N°	Descripción	Cálculo	Unidad	Meses											
				Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
a	Oferta	Dato de Oferta	(m3)	65702.6	91429.2	109807.2	131439.8	47148.0	19414.3	8461.3	5286.1	6176.2	18458.3	36150.0	49313.1
			(m3/ha)	1086.1736	1511.475607	1815.29529	2172.9172	779.4350719	320.9514	139.8801	87.387414	102.1023701	305.146084	597.6188127	815.2264838
c	Demanda	Dato de Demanda	(m3)	0	0	0	2691	14858	16914	6371	4057	5184	10389	6224	0
			(m3/ha)	0	0	0	44.486692	245.6273764	279.6165	105.32319	67.068937	85.70011572	171.747396	102.8930402	0
e	Balance Hídrico	(a-c)	(m3)	65702.6	91429.2	109807.2	128748.8	32290.0	2500.3	2090.3	1229.1	992.2	8069.3	29926.0	49313.1
			(m3/ha)	1086.1736	1511.475607	1815.29529	2128.4305	533.8076954	41.33493	34.556911	20.318477	16.40225441	133.398687	494.7257725	815.2264838
f	Balance Hídrico	(b-d)	(l/ha)	1.0861736	1.511475607	1.81529529	2.1284305	0.533807695	0.041335	0.0345569	0.0203185	0.016402254	0.13339869	0.494725773	0.815226484

Tabla 49: Balance Hídrico de la cuenca Chocayhua

PARAMETROS			Meses											
			Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Oferta	m3		65702.6	91429.2	109807.2	131439.8	47148.0	19414.3	8461.3	5286.1	6176.2	18458.3	36150.0	49313.1
Demanda	m3		0	0	0	34886	19769	16695	8110	4438	4848	12581	2075	0
Balance Hídrico	m3		65702.6	91429.2	109807.2	96553.8	27379.0	2719.3	351.3	848.1	1328.2	5877.3	34075.0	49313.1



Tabla 50: Balance hídrico de la cuenca Chocayhua con proyección de represamiento



5.3.11. Infiltración:

Para verificar la capacidad de estanqueidad del área a ser inundada al ampliar el espejo de agua de la represa se ha realizado pruebas de infiltración en los suelos de material fluvioglaciario. Para ello en lo que corresponde a suelos se han hecho trincheras de hasta 1 m de profundidad como también se ha utilizado en las calicatas de ensayo para mecánica de suelos.

En la tabla siguiente se presenta la ubicación en coordenadas UTM de la ubicación de las pruebas de infiltración mediante el ensayo de carga Variable de Lefranc.

Tabla 51: Ubicación de los ensayos de permeabilidad realizados en campo.

N° Prueba	Este	Norte	Formacion	Litologia
1	226091	8417408	Dep. Cuaternario	Fluvioglaciario
2	226165	8417414	Dep. Cuaternario	Fluvioglaciario
3	226092	8417346	Dep. Cuaternario	Fluvioglaciario
4	226124	8417367	Dep. Cuaternario	Fluvioaluvial
5	226216	8417421	Dep. Cuaternario	Fluvioaluvial



Figura 73: Prueba de permeabilidad carga variable Lefranc en Suelo Fluvioaluvial



Figura 74: Prueba de permeabilidad en Suelo Fluvioglacial



Resultados:

Se obtuvieron los siguientes resultados descritos en la siguiente tabla:



Tabla 52: Resumen de los resultados de pruebas de infiltración

N° Prueba	Este	Norte	Formación	Litología	Método Lefranc (K=cm/s)	Calificación
1	226091	8417408	Dep. Cuaternario	Fluvioglaciario	1.7969E-06	Baja
2	226165	8417414	Dep. Cuaternario	Fluvioglaciario	2.9547E-06	Baja
3	226092	8417346	Dep. Cuaternario	Fluvioglaciario	2.0283E-06	Baja
4	226124	8417367	Dep. Cuaternario	Fluvióaluvial	1.0931E-05	Media a baja
5	226216	8417421	Dep. Cuaternario	Fluvióaluvial	1.2032E-05	Media a baja

Ejemplo de la prueba N° 01 Ubicación: Este: 226091 Norte: 8417408

El siguiente cuadro pertenece a la prueba de lefranc medida en campo de un depósito fluvioglaciario.

Tabla 53: Resultados de prueba de infiltración modelo Lefranc

N 1	L(cm)	$\frac{x}{h}$ (cm)	t	χ hmin	χ hseg	d(cm)	K= cm/día	K= cm/seg
H0	50					5.08		
h1	49.84	0.16	5	5	300		0.17746038	2.05394E-06
h2	49.86	0.14	10	5	300		0.1552467	1.79684E-06
h3	49.87	0.13	15	5	300		0.1441432	1.66832E-06
h4	49.88	0.12	20	5	300		0.13304193	1.53984E-06
h5	49.85	0.15	25	5	300		0.16635243	1.92538E-06
							0.15524893	1.79686E-06

5.4. Hidrología Subterránea

5.4.1. Generalidades:

Dentro de la hidrogeología subterránea se caracteriza el subsuelo según el grado de infiltración a partir del cual se determina el tipo de acuíferos constituyentes dentro del área de estudio de la microcuenca de Chocayhua, cuya recarga obedece a las condiciones de precipitación, permeabilidad del suelo y basamento rocoso y fundamentalmente las características estructurales



a partir de la cual caracterizaremos los acuíferos, acuitardos y acuifugos, según al tipo de material en base a la geología local y los ensayos de permeabilidad distribuidos en el vaso y eje de la presa.

5.4.2. Unidades Hidrogeologicas

5.4.2.1 Acuíferos

5.4.2.1.1. Acuífero de Deposito Fluvio-Aluvial

El acuífero fluvioaluvial, se encuentra en la trayectoria del río Chocayhua, el cual se encuentra ubicada a la mitad del vaso y del eje, litológicamente está conformado por clastos sub redondeados a redondeados dispuestos caóticamente y envueltos en matrices generalmente limo arcillosas principalmente dentro de la quebrada afluentes del río Chocayhua. Estos depósitos presentan una permeabilidad media a baja de ($K=1.0931E-05\text{cm/s}$).

5.4.2.2. Acuitardos

5.4.2.1.1. Acuitardo de Deposito Fluvioglaciario

El acuífero de depósito fluvioglaciario, se presenta al lado derecho e izquierdo y del vaso, litológicamente están compuestos por fragmentos de diferentes dimensiones, dispuestos generalmente en una matriz areno-limo-arcillosa con presencia de gravas angulosas cuya naturaleza de dichos elementos varía de un lugar a otro según la roca madre de la unidad volcánica del grupo Barroso las cuales se comportan como acuitardos de baja permeabilidad ($K= 2.05394E-06\text{ cm/s}$), este tipo de depósito son ideales para el almacenamiento del vaso de la presa ya que están conformados por una matriz limo arcillosa de muy baja permeabilidad.

5.4.2.1.2. Acuitardo del Grupo Barroso

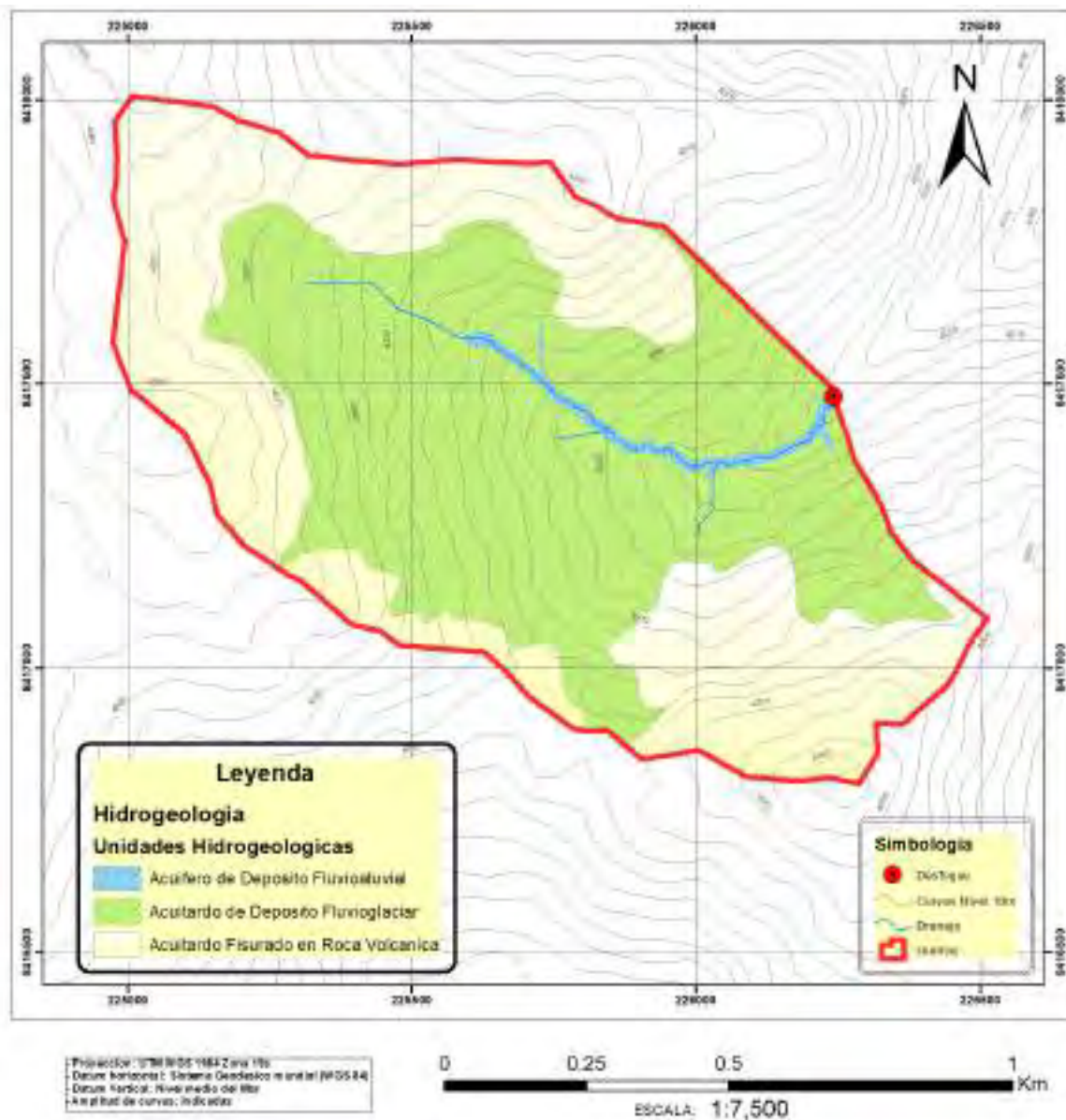
El acuitardo fisurado en superficie se encuentra subyaciendo a los depósitos cuaternarios en el vaso y en el eje y se observa alrededor de la zona de estudio principalmente en las partes altas del vaso de la presa, se componen principalmente por rocas volcánicas de composición andesítica



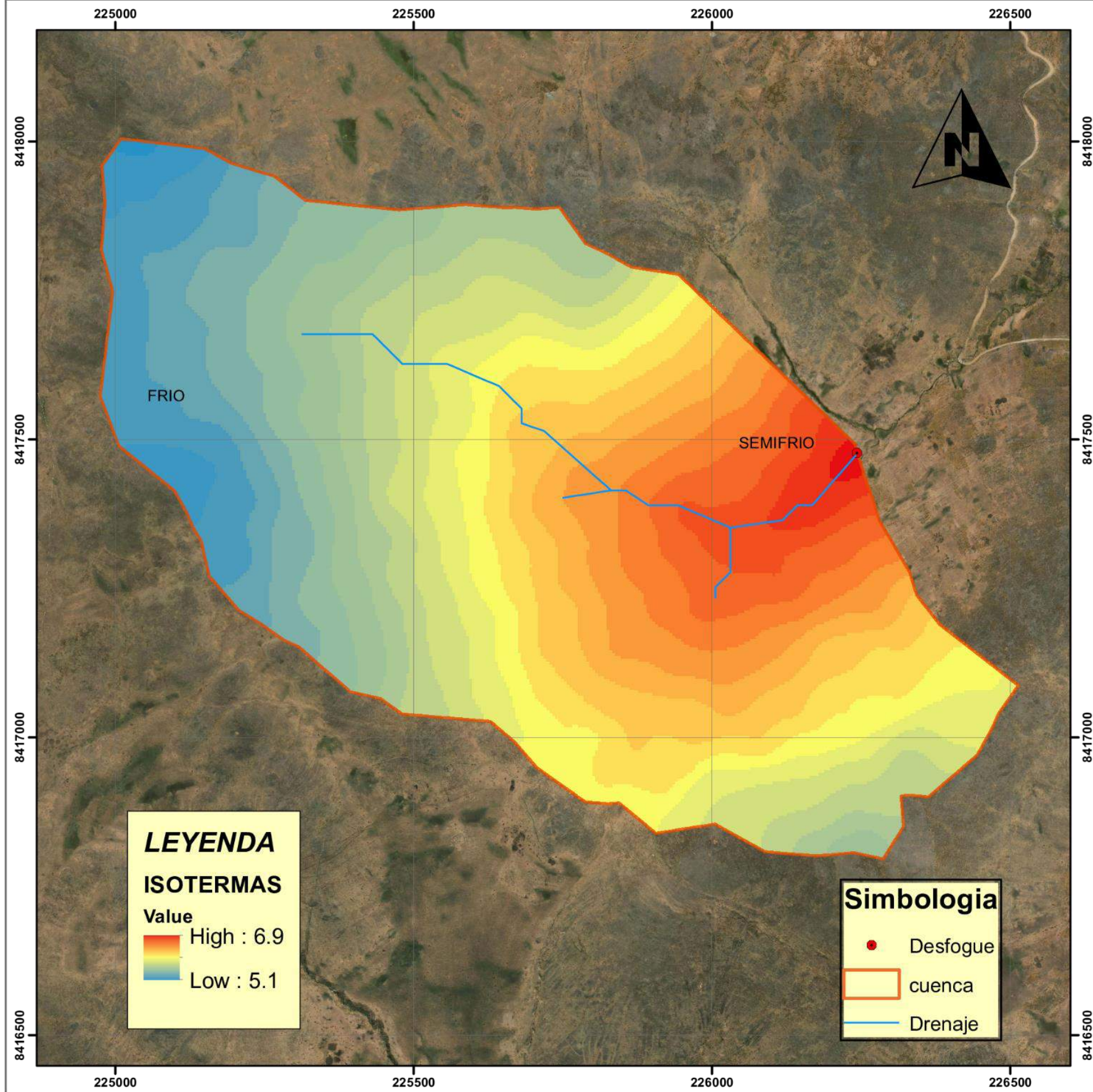
y dacítica de textura porfírica de coloración gris claro en su mayoría con tonalidades rojizas a gris oscuras pertenecientes al grupo barroso las cuales se comportan como acuitardos fisurados en roca de permeabilidad muy baja a impermeable según la profundidad.

La profundidad de la cimentación dependerá del espesor del suelo granular y de la roca alterada hasta encontrar a mayor profundidad la roca más competente.

Figura 75: Mapa Hidrogeológico de la Microcuenca de Chocayhua



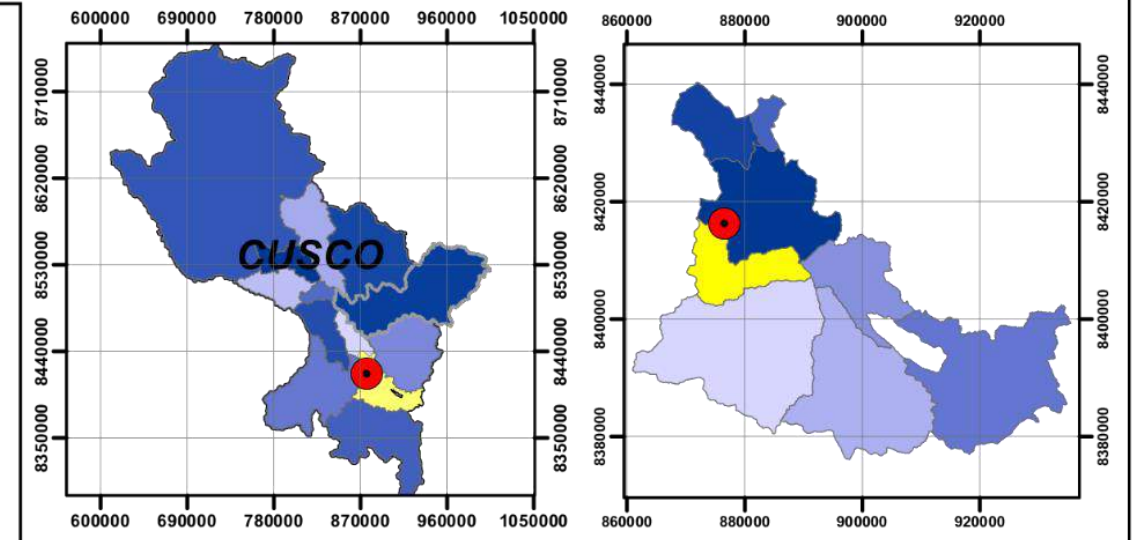
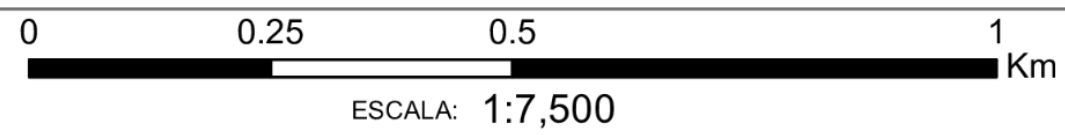
MAPA DE ISOTERMAS



LEYENDA
ISOTERMAS
 Value
 High : 6.9
 Low : 5.1

Simbologia
 Desfogue
 cuenca
 Drenaje

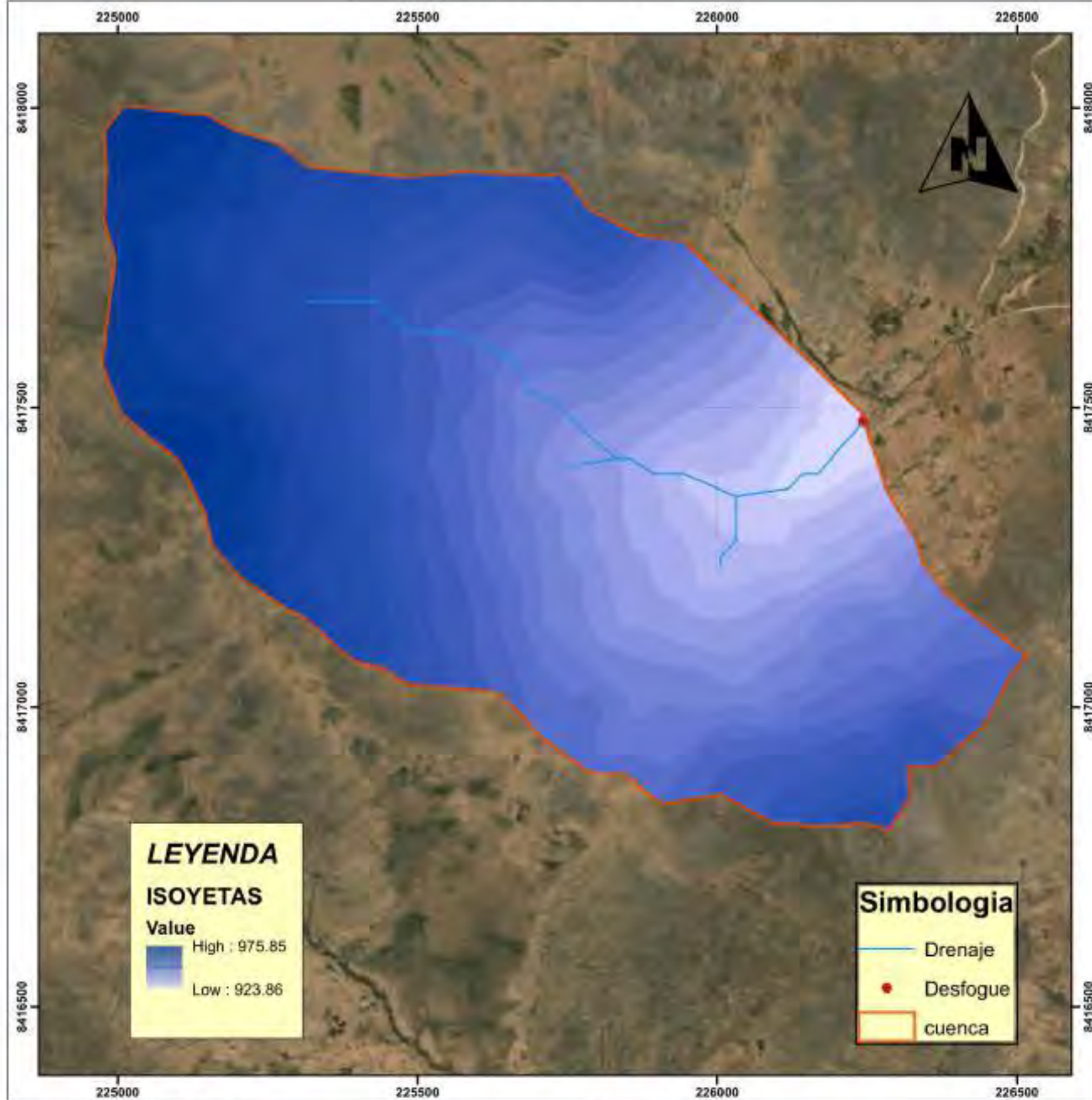
Proyeccion: UTM WGS 1984 Zona 19s
 Datum horizontal: Sistema Geodesico mundial (WGS 84)
 Datum Vertical: Nivel medio del Mar
 Amplitud de curvas: Indicadas



Temperatura (C°)	ALTURA (msnm)
5.1	4400
5.15	4390
5.2	4380
5.3	4370
5.4	4360
5.5	4350
5.55	4340
5.6	4330
5.7	4320
5.8	4310
5.9	4300
6	4290
6.1	4280
6.2	4270
6.3	4260
6.4	4250
6.5	4240
6.6	4230
6.7	4220
6.8	4210
6.9	4200

<p>UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA</p>		
PLANO: MAPA DE ISOTERMAS DE LA MICROCUENCA DE CHOCAYHUA		
TESIS: "ESTUDIO GEOLOGICO, GEOTECNICO PARA LA COSTRUCCION DE LA PRESA CHOCAYHUA DEL DISTRITO DE QUEHUE-CANAS-CUSCO 2022"		
DEPARTAMENTO: CUSCO	DATUM: 19 S WGS 84	LAMINA:
PROVINCIA: CANAS	ELABORADO: Bch. Rosmery Carlos Chuma Bch. Michael Manuel Garcia Mendoza	P-09
DISTRITO: QUEHUE	Asesor: Mgt. Ronald Luis Lopez Zapana	
COMUNIDAD: CHOQAYHUA	FECHA: Enero 2023	ESCALA: 1:7,500

MAPA DE ISOYETAS



LEYENDA
ISOYETAS

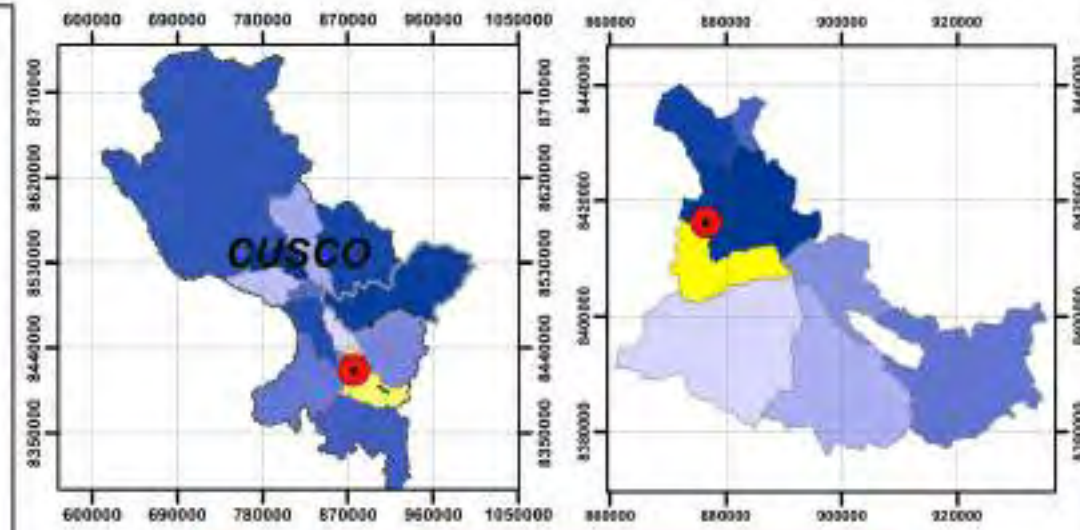
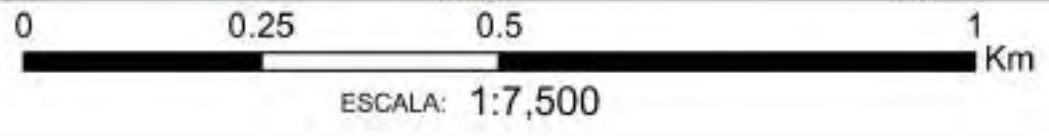
Value

High	: 975.85
Low	: 923.86

Simbologia

	Drenaje
	Desfogue
	cuenca

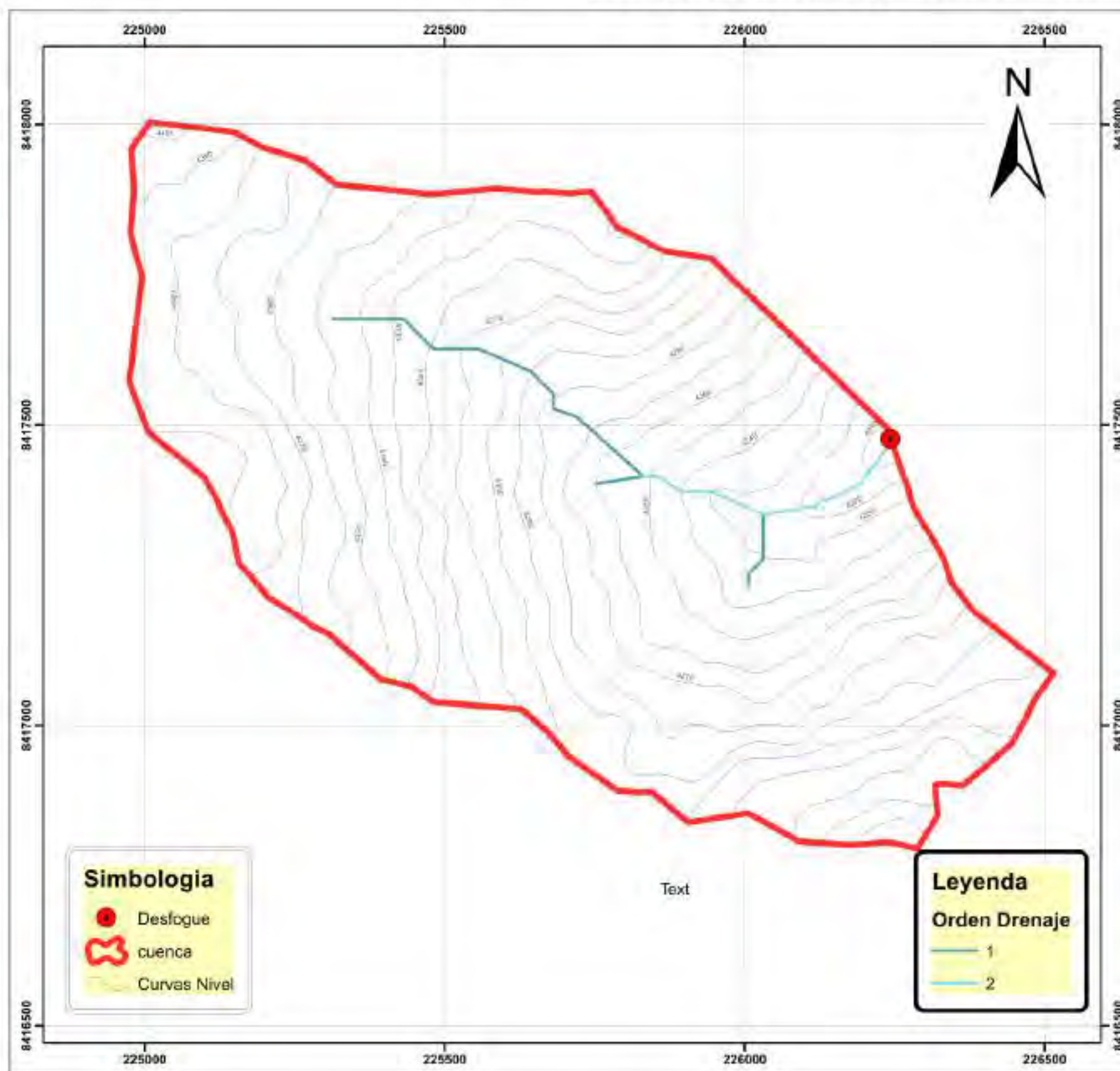
Proyeccion: UTM WGS 1984 Zona 19s
 Datum horizontal: Sistema Geodesico mundial (WGS 84)
 Datum Vertical: Nivel medio del Mar
 Amplitud de curvas: Indicadas



Precipitacion (mm)	ALTURA (msnm)	
923.86	4200	4210
925.86	4210	4220
928.7	4220	4230
931.54	4230	4240
934.37	4240	4250
937.2	4250	4260
940.01	4260	4270
942.82	4270	4280
945.61	4280	4290
948.4	4290	4300
951.18	4300	4310
953.95	4310	4320
956.72	4320	4330
959.47	4330	4340
961.2	4340	4350
962.22	4350	4360
964.96	4360	4370
967.7	4370	4380
970.42	4380	4390
973.14	4390	4400
975.85	4390	4400

<p>UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAO DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA</p>		
PLANO: MAPA DE ISOYETAS DE LA MICROCUENCA DE CHOCAYHUA		
TEMA: ESTUDIO GEOLOGICO, GEOTECNICO PARA LA CONSTRUCCION DE LA PRESA CHOCAYHUA DEL DISTRITO DE QUEHUE, CANAS-CUSCO 2023		
DEPARTAMENTO: CUSCO	DATUM: 19 S WGS 84	LAMINA:
PROVINCIA: CANAS	ELABORADO: Ing. Roxany Carlos Chuma Ing. Michael Wenceslao Gamba Wambua	P-10
DISTRITO: QUEHUE	ASESOR: Ing. Rómulo Luis Lopez Zapana	
COMUNIDAD: CHOCAYHUA	FECHA: Enero 2023 ESCALA: 1:7,500	

CUENCA COLECTORA DE CHOCAYHUA



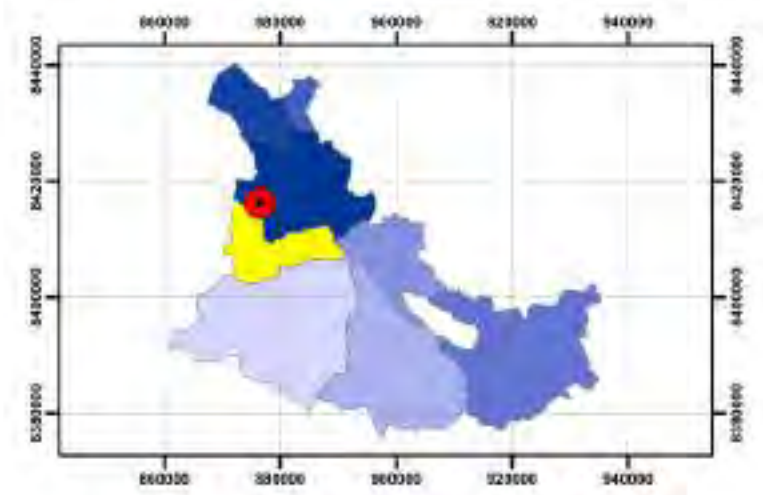
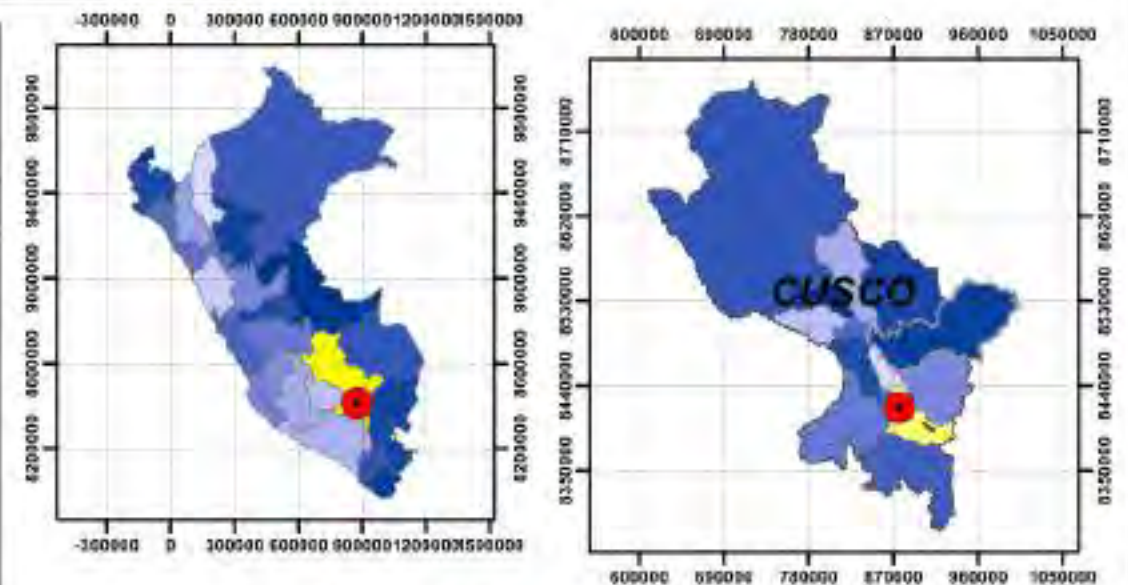
Simbología

- Desfogue
- cuenca
- Curvas Nivel

Leyenda

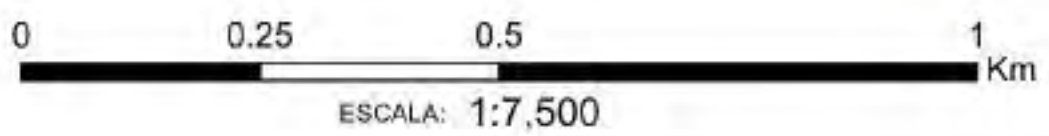
Orden Drenaje

- 1
- 2



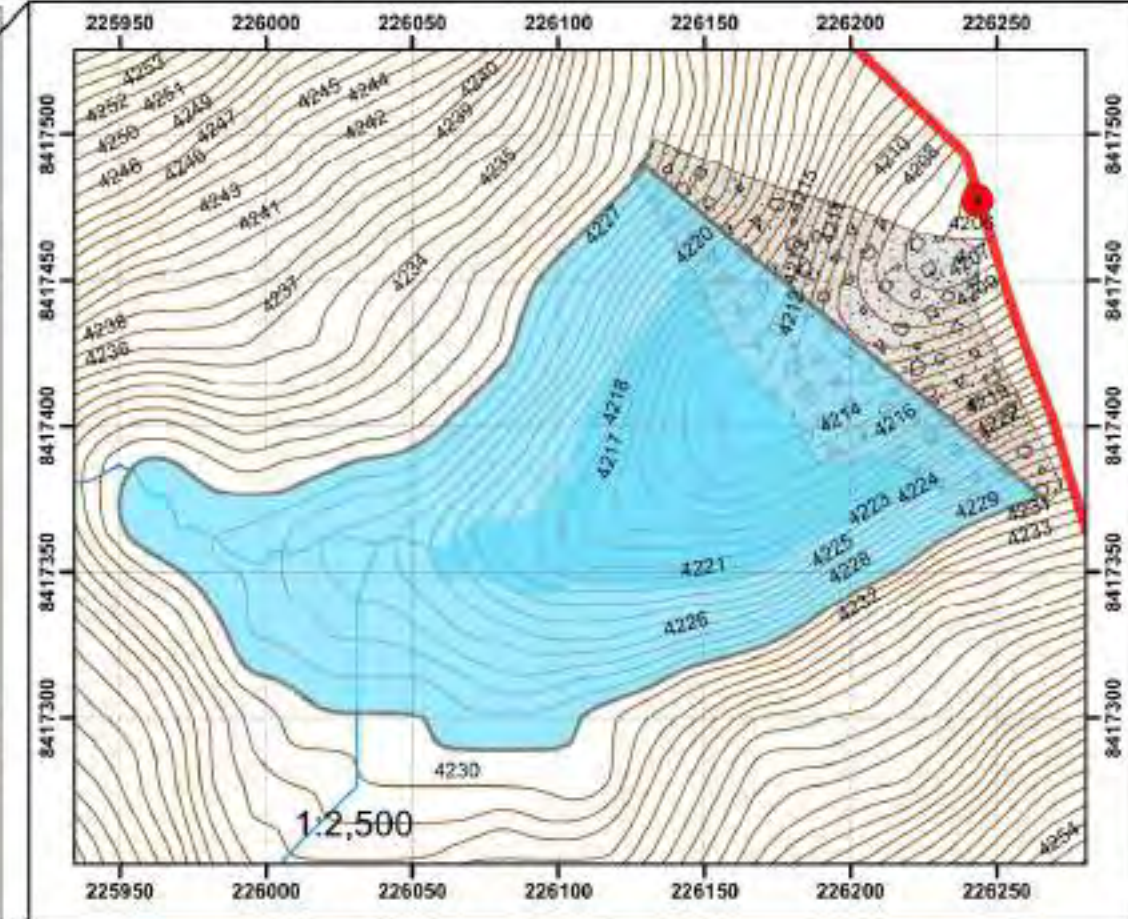
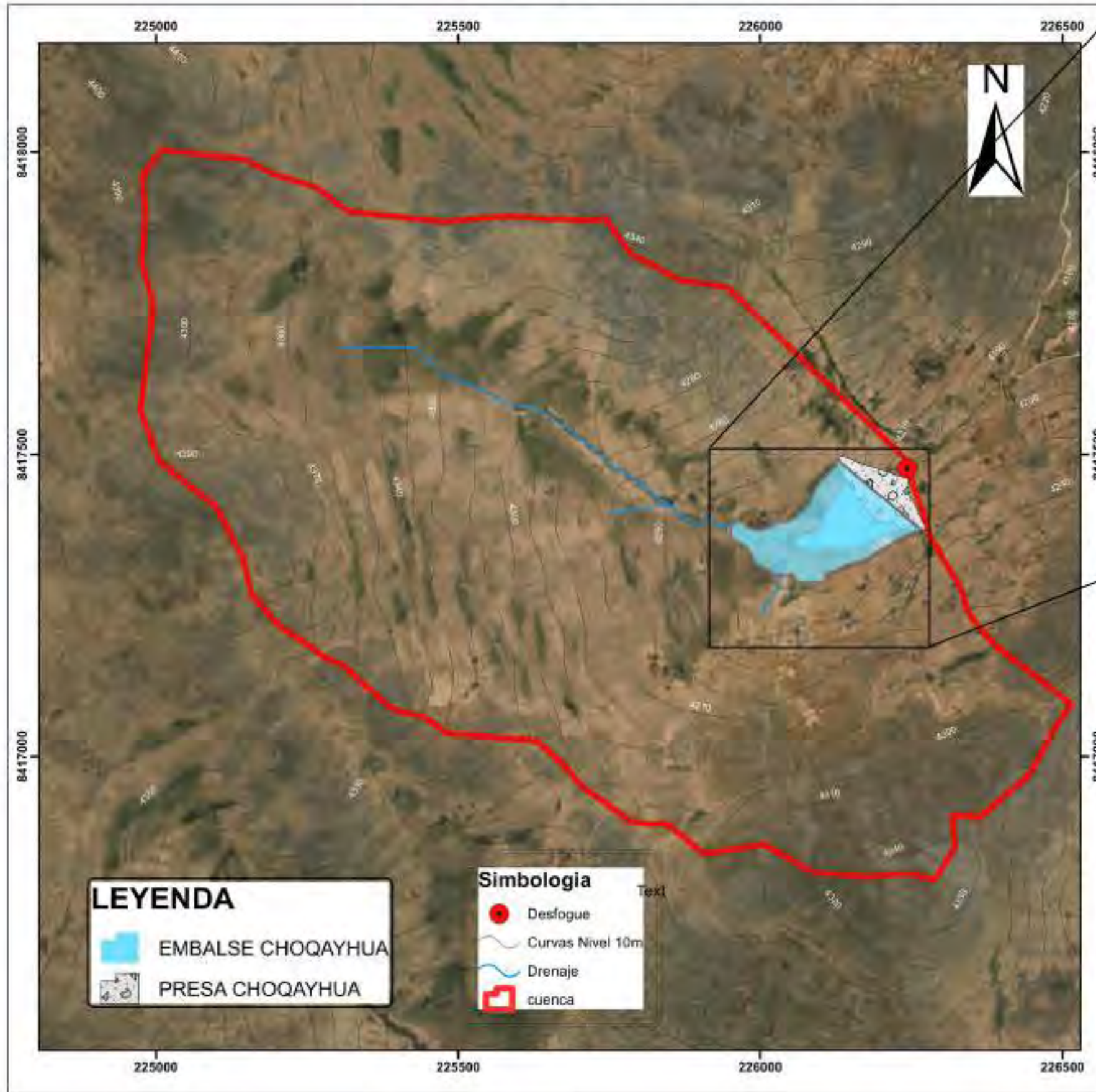
Muestra de Chocayhua	
Area Km	1.097316
Perimetro Km	4.433684
cota_max	4403
cota_min	4206
x_cent	225722.953
y_cent	8417397.78
z_cent	4315

Proyección: UTM WGS 1984 Zona 19s
 Datum horizontal: Sistema Geodesico mundial (WGS 84)
 Datum Vertical: Nivel medio del Mar
 Amplitud de curvas: Indicadas



<p>UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA</p>		
<p>PLANO: CUENCA COLECTORA DE CHOCAYHUA</p>		
<p>TITULO: "ESTUDIO GEOLOGICO, GEOTECNICO PARA LA DISTRIBUCION DE LA PRESION (CHOCAYHUA DEL DISTRITO DE QUECHUA-CANAS-CUSCO 2022)"</p>		
DEPARTAMENTO: CUSCO	DATE: 18 S. WGS 84	LAMINA:
PROVINCIA: CANAS	ELABORADO: MSc. Moisés Carlos Chuca	<p>P-11</p>
DISTRITO: QUECHUA	MSc. Michael Walter Garcia Venencia	
COMUNIDAD: CHOCAYHUA	Autor: MSc. Ronald Luis Lopez Lopez FECHA: Enero 2023 ESCALA: 1:7.500	

MAPA DE CAPACIDAD DE EMBALSE DE LA PRESA CHOQAYHUA



N°	Elevación (msnm)	Área		Vol. Parcial (m ³)	Vol. Acumulado (m ³)	Altura de la Presa (m)
		(m ²)	(ha)			
0	4210	55.74	0.0281	0	0	0
1	4211	251.25	0.0281	170	170	0.00017
2	4212	737.38	0.0737	509.32	679.32	0.00067932
3	4213	1019.54	0.1920	1328.46	2007.78	0.00200778
4	4214	3222.95	0.3223	2571.245	4579.025	0.00457903
5	4215	4415.93	0.4416	3819.44	8398.465	0.00839847
6	4216	5513.77	0.5514	4964.85	13363.315	0.01336332
7	4217	6703.91	0.6704	6108.84	19472.155	0.01947216
8	4218	7950	0.7850	7276.955	26749.11	0.02674911
9	4219	9076	0.9076	8463	35212.11	0.03521211
10	4220	10030.59	1.0331	9703.295	44915.405	0.04491541
11	4221	11697.64	1.1698	11014.115	55929.52	0.05592952
12	4222	13093.45	1.3093	12395.45	68325.08	0.06832508
13	4223	14564.69	1.4565	13829.085	82154.165	0.08215417
14	4224	16153.02	1.6154	15364.305	97518.47	0.09751847
15	4225	17968.31	1.7968	17068.115	114586.585	0.11458659
16	4226	20320.15	2.0320	19142.23	133728.815	0.13372882
17	4227	22973.1	2.2973	21645.625	155374.44	0.15537444
18	4228	26179.75	2.6180	24576.425	179950.865	0.17995087
19	4229	30805.57	3.0806	28402.68	208453.545	0.20845355
20	4230	35821.99	3.5522	33163.78	241617.325	0.24161733
21	4231	39944.1	3.9944	37733.045	279350.37	0.27935038
22	4232	44351.49	4.4351	42162.79	321513.16	0.32151317

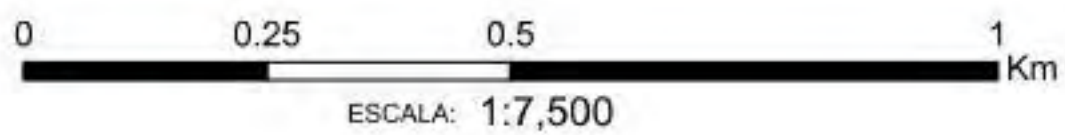
LEYENDA

- EMBALSE CHOQAYHUA
- PRESA CHOQAYHUA

Simbología

- Desfogue
- Curvas Nivel 10m
- Drenaje
- cuenca

Proyección: UTM WGS 1984 Zona 19s
 Datum horizontal: Sistema Geodesico mundial (WGS 84)
 Datum Vertical: Nivel medio del Mar
 Amplitud de curvas: Indicadas



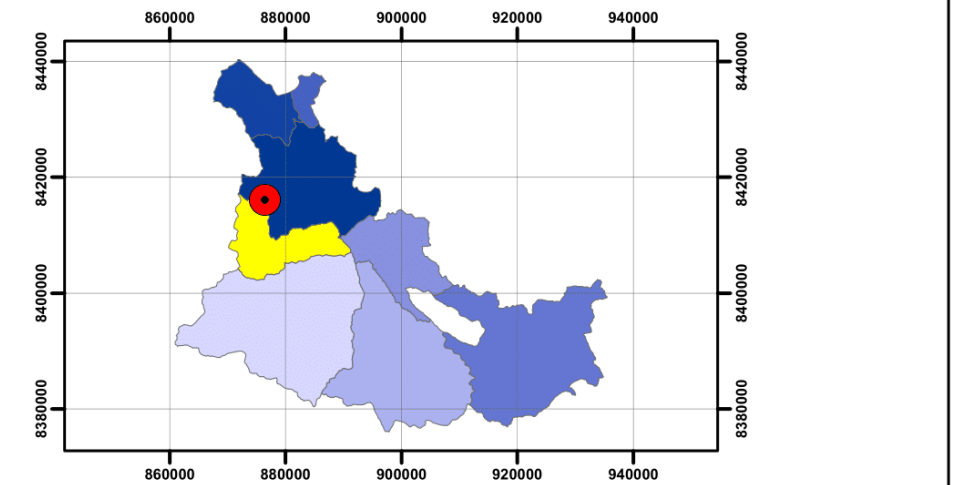
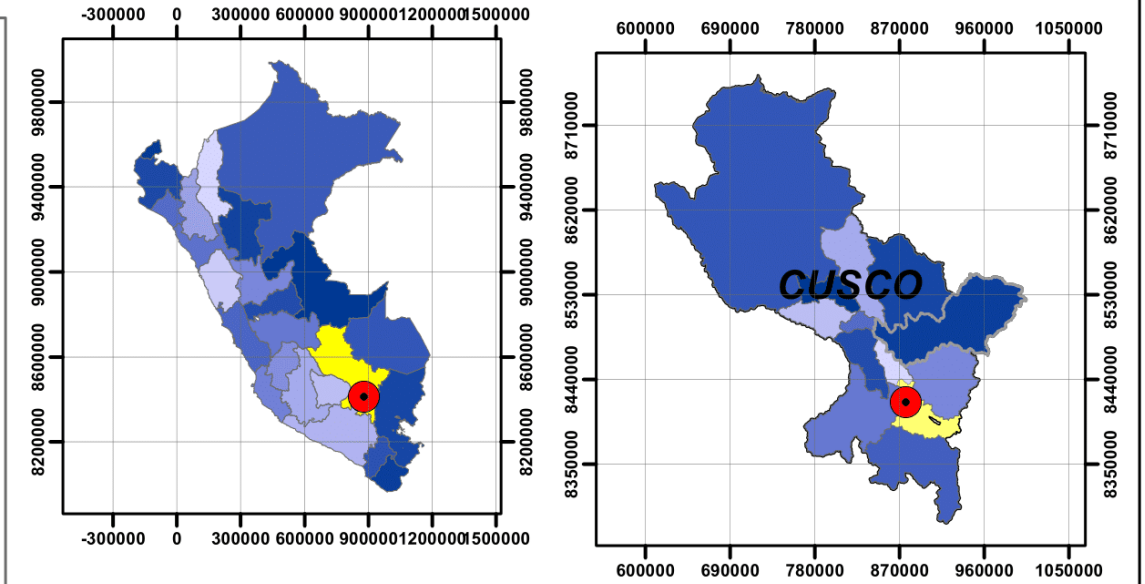
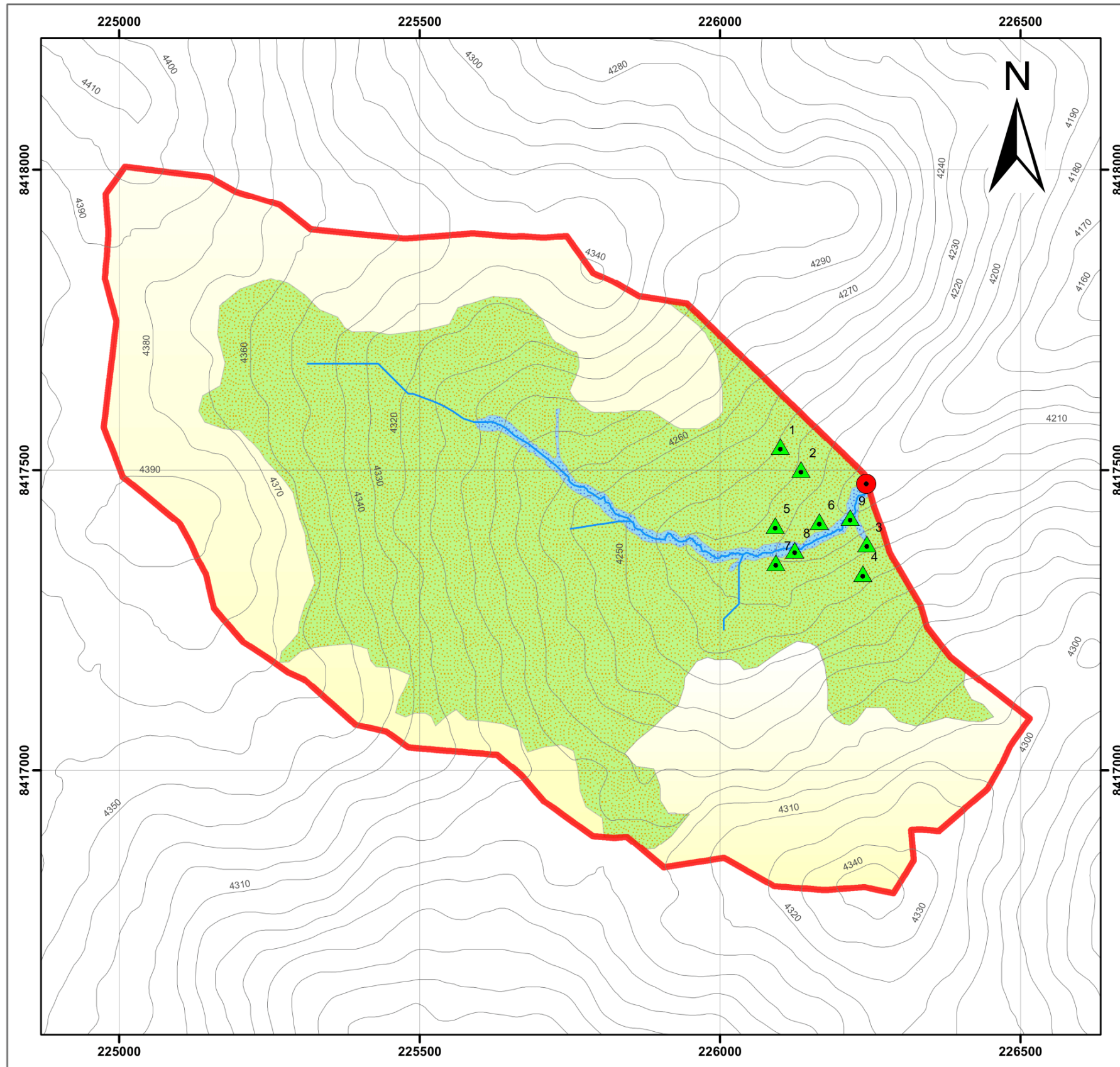
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
 FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA

PLANO: MAPA DE CAPACIDAD DE EMBALSE DE LA PRESA CHOQAYHUA

TITULO: ESTUDIO GEOLOGICO, GEOTECNICO PARA LA CONSTRUCCION DE LA PRESA CHOQAYHUA DEL DISTRITO DE QUEHUE-CANAS-QUECUI

DEPARTAMENTO: CUSCO	DATUM: 19 S WGS 84	LAMINA:
PROVINCIA: CANAS	ELABORADO: RICA, WILSONY, CARLOS, EDUARDO, ROY, WILSON, MANUEL, DAVID, MARCELO	P-12
DISTRITO: QUEHUE	Autor: Mg. Ronald Luis Lopez Zegarra	
COMUNIDAD: CHOQAYHUA	FECHA: Enero 2023	ESCALA: 1:7,500

MAPA HIDROGEOLOGICO DE LA MICROCUENCA DE CHOCAYHUA



Leyenda

Hidrogeologia

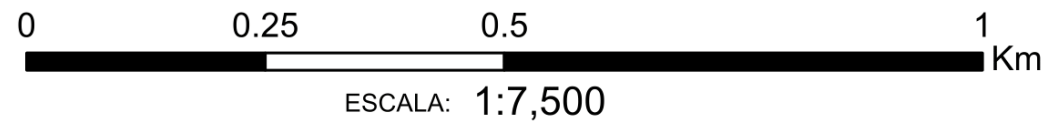
Unidades Hidrogeologicas

- Acuifero de Deposito Fluvioaluvial
- Acuitardo de Deposito Fluvioglaciario
- Acuitardo en Roca Volcanica

Simbologia

- Permeabilidad_K
- Desfogue
- Curvas Nivel 10m
- Drenaje
- cuenca

Proyeccion: UTM WGS 1984 Zona 19s
 Datum horizontal: Sistema Geodesico mundial (WGS 84)
 Datum Vertical: Nivel medio del Mar
 Amplitud de curvas: Indicadas



<p>UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA</p>		
PLANO: MAPA GEODINAMICA EXTERNA DE LA MICROCUENCA DE CHOCAYHUA		
TESIS: "ESTUDIO GEOLOGICO, GEOTECNICO PARA LA COSTRUCCION DE LA PRESA CHOCAYHUA DEL DISTRITO DE QUEHUE- CANAS- CUSCO 2022"		
DEPARTAMENTO: CUSCO	DATUM: 19 S WGS 84	LAMINA:
PROVINCIA: CANAS	ELABORADO: Bch. Rosmary Carlos Chuma Bch. Michael Manuel Garcia Mendoza	P-13
DISTRITO: QUEHUE	Asesor: Mgt. Ronald Luis Lopez Zapana	
COMUNIDAD: CHOQAYHUA	FECHA: Enero 2023	ESCALA: 1:7,500



Capítulo VI GEODINAMICA

5.5. Generalidades

Según su ubicación geográfica nuestro país se encuentra como parte del cinturón del fuego del pacifico teniendo en la costa el límite convergente de las placas de Nazca y sudamericana conformando la subducción, estos procesos son causantes de la actividad sísmica, volcánica y la geodinámica externa (Movimientos de masa).

El clima es un factor desencadenante con sus variaciones respecto a las precipitaciones, temperaturas, altitud y humedad generando fenómenos de transporte como deslizamientos, huaycos, aluviones, escorrentía superficial y otros, factores como precipitación temperatura fueron caracterizadas en capítulos de esta tesis.

Los fenómenos climáticos como “El Niño”, se produce un calentamiento de las aguas de la costa originando un cambio en la atmosfera y generando precipitaciones fuertes sujetas a inundaciones, deslizamientos, huaycos, etc.

Las características litológicas del substrato rocoso tienen diferentes comportamientos frente a los agentes erosivos que generan la desestabilización de los taludes originando los desprendimientos de rocas (caída de bloques), remociones masivas, derrumbes, reptación de suelos. Mientras los factores estructurales como la frecuencia, densidad y orientación geométrica de las discontinuidades como fracturas, fallas y estratificación, cuyos rumbos y buzamientos condicionan la formación de cuñas y bloques inestables los que causan los desprendimientos de rocas (caída de bloques) y derrumbes.



En este capítulo se caracteriza la zona de estudio la geodinámica que debe ser considerado al momento de analizar las caracterizaciones para la construcción de la presa Chocayhua, sin embargo, presenta poca actividad geodinámica externa.

5.6. Geodinámica interna

El Perú forma parte de esta región y su actividad sísmica más importante está asociada al proceso de subducción de la Placa Oceánica de Nazca bajo la Placa Continental Sudamericana a lo largo de la Costa del Perú, la cual produce reajustes corticales generando terremotos de magnitud elevada con relativa frecuencia. Un segundo tipo de actividad sísmica está producida por las deformaciones corticales presentes a lo largo de la Cordillera Andina, con terremotos menores en magnitud y frecuencia. De tal manera para toda obra civil es necesario relacionar la actividad sísmica de nuestro país con la construcción de cualquier obra de ingeniería.

Dentro del contexto sismo tectónico mundial, el Perú se encuentra ubicado en lo que se denomina “El Cinturón de Fuego Circumpacífico”, que es el ámbito territorial mundial donde se originan alrededor del 80% de los sismos del mundo. La geodinámica interna intraplaca está asociada a eventos sísmicos y al levantamiento actual generalizado de los Andes, asimismo la íntima relación con los fallamientos cuaternarios activos, hace que la frecuencia sísmica sea relativamente alta.

La región Cusco se encuentra en una zona considerada de alta sismicidad, Zona II a nivel Nacional y ha registrado 02 terremotos devastadores en su historia. La amenaza de terremotos en nuestro territorio, lo somete a un factor externo que es el “riesgo sísmico”, por lo que los daños consecuentes en relación directa con la magnitud del evento (peligro natural de origen sísmológico) y la capacidad de respuesta de las estructuras, llámese de infraestructura o edificaciones en general (Vulnerabilidad) a los diferentes valores de aceleración a las que están



sometidas cuando ocurre un sismo. El mayor conocimiento de los eventos sísmicos (epicentros y atenuaciones en su propagación), permitirá planificar obras que enfrenten las consecuencias sísmicas con éxito. Fuente: IGP – INDECI

Las condiciones geológicas locales de cada zona juegan un papel importante para atenuar o incrementar las aceleraciones sísmicas, en consecuencia, los efectos sobre las obras.

6.2.1 Sismicidad Histórica

Dentro de la sismicidad histórica de acuerdo a la monografía, Geodinámica, Sismicidad y Energía Sísmica en Perú de Isabel Bernal Hernando Tabera, publicado en el año 2002, ofrece una descripción histórica de los sismos, el cual se detalla a continuación:

En la imagen, se muestra la localización y los parámetros hipocentrales de los sismos históricos ocurridos en Perú entre 1500 y 1959 ($M_s \geq 6.0$), los mismos que han generado intensidades mayores a VII en la escala Mercalli Modificada (Silgado, 1978; Dorbath et al 1990). En esta figura se observa que los sismos históricos se distribuyen principalmente entre la línea de fosa y la costa, localizándose en mayor número en la región Centro y Sur de Perú debido probablemente a que estas regiones eran las más pobladas y donde se constituyeron las ciudades más importantes después del siglo XVI. La mayoría de estos sismos produjeron tsunamis con olas de diferentes alturas.



Figura 76: Mapa de sismicidad para el Perú, periodo 1960 al 2012

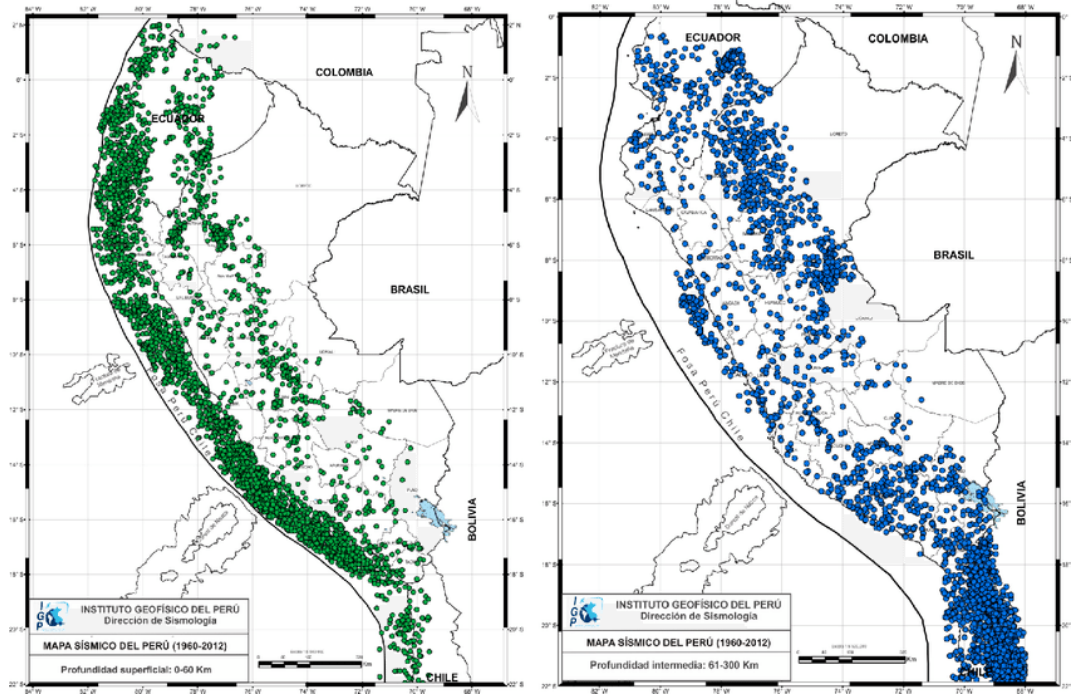


Tabla 54: Tabla de terremotos con más intensidad en Perú desde 1969

Fecha	Lugar	Profundidad (kilómetros)	Magnitud (Mw)	Intesidad (en escala de Mercalli)
2019-05-26	Loreto	109.88	8	VIII
2017-04-18	Loreto	14	5.9	VIII
2013-09-25	Arequipa	40	7.1	VIII
2011-10-28	cerca de la costa central de Perú (Ica)	24	6.9	VIII
2007-08-15	cerca de la costa central de Perú (Ica)	39	8	VIII
2001-06-23	cerca de la costa del sur del Perú (Arequipa)	33	8.4	IX
1995-10-02	cerca de la frontera Perú-Ecuador	24.4	7	VIII
1991-04-04	San Martín	19.8	7.1	VIII
1974-10-03	cerca de la costa central de Perú (Lima)	13	7.6	VIII
1970-12-09	Tumbes	25	7.2	VIII
1970-05-31	Ancash	45	7.9	IX
1966-10-17	cerca de la costa central de Perú (Lima)	40	8.1	IX
1960-11-20	cerca de la costa del norte de Perú (Ancash)	15	7.6	IX
1960-01-15	cerca de la costa del sur de Perú (Nazca)	65	7.1	VIII



6.2.2. Sismicidad Instrumental.

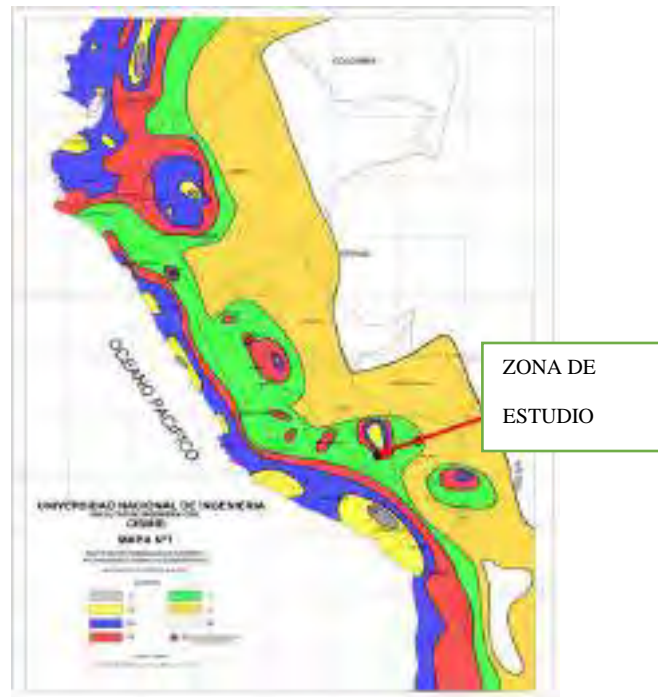
Dentro de la sismicidad instrumental los estudios recientes realizados por Tavera y Buforn (2001), Bernal et al (2001) y Bernal (2002), utilizando datos telesismicos para el periodo 1964-1996 con $m_b \geq 5.0$, han permitido concluir que la distribución espacial de los sismos en el Perú es por demás compleja; sin embargo, ha sido posible identificar la ubicación de las principales fuentes sismogénicas. Así, los sismos con foco superficial ($h \leq 60$ km) han sido agrupados en dos fuentes. La primera se ubica entre la fosa y la línea de costa y la segunda, en el interior del continente paralela a la Cordillera Andina, siendo ambas las causantes de los sismos de mayor magnitud que ocurren en Perú. Los sismos con foco intermedio ($60 > h \leq 300$ km) se agrupan en tres fuentes, una ubicada paralela a la línea de costa por debajo de los 9° Sur, otra en la zona Subandina de la región Norte y la tercera sobre toda la región Sur, siendo esta última la que agrupa a un mayor número de sismos. Los sismos con foco profundo ($h > 300$ km) se agrupan en dos fuentes, una se ubica en el límite de Perú con Brasil y la segunda entre Perú y Bolivia.

5.6.3. Intensidad Sísmica

De acuerdo al Mapa de Distribuciones de Máximas Intensidades Sísmicas observadas en el Perú (Alva Et Al-1984), en la zona de estudio se pueden producir sismos con intensidad Máxima de VII grados en la Escala Modificada de Mercalli, Intensidad que debe ser considerada en el cálculo del diseño estructural.



Figura 77: Mapa de Distribuciones de Máximas Intensidades Sísmicas observadas en el Perú



Fuente: IGP

5.6.4. Sismicidad del área de estudio

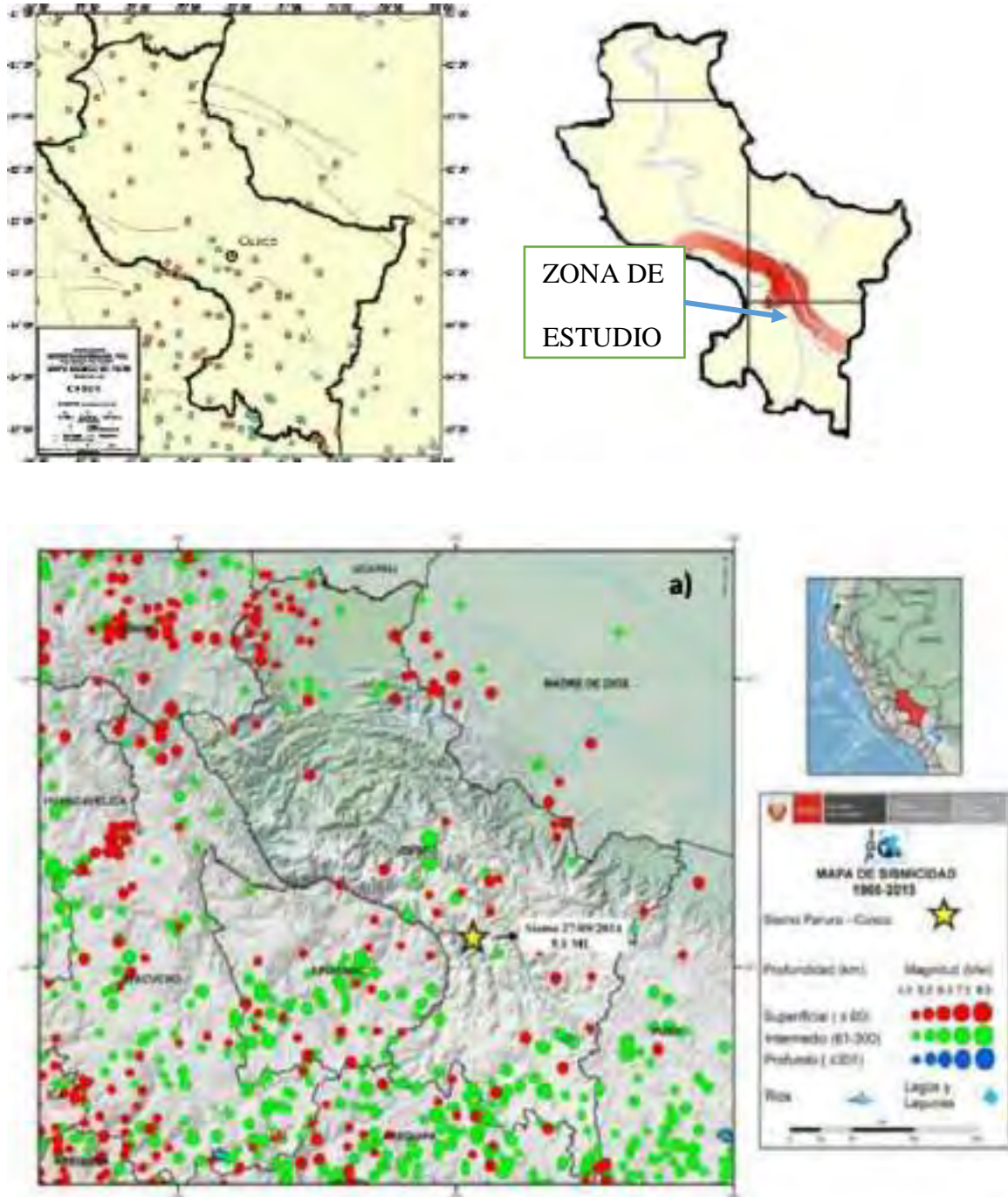
La sismicidad describe la calidad o característica sísmica de una zona y se expresa en el número de sismos por unidad de área o volumen y por unidad de tiempo, el modo de ocurrencia y sus efectos en la superficie. Las fallas que se originan por la geodinámica interna en la zona de estudio tienen una orientación principalmente NW-SE, con fallas tensionales con dirección NE-SW. La siguiente figura nos indica lo siguiente:

Izquierda: Mapa sísmico del Perú donde se aprecia el departamento del Cusco con las zonas que son más propensas a sufrir los embates sísmicos dependiendo a su profundidad. Fuente: IGP.

Derecha: Mapa de Zonas de Mayor Concentración de Sismos Superficiales (color rojo) de la Región Cusco, Fuente: IGP – INDECI



Figura 78: Mapa sísmico del Perú y Mapa de Zonas de Mayor Concentración de Sismos Superficiales para el departamento de Cusco. Fuente: Indeci



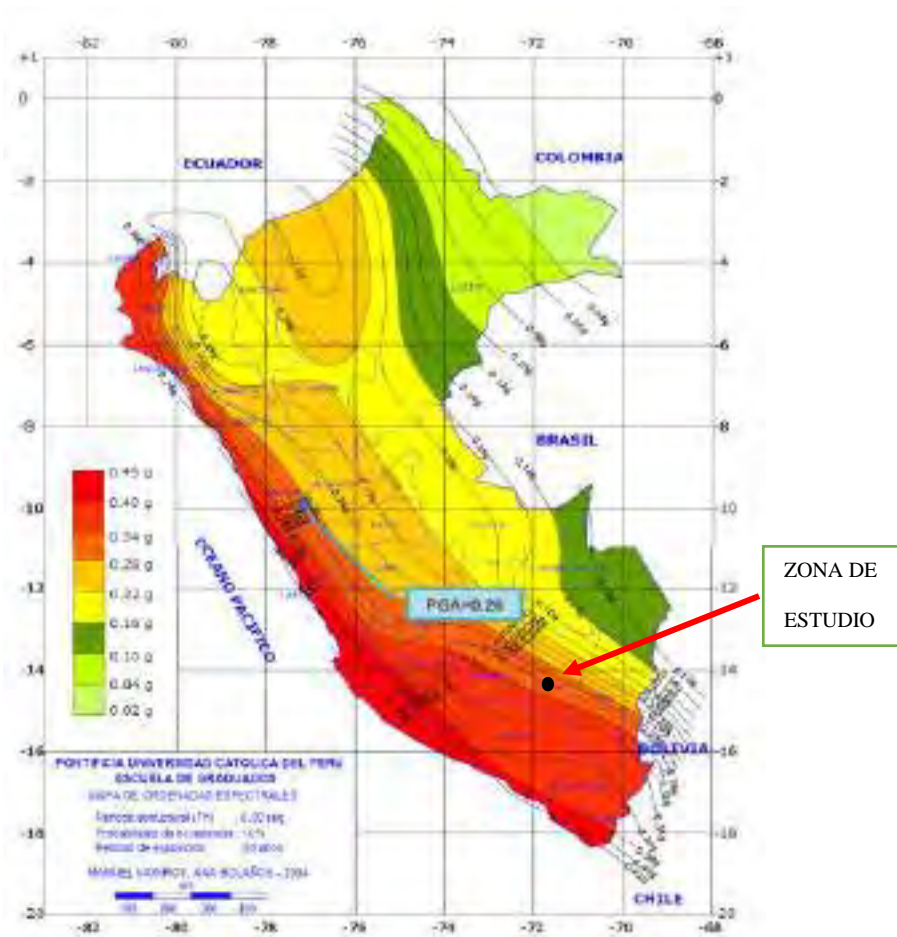


Según el mapa de Distribución de Máximas Intensidades Sísmicas según CISMID, (proyecto SISRA-CERESIS) que representa las intensidades máximas por medio de isosistas en la escala de Mercalli modificada, incluyendo eventos históricos de importancia ocurridos en el Perú hasta el 31 de diciembre de 2001.

5.6.5. Aceleración Sísmica

Para la zona en estudio se puede observar una aceleración sísmica de 0.25g correspondiente a un periodo de exposición de 50 años y una probabilidad de excedencia de 10% como se muestra en el mapa de isoaceleraciones de la siguiente imagen.

Figura 79: Mapa de isoaceleraciones del Perú (Fuente: IGP)





El riesgo sísmico está basado en datos sísmicos instrumentales, datos sísmicos históricos, registros de movimientos fuertes, datos geotécnicos y geofísicos, los que usando el modelo probabilístico de Poisson han sido procesados para obtener la aceleración, velocidad y desplazamiento máximos esperados para periodos de retorno de 30, 50 y 100 años. Esta información se encuentra en mapas con curvas que abarcan los departamentos de Cusco y Puno. Los parámetros correspondientes a la ubicación del proyecto son:

Tabla 55: Aceleración Sísmica y su periodo de retorno

Periodo de retorno (años)	Aceleración			Velocidad			Desplazamiento		
	30	50	100	30	50	100	30	50	100
Parámetros	0.137	0.165	0.210	5.8	7.00	9.50	2.05	2.40	3.30

Según la Norma Técnica E30 y sus modificaciones (Ministerio de vivienda, 2016) Diseño sismo resistente del Reglamento Nacional de Edificaciones, el área de estudio se encuentra en la zona dos (color verde), por tanto, el factor de zona “Z” que corresponde a la zona de estudio es de 0.25g.

Figura 80: Ubicación de la zona de estudio en las zonas sísmicas del Peru



Fuente: RNE E.030 (Ministerio de vivienda, 2016) Diseño Sismo resistente



De acuerdo a la clasificación en la norma E30 se tiene los factores sísmicos como se muestra a continuación:

Tabla 56: Factores sísmicos de suelo según RNE E.030(SENCCO, 2019).

Suelo	S0	S1	S2	S3
Zona 4	0.80	1.05	1.05	1.10
Zona 3	0.80	1.15	1.15	1.20
Zona 2	0.80	1.20	1.20	1.40
Zona 1	0.80	1.60	1.60	2.00
Tp	0.3	0.4	0.6	1.0
Tl	3.0	2.5	2.0	1.6

El tipo de perfil del suelo se determina según las propiedades del suelo en los 30 m superiores por debajo del nivel de la cimentación.

Se tiene un factor de suelo: $S=1.20$ con un periodo mínimo $T_p = 0.6$ s y un periodo máximo de $T_l=2.0$ s. en un suelo de tipo S2.

5.7. Geodinámica externa

Dentro de la zona de estudio la ocurrencia de los fenómenos de geodinámica externa está condicionada principalmente por dos factores los condicionantes y desencadenantes ambos de suma importancia dentro de los factores condicionantes consideramos la litología, estructuras geológicas(fallas), geomorfología, hidrología, hidrogeología y como factor desencadenante principalmente la precipitación y la sismicidad las cuales tendrán incidencia principalmente sobre los factores condicionantes que determinaran finalmente la construcción de la presa y velar por su seguridad física

Las unidades morfológicas de la zona, su litología y los agentes geodinámicos juegan un papel importante en la geodinámica externa de la zona de estudio. Las quebradas y ríos de la cuenca



son juveniles en su mayoría, por lo tanto, erosivos a moderadamente erosivos, al presentar perfiles longitudinales de pendiente moderada, fuerte a muy fuerte y que han labrado su cauce sobre depósito fluvio glaciar y rocas volcánicas de las formaciones del grupo Barroso.

En el Plano Geodinámico de la Cuenca se han mapeado los fenómenos detectados e identificados en campo, observando claramente que estos procesos se han generado mayormente en laderas de pendiente moderadamente alta a muy alta y a lo largo de las márgenes de los cauces del río.

Se caracterizó según la publicación de Movimientos En Masa En La Región Andina: Una Guía Para La Evaluación De Amenazas (PMA: GCA , 2007) de donde se encuentran los siguientes procesos:

5.7.1. Fenómenos y Eventos Observados

5.7.1.1.1. Cárcavas

Una cárcava es un canal natural o incisión causado por un flujo de agua concentrado, a través del cual fluye la escorrentía durante o inmediatamente después de un evento intenso de lluvia (SCSA, 1982). Estos fenómenos se desarrollan a lo largo de las quebradas, desarrolladas por la intensa escorrentía de aguas pluviales las que producen una erosión fuerte, formando depresiones retrogresivas este fenómeno se activa en el periodo de precipitaciones pluviales, relacionado al intenso fracturamiento, meteorización de la roca y a la pendiente fuerte de la ladera, por lo general el material acarreado se deposita en la parte baja de las laderas donde llegan a cambiar bruscamente de pendiente, depositándose a manera de conos aluviales continuos.

La zona más afectada por este fenómeno es la ladera ubicada al Nor-oeste y oeste del eje de la presa, se aprecia la presencia de un sistema de cárcavas que discurren en forma paralela, las cuales fueron generadas por la acción erosiva de las aguas pluviales sobre la ladera de alta



pendiente conformada por suelos fluvio-glaciares, morrénicos y rocas alteradas de baja resistencia, de tal manera se recomienda realizar el estudio de estabilidad de taludes que evalúe el comportamiento del talud cuando la presa entre en funcionamiento.

Figura 81: Se aprecian los sistemas de cárcavas en la ladera Nor-oeste del vaso de la presa



5.7.1.1.2. Erosión de las Riberas

La acción erosiva de un río se debe a la energía del agua. Es capaz de arrancar trozos de roca que, al ser arrastrados por la corriente, actúan como un martillo sobre el cauce del río, desprendiendo nuevos fragmentos. La acción erosiva de los ríos y quebradas que discurren sobre zonas de moderada a pendiente alta producen socavación lateral y de fondo sobre la ribera del río dando lugar a la formación de derrumbes continuos. Las quebradas y ríos de la cuenca son juveniles en su mayoría, por lo tanto, erosivos y que han labrado su cauce sobre depósito fluvio-glaciario y rocas volcánicas de las formaciones del grupo Barroso de tal forma que los fenómenos que se intensifican se dan en el periodo de precipitaciones pluviales intensas y que incrementan el caudal de los riachuelos con caudales extraordinarios de la zona de estudio.



Figura 82: Cauce erosivo del rio Chocayhua véase los derrumbes que se producen por socavación en la rivera.



5.7.1.1.3. Volcamientos y caídas de rocas

Son un tipo de movimientos de masa en el que uno o varios bloques de suelo o roca se desprenden de una ladera, sin que a lo largo de esta superficie ocurra desplazamiento cortante apreciable y volcamiento cuando hay una rotación generalmente hacia adelante de uno o varios bloques de roca o suelo, alrededor de un punto o pivote de giro en su parte inferior. (Cruden & Varnes, 1996). Suele tratarse de rocas que caen por una ladera, debido a la pérdida de estabilidad. Los desprendimientos de roca son caídas libres muy rápidas de bloques o masas rocosas independizadas por planos de discontinuidad preexistentes (tectónicos, superficies de estratificación, grietas a favor de la pendiente, intemperismo, deglaciación, sobresaturación etc), estos fenomenos son frecuentes en laderas de zonas montañosas escarpadas, acantilados, en general en paredes rocosas con pendientes casi verticales, los depósitos en el pie de ladera tienen forma de cono o abanico.



Figura 83: Vista de los desprendimientos de roca y derrumbes antiguos de las laderas volcanicas del grupo Barroso.



5.7.1.1.4. Deslizamientos

Es un movimiento en dirección de ladera debajo de una masa de suelo o roca en donde el deslizamiento se produce a lo largo de una superficie de falla donde se produce una deformación cortante, según (Cruden & Varnes, 1996), se clasifica en deslizamientos rotacionales y traslacionales, asimismo los deslizamientos pueden tener superficies de rotura más complejos como es la combinación entre planares y curvos conocidos como compuestos (Hutchinson, 1988). Por las bajas pendientes se observaron pocos fenómenos de este tipo, mayormente deslizamientos antiguos ya estabilizados, asimismo por la presencia de ichus no sufren erosión o cárcavas donde se observaron estos deslizamientos.

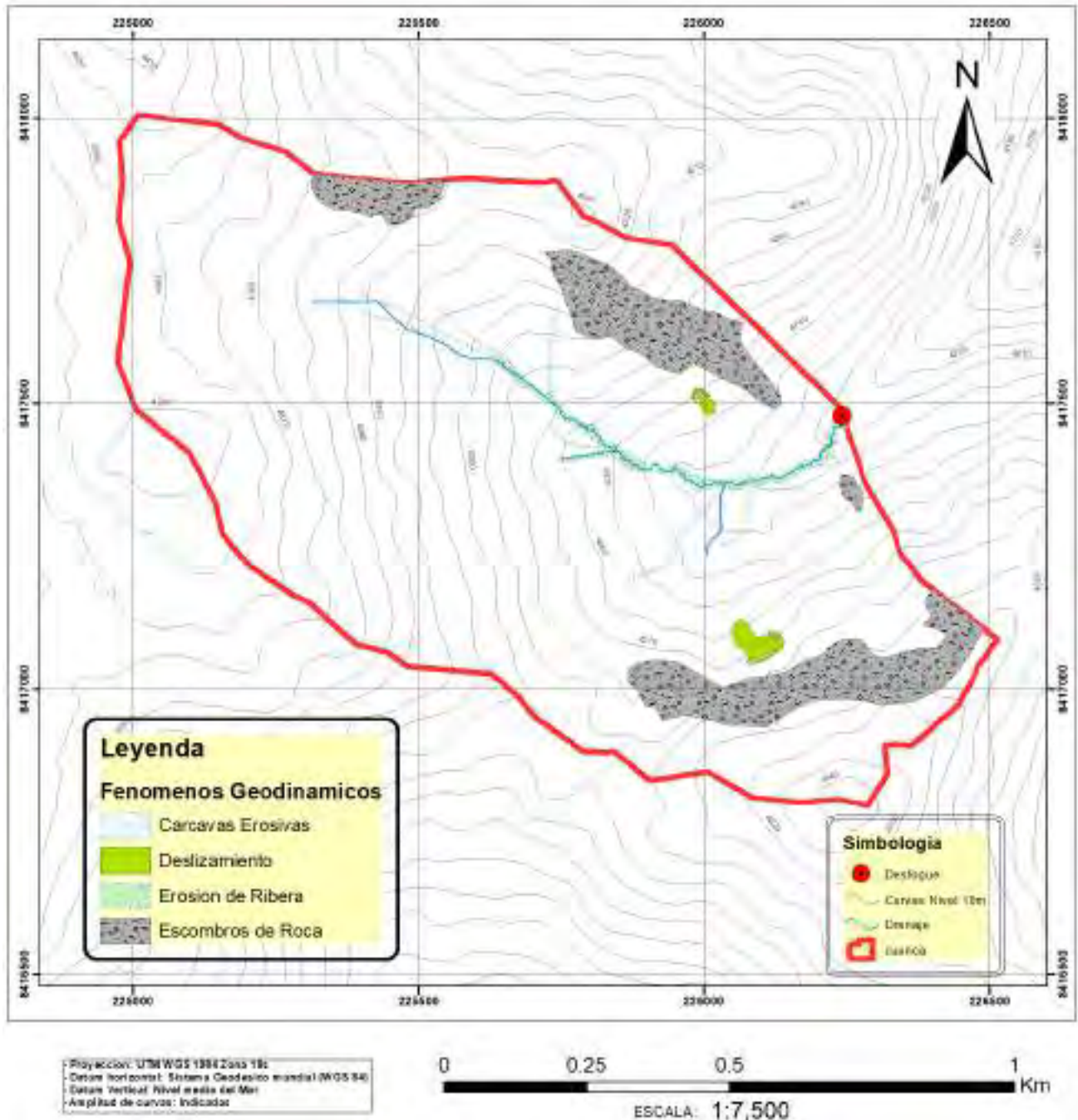
Figura 84: Zona de deslizamientos antiguos estabilizados



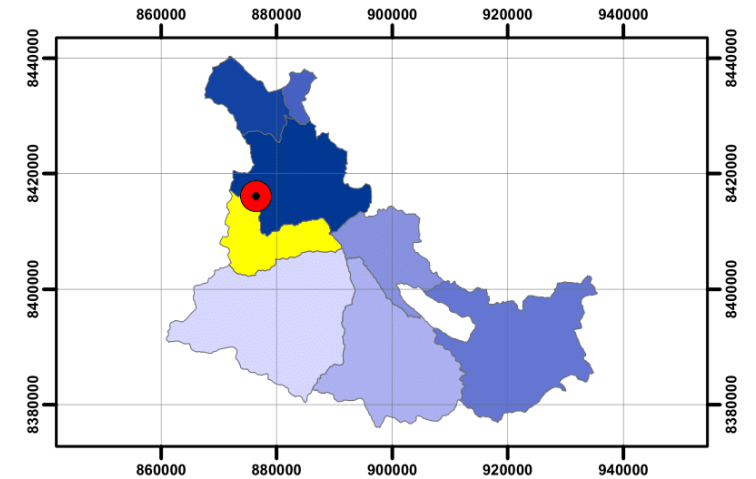
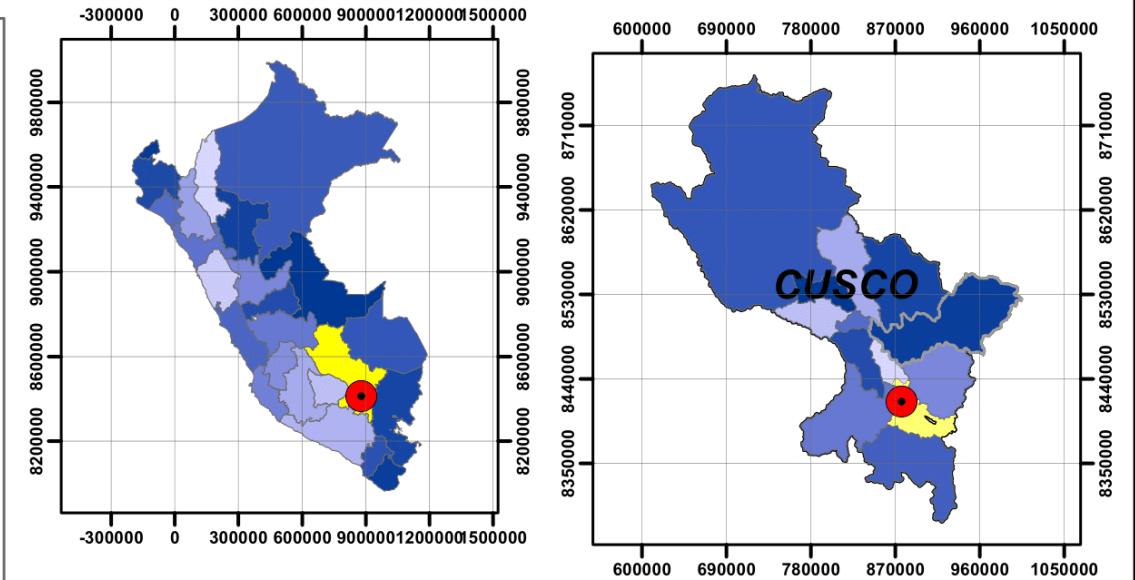
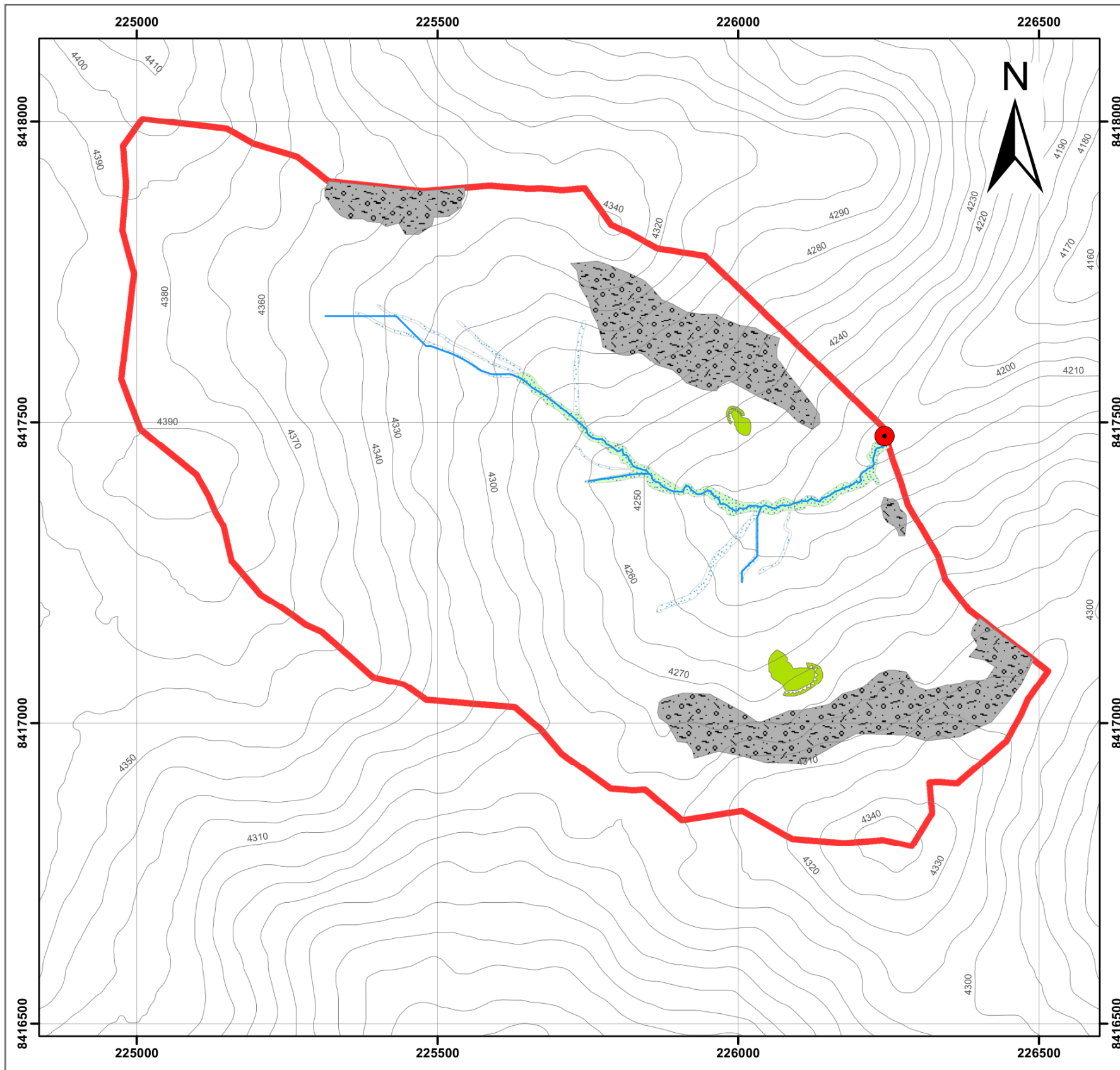


Este capítulo describió la geodinámica interna y externa identificándose poca presencia de fenómenos geodinámicos externos que puedan comprometer en la construcción y estanqueidad de la presa como se observa en el mapa geodinámico.

Figura 85: Mapa de Geodinámica Externa de la Microcuenca de Chocayhua



MAPA GEODINAMICA EXTERNA DE LA MICROCUENCA DE CHOCAYHUA



Leyenda

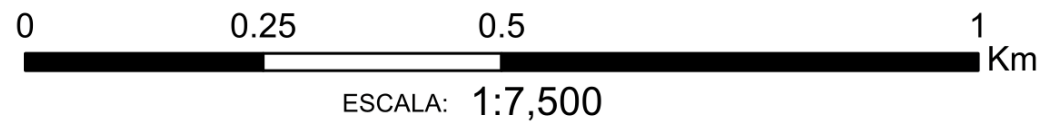
Fenomenos Geodinamicos


- Carcavas Erosivas
- Deslizamiento
- Erosion de Ribera
- Escombros de Roca

Simbologia

- Desfogue
- Curvas Nivel 10m
- Drenaje
- cuenca

Proyeccion: UTM WGS 1984 Zona 19s
 Datum horizontal: Sistema Geodesico mundial (WGS 84)
 Datum Vertical: Nivel medio del Mar
 Amplitud de curvas: Indicadas



 UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA		
PLANO: MAPA GEODINAMICA EXTERNA DE LA MICROCUENCA DE CHOCAYHUA		
TESIS: "ESTUDIO GEOLOGICO, GEOTECNICO PARA LA COSTRUCCION DE LA PRESA CHOCAYHUA DEL DISTRITO DE QUEHUE- CANAS- CUSCO 2022"		
DEPARTAMENTO: CUSCO	DATUM: 19 S WGS 84	LAMINA:
PROVINCIA: CANAS	ELABORADO: Bch. Rosmary Carlos Chuma Bch. Michael Manuel Garcia Mendoza	P-14
DISTRITO: QUEHUE	Asesor: Mgt. Ronald Luis Lopez Zapana	
COMUNIDAD: CHOQAYHUA	FECHA: Enero 2023	ESCALA: 1:7,500



Capítulo VII GEOFISICA

6.1. Generalidades

El ensayo de refracción sísmica es un método de exploración geofísica que permite determinar la estratigrafía del subsuelo en forma indirecta, basándose en el cambio de las propiedades dinámicas de los materiales que lo conforman. Este método consiste en la medición de los tiempos de viaje de las ondas de compresión (Ondas P) generadas por una fuente de energía impulsiva a unos puntos localizados a distancias predeterminadas a lo largo de un eje sobre la superficie del terreno. El ensayo MASW o Análisis de Ondas Superficiales en Arreglo Multicanal es un método que consiste en la interpretación de las ondas superficiales (Ondas Rayleigh) de un registro en arreglo multicanal, generadas por una fuente de energía impulsiva en puntos localizados a distancias predeterminadas a lo largo de un eje sobre la superficie del terreno, obteniéndose el perfil de velocidades de ondas de corte (Vs) para el punto central de dicha línea. El método MASW, permite obtener perfiles de ondas S hasta profundidades promedio de 25 m a 30 m.

6.1.1. Instrumentos para el levantamiento geofísico

6.1.1.1. *Equipo empleado*

- 01 Sismógrafo Digital de 24 canales; Marca Dolang Italia.
- Fuente de energía: mecánica-martillo, Comba de 25 libras.
- 02 cables sísmicos de 12 canales con espaciamiento de 2 metros entre geófonos.
- 24 Geófonos de 4.5 Hz.
- Software de procesamiento seisimager.
- Máxima extensión de línea: 60 m
- Cable poder de 12 V.
- Cable interface sismógrafo a laptop (Asus).



- Placa metálica circular de 20x20 cm.
- 01 caja de herramientas.
- Equipo de protección personal (guantes, chaleco, casco y zapatos de protección).

6.1.1.2. *Parámetros de adquisición*

Para la toma de datos se considera los siguientes parámetros:

Tabla 57. *Especificaciones técnicas de sismografo*

PARAMETRO	DESCRIPCION
Mediciones	t, Tiempo de Arribo de P
Arreglo de geófonos	24 unidades
Intervalo entre geófonos	3 m
Filtros	No se utilizó
Intervalo de muestreo	0.250 milisegundos
Fuente de Tiro	Percutor sísmico.
Formato de Grabación	archivos *.seg2y

Figura 86: Sismógrafo Dolang utilizado en el estudio



6.1.2. Normas técnicas

Las normas y códigos de aplicación en el presente proyecto son las siguientes:

- E030: Norma sismoresistente peruana 2018



- ASTM D 5777-95: Ensayo de refracción sísmica

6.1.3. Procedimiento de trabajo de campo

El procedimiento de campo está dado por los siguientes procesos, y es el mismo para los métodos aplicados:

- **Reconocimiento de la Zona de Estudio.** Consistió en hacer un análisis visual de las características del terreno, evaluando la accesibilidad y los riesgos/peligros que puedan suscitarse. El resultado de este proceso es mejorar y hasta replantear la ubicación y dirección de las líneas planteadas en el proyecto, sin causar alguna variación en los objetivos trazados. En este estudio las líneas sísmicas estuvieron distribuidas de la siguiente manera:
- **Instalación de Equipos y Cables.** Este proceso permite ubicar el equipo adecuado, según el número de tendidos previamente planificado. Asimismo, se procede a instalar los cables y los equipos de medición (geófonos de 4.5 Hz para la refracción) en campo. Cabe señalar que los puntos de adquisición podrán modificarse conforme se adquiere los datos con la intención de mejorar la adquisición y lograr la mejor adquisición de datos.
- **Toma de Datos.** El equipo (sismógrafo), geofísico de campo, define y califica los datos conforme se van adquiriendo, indicando repeticiones o cambio de fuentes de energía o posición del equipo, según sea conveniente o necesario para el levantamiento sobre superficie.
- **Finalización de Toma de Datos:** En este proceso, culminada todo los shots (refracción), el operador del equipo (Sismógrafo), comunica al personal el recojo de todos los equipos para la movilización a otro punto. Cabe señalar que al finalizar



el levantamiento el responsable de grupo verifica y visualiza la zona de trabajo con la intención de cerciorarse si todo el equipo fue recogido y si no hay restos contaminantes. Caso se presentará, el personal tiene la obligación y responsabilidad ambiental de mitigar el efecto.

Los criterios de análisis establecidos para la interpretación del presente estudio, fueron determinados según la experiencia de estudios efectuados por diversos autores y a los estándares nacionales de la ingeniería geotécnica mostradas en el marco teórico.

6.2. Interpretación de datos de campo

6.2.1. Refracción sísmica y MASW

Las tablas 58,60 indican la ubicación de sus coordenadas geográficas, y las tablas 59 y 61 la longitud de cada línea ejecutada en función a los requerimientos de la investigación y las tablas 67 y 68 nos muestran el resumen de la descripción de los ensayos de Refracción Sísmica, MASW y Sondajes Eléctrico Vertical. En el Anexo se muestran los registros de ondas sísmicas de los ensayos de Refracción, las Dromocrónicas y los Perfiles de cada línea.

Tabla 58:Coordenadas UTM – Ensayos Geofísicos – Refracción Sísmica

LÍNEA	PUNTO	ESTE (m)	NORTE (m)	COTA (m)
LS-01	Inicio	226190.00	8417390.00	4179
	Final	226236.00	8417455.00	4168
LS-02	Inicio	226174.00	8417457.00	4575
	Final	226232.00	8417396.00	4575



Tabla 59: Longitud - Refracción Sísmica

LÍNEA	LONGITUD TOTAL	TIPO DE ONDA
LS-01	92	ONDA P
LS-02	80.5	ONDA P
TOTAL	172.5	

6.2.1.1. Refracción Sísmica

a) Perfil Sísmico LS- 01

Este perfil está conformado por la línea sísmica LS-01 de 92 metros de longitud perpendicular al eje de la presa, el cual muestra la presencia de cuatro estratos sísmicos.

El primer estrato presenta valores de velocidad de ondas P (V_p) entre 0 m/s y 700 m/s, con un espesor variable de 1.0 m. a 3.2 m. Estratigráficamente está conformado por suelo granular rígido de menor densidad donde estarían conformados por clastos sub angulosos dispuestos caóticamente y envueltos en matrices generalmente limo arcillosa.

El segundo estrato presenta velocidades de propagación de ondas P (V_p) entre 700 m/s a 1500 m/s, con un espesor variable de 2.5 m. a 8.3 m. Dichas velocidades corresponderían estratigráficamente a un suelo granular denso a muy denso, donde estos depósitos estarían compuestos por fragmentos de gravas angulosas de diferentes dimensiones, dispuestos generalmente en una matriz areno-limo-arcillosa.

El tercer estrato presenta velocidades de propagación de ondas P (V_p) entre 1500 m/s a 3000 m/s, con un espesor variable de 3.3 m. a 9.0 m. Dichas velocidades corresponderían estratigráficamente de roca alterada a roca dura que serían de origen volcánico perteneciente al Grupo Barroso.



El cuarto estrato presenta velocidades de propagación de ondas P (V_p) entre 3000 m/s a 5000 m/s, con un espesor variable de 9.3 m. a 18.8 m. Dichas velocidades corresponderían estratigráficamente de roca volcánica dura a roca muy dura.

Figura 87: Registro de la data sísmica-01 en el vaso de la presa de Chocayhua.



b) Perfil Sísmico LS- 02

Este perfil está conformado por la línea sísmica LS- 02 de 80.5 metros de longitud en dirección del eje de la presa, el cual muestra la presencia de cuatro estratos sísmicos.

El primer estrato presenta valores de velocidad de ondas P (V_p) entre 0 m/s y 700 m/s, con un espesor variable de 0 m. a 1.3 m. Estratigráficamente está conformado por suelo granular rígido conformados por clastos sub angulosos dispuestos caóticamente y envueltos en matrices generalmente limo arcillosa.



El segundo estrato presenta velocidades de propagación de ondas P (V_p) entre 700 m/s a 1500 m/s, con un espesor variable de 1.0 m. a 2.9 m. Dichas velocidades corresponderían estratigráficamente a un suelo granular denso a muy denso donde estos depósitos estarían compuestos por fragmentos de gravas angulosas de diferentes dimensiones, dispuestos generalmente en una matriz areno-limo-arcillosa.

El tercer estrato presenta velocidades de propagación de ondas P (V_p) entre 1500 m/s a 3000 m/s, con un espesor variable de 2.1 m. a 10.7 m. Dichas velocidades corresponderían estratigráficamente a roca alterada que serían de origen volcánico perteneciente al Grupo Barroso.

El cuarto estrato presenta velocidades de propagación de ondas P (V_p) entre 3000 m/s a 5000 m/s, con un espesor variable de 4.9 m. a 16.3 m. Dichas velocidades corresponderían estratigráficamente de roca volcánica dura a roca muy dura.

Figura 88: Registro de la data sísmica- 02 en el eje de la presa de Chocayhua.

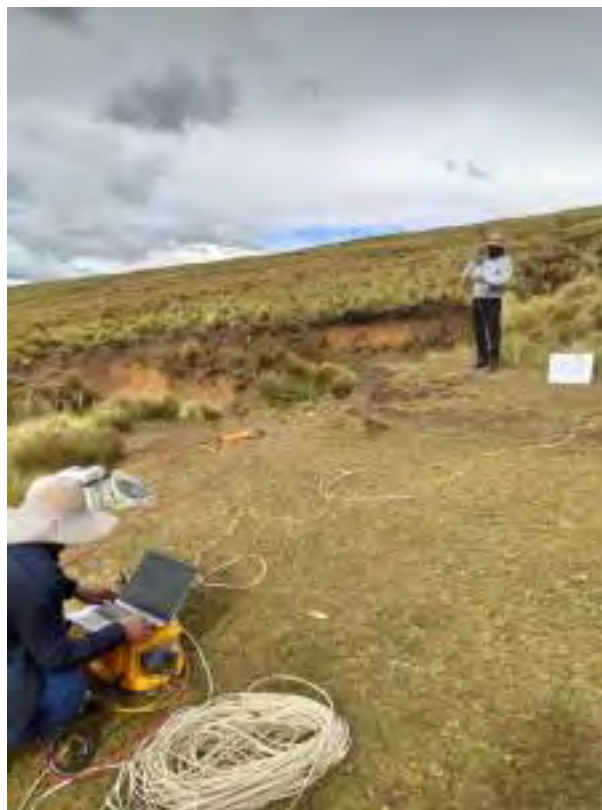




Tabla 60: Resumen de los Ensayos de Velocidades de Ondas P – Refracción Sísmica

Línea	Estrato	Vp(m/s)	Espesor(m)	Descripción
LS-01	01	0 - 700	1.0 – 3.2	Suelo granular fluvioglacial rígido
	02	700 - 1500	2.5 – 8.3	Suelo granular fluvioglacial denso a muy denso
	03	1500 - 3000	3.3 – 9.0	Roca Volcánica alterada a dura
	04	3000 - 5000	9.3 – 18.8	Roca Volcánica dura a muy dura
LS-02	01	0 - 700	0 – 1.3	Suelo granular fluvioglacial rígido
	02	700 - 1500	1.0 – 2.9	Suelo granular fluvioglacial denso a muy denso
	03	1500 - 3000	2.1 – 10.7	Roca Volcánica alterada a dura
	04	3000 - 5000	4.9 – 16.3	Roca Volcánica dura a muy dura



Figura 89: Perfil Sísmico LS- 01

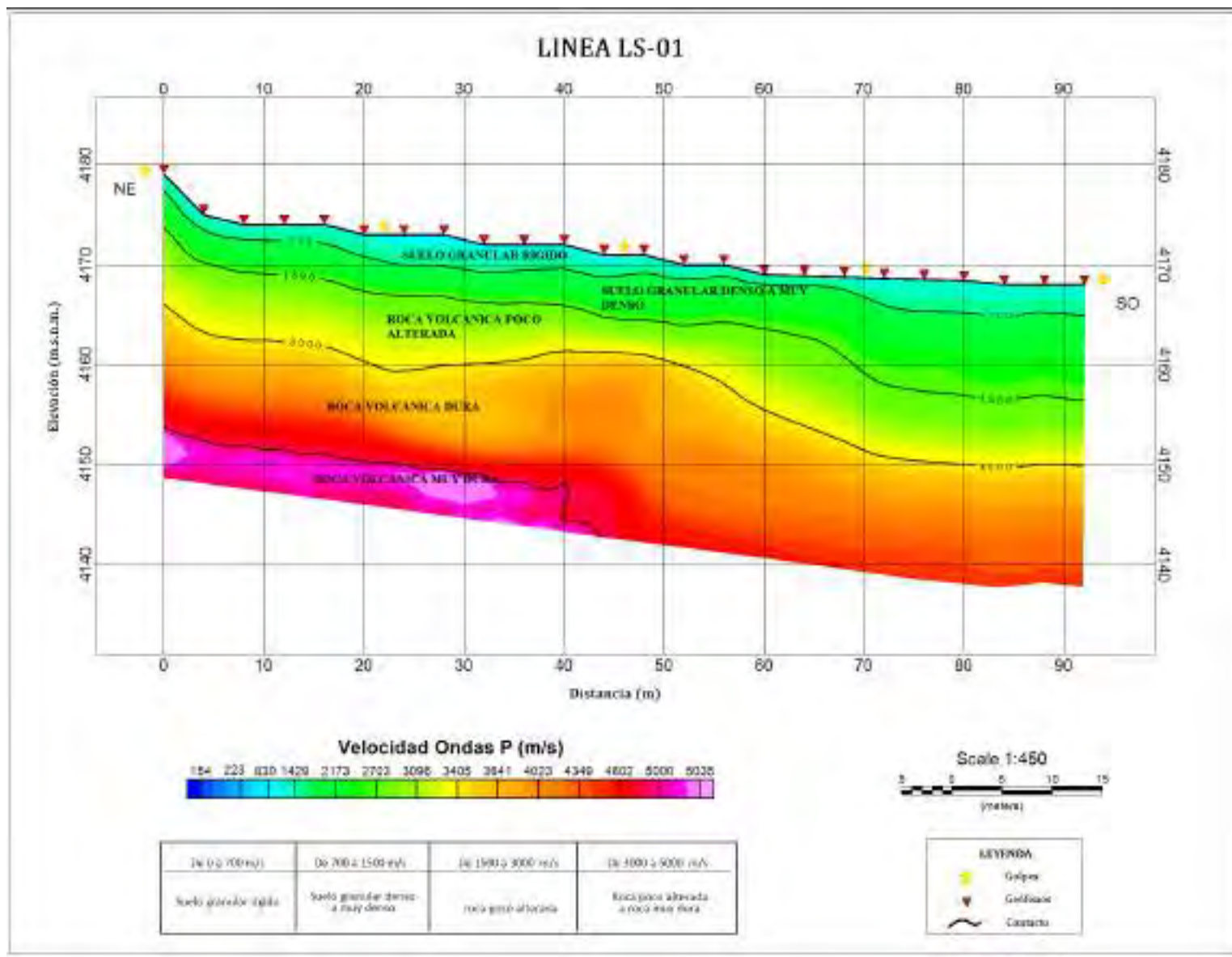
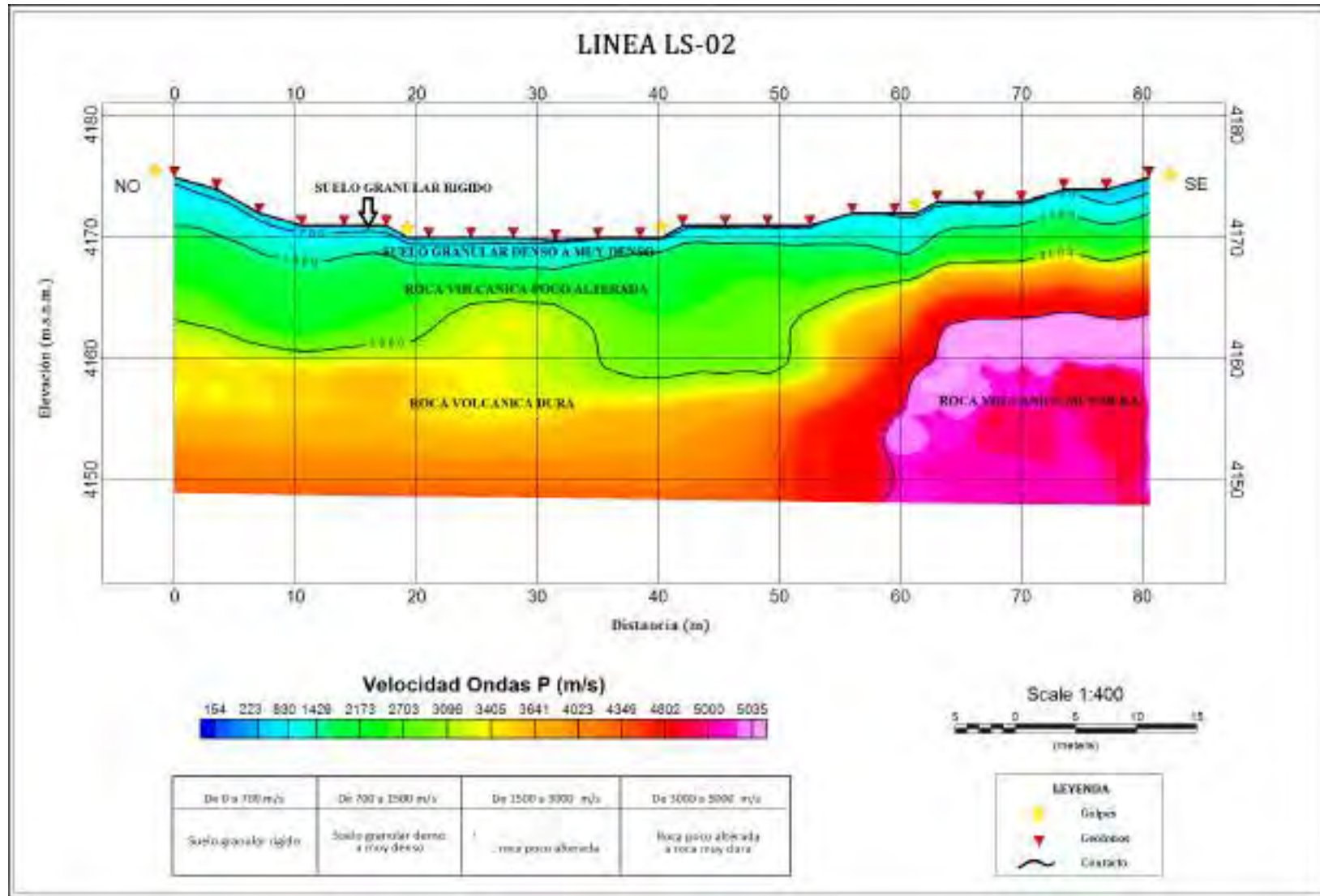




Figura 90: Perfil Sísmico LS- 02





6.2.1.2. MASW

Los registros de las ondas sísmicas de los ensayos de ondas MASW se presentan en los Anexos 2.1, las curvas de dispersión se presentan en los Anexo 2.2.

Esta información se utilizó para la interpretación de los modelos unidimensionales de velocidades de ondas de corte de los ensayos MASW, que se presentan en los Anexos 2.2, cuya descripción se presenta a continuación.

Tabla 61: *Coordenadas UTM – Ensayos Geofísicos – Sondajes MASW*

CÓDIGO	ESTE (m)	NORTE (m)	COTA (m)
MASW -1	226216.00	8417425.00	4175
MASW -2	226202.00	8417426.00	4175

Tabla 62: *Longitud – MASW*

LÍNEA	LONGITUD TOTAL	TIPO DE ONDA
MASW-1	92	ONDA S
MASW-2	80.5	ONDA S
TOTAL	172.5	

a) Sondaje MASW- 1

Este sondaje corresponde al ensayo MASW-1 de 92 metros de longitud. Este ensayo genera un sondaje de velocidades de ondas S con resultados confiables hasta una profundidad de 30 m. en el punto central de la línea, el cual muestra la presencia de dos estratos sísmicos.



El primer estrato presenta valores de velocidad de propagación de ondas S (V_s) entre 219 m/s y 289 m/s, alcanzando una profundidad máxima de 7.0 m. Estratigráficamente está conformado por un Suelo granular rígido a medianamente denso.

El segundo estrato presenta valores de velocidad de ondas S (V_s) entre 310 m/s y 1604 m/s hasta una profundidad de 30 m. y un espesor de 23.0 m. Dichas velocidades corresponderían a una Roca volcánica alterada a roca dura.

b) Sondaje MASW- 2

Este sondaje corresponde al ensayo MASW-2 de 80.5 metros de longitud. Este ensayo genera un sondaje de velocidades de ondas S con resultados confiables hasta una profundidad de 30 m. en el punto central de la línea, el cual muestra la presencia de dos estratos sísmicos.

El primer estrato presenta valores de velocidad de propagación de ondas S (V_s) entre 366 m/s y 356 m/s, alcanzando una profundidad 5.3 m. Estratigráficamente está conformado por un Suelo granular medianamente denso a muy denso.

El segundo estrato presenta valores de velocidad de ondas S (V_s) entre 340 m/s y 1455 m/s hasta una profundidad de 30 m. y un espesor de 24.7 m. Dichas velocidades corresponderían a una Roca volcánica alterada a roca dura.

Los resultados muestran que el comportamiento elástico del suelo en el área de estudio de los sondajes MASW, corresponde a suelo Tipo C y D, cuyas velocidades promedio de ondas de corte V_{s30} se encuentran en el rango de 356.6 m/s y 370.6 m/s. Los valores exactos de este cálculo se aprecian en las tablas 65 y 66.



Tabla 63: Velocidades promedio de ondas de corte en superficie (Vs30)

Sondaje	VS30	Tipo de suelo	Nombre del Tipo de suelo
			(IBC)
MASW– 1	356.6	D	Suelo rígido
MASW– 2	370.6	C	Suelo muy denso o roca blanda

En el caso del diseño sísmico estructural, de acuerdo a la Norma Técnica E.030 Diseño Sismo Resistente (SENCICO, 2019), se considera que los suelos de la zona de estudio clasifican tipos de suelos, S2.

Para el caso del suelo tipo S2 le corresponde un periodo predominante $TP(s)=0.6s$. y un $TL(s)=2.0s$. Como el proyecto se encuentra ubicada en C. de Chocayhua, Distrito de Quehue Provincia de Canas y Departamento de Cusco, que pertenece a la Zona Sísmica 2, le corresponde un factor de Zona $Z=0.25$ y un factor de amplificación sísmica $S=1.20$.

En Tabla N° 54 se puede observar la clasificación de tipos de suelos de acuerdo a la Norma Técnica E.030 Diseño Sismo Resistente (SENCICO, 2019).

En el caso de considerar la influencia de la componente vertical del movimiento sísmico, de acuerdo a la norma de Diseño Sismorresistente E-030 (SENCICO 2019), ésta deberá ser estimada entre $1/2$ y $2/3$ del valor de la aceleración horizontal máxima de diseño (PGA).

De acuerdo a la Norma E-030, los resultados muestran que el comportamiento elástico del suelo en el área de estudio de los sondajes MASW, corresponde a suelos Tipo S2 (Suelo



Intermedio) cuyas velocidades promedio de ondas de corte V_{s30} se encuentran en el rango de 356.6 m/s y 370.6 m/s.

Tabla 64: Velocidades promedio de ondas de corte (\bar{V}_{s30})

Sondaje	V_{s30}	Tipo de suelo (E.030, 2016)	Nombre del Tipo de suelo
			(E.030, 2019)
MASW- 1	356.6	S ₂	Suelo Intermedio
MASW- 2	370.6	S ₂	Suelo Intermedio

En este caso de estudio, los ensayos geofísicos proporcionaron la velocidad de ondas de P (V_p) y de corte (V_s) del perfil estratigráfico. Asimismo, para estimar la densidad de los materiales se asumieron valores característicos, los valores de la densidad tomados para la realización de los parámetros elásticos fueron considerados en base a la información geológica de la zona de estudio, lo cual permitió, mediante el empleo de las formulaciones antes indicadas, obtener los parámetros elásticos de los materiales que conforman la zona de estudio, los resultados obtenidos se muestran a continuación.



Tabla 65: Cálculo de Parámetros Elásticos (LRS - 01 / MASW-1)

Suelo	Prof. (m)		Espesor del estrato	Vs (m/s)	Vp (m/s)	Densidad ρ (Tn/m3)	Relación de Poisson (μ) (Poisson)	Modulo de Corte (Gmax) (Tn/m2)	Modulo de Young (Ed) (Tn/m2)
	Desde	Hasta							
Suelo granular rigido	0.0	1.1	1.1	219	590	1.80	0.42	8800.18	24994.32
Suelo granular rigido	1.1	2.3	1.2	217	760	1.80	0.46	8640.18	25153.63
Suelo granular medianamente denso	2.3	3.7	1.4	217	970	1.90	0.47	9120.19	26880.10
Suelo granular medianamente denso	3.7	5.3	1.6	253	1310	1.90	0.48	12397.26	36711.45
Suelo Granular denso	5.3	7.0	1.7	289	1820	2.00	0.49	17027.73	50642.73
Roca alterada	7.0	8.9	1.9	310	2630	2.10	0.49	20571.87	61425.75
Roca Poco alterada	8.9	11.0	2.1	317	3210	2.20	0.50	22535.76	67385.34
Roca Poco alterada	11.0	13.2	2.2	346	3470	2.20	0.49	26847.62	80273.26
Roca dura	13.2	15.6	2.4	354	3700	2.25	0.50	28742.20	85961.07
Roca dura	15.6	18.1	2.5	387	3940	2.27	0.50	34656.03	103630.47
Roca Muy dura	18.1	20.9	2.8	428	4120	2.30	0.49	42948.34	128376.47
Roca Muy dura	20.9	23.7	2.8	506	4310	2.30	0.49	60028.83	179247.54
Roca Muy dura	23.7	26.8	3.1	527	4760	2.30	0.49	65114.85	194536.50

Tabla 66: Cálculo de Parámetros Elásticos (LRS - 02 / MASW-2)

Suelo	Prof. (m)		Espesor del estrato	Vs (m/s)	Vp (m/s)	Densidad ρ (Tn/m3)	Relación de Poisson (μ) (Poisson)	Modulo de Corte (Gmax) (Tn/m2)	Modulo de Young (Ed) (Tn/m2)
	Desde	Hasta							
Suelo granular medianamente denso	0.0	1.1	1.1	366	1500	1.80	0.47	24579.08	72181.27
Suelo granular medianamente denso	1.1	2.3	1.2	366	1670	1.80	0.47	24579.08	72497.10
Suelo granular medianamente denso	2.3	3.7	1.4	364	1910	1.80	0.48	24311.19	72017.34
Suelo granular denso	3.7	5.3	1.6	356	2130	1.80	0.49	23254.31	69094.67
Roca alterada	5.3	7.0	1.7	340	2400	1.90	0.49	22389.40	66709.65
Roca Poco alterada	7.0	8.9	1.9	325	2710	2.00	0.49	21534.15	64288.22
Roca Poco alterada	8.9	11.0	2.1	324	2980	2.10	0.49	22471.93	67146.96
Roca dura	11.0	13.2	2.2	327	3370	2.10	0.50	22890.00	68452.43
Roca dura	13.2	15.6	2.4	341	3780	2.20	0.50	26077.29	78017.90
Roca Muy dura	15.6	18.1	2.5	365	3930	2.20	0.50	29877.17	89371.54
Roca Muy dura	18.1	20.9	2.8	376	4120	2.25	0.50	32425.69	97004.73



Tabla 67: Resumen de los Ensayos de Velocidades de Ondas P – Refracción Sísmica

Línea	Estrato	Vp(m/s)	Espesor(m)	Descripción
LS-01	01	0 - 700	1.0 – 3.2	Suelo granular fluvioglaciario rígido
	02	700 - 1500	2.5 – 8.3	Suelo granular fluvioglaciario denso a muy denso
	03	1500 - 3000	3.3 – 9.0	Roca Volcánica alterada a dura
	04	3000 - 5000	9.3 – 18.8	Roca Volcánica dura a roca muy dura
LS-02	01	0 - 700	0 – 1.3	Suelo granular fluvioglaciario rígido
	02	700 - 1500	1.0 – 2.9	Suelo granular fluvioglaciario denso a muy denso
	03	1500 - 3000	2.1 – 10.7	Roca Volcánica alterada a dura
	04	3000 - 5000	4.9 – 16.3	Roca Volcánica dura a roca muy dura

Tabla 68: Resumen de los Ensayos de Velocidades de Ondas S – MASW

Línea	Estrato	Vs(m/s)	Espesor(m)	Prof.(m)	Descripción
MASW-1	01	219 - 289	7.0	0-7.0	Suelo granular fluvioglaciario rígido a medianamente denso
	02	310 - 1604	23.0	7-30	Roca Alterada a roca muy dura
MASW-2	01	366 - 356	5.3	0-5.3	Suelo granular fluvioglaciario medianamente denso a denso
	02	340- 1455	24.7	5.3-30	Roca Alterada a roca muy dura

6.2.2. Sondaje eléctrico vertical

6.2.2.1. Fundamentos básicos

La Prospección Geofísica (método eléctrico) intenta distinguir o reconocer las formaciones geológicas que se encuentran en profundidad mediante el parámetro físico de resistividad eléctrica. El objetivo es delimitar capas en el subsuelo, obteniendo espesores y resistividades.



Figura 91: Valores de resistividad en rocas y residuos solidos

Material	Resistividad ($\Omega \cdot m$)	Conductividad (mS/m)	Referencia
Arcilla	3 - 150	333 - 7	Guerin et al. 2004; Hack, 2000; Kniesel, 2008.
Lixiviables	0.9 - 5	1111 - 200	Guerin et al. 2004; Zume et al. 2006
Basura (RSU)	12 - 30	83 - 33	Hack, 2000.
Escombros metálicos	1 - 12	1000 - 83	Hack, 2000.
Granito, granodiorita en forma sana	> 400	> 2.5	Palacky, 1988.
Granito, granodiorita intemperizado	100 - 400	10 - 2.6	Palacky, 1988.
Agua salada saturando arcilla	1.5 - 2	666 - 500	Abu-Zeid and Santarato, 2004.
Agua dulce saturando arcilla	20	50	Taldir et al., 1990
Agua salada saturando arena	0.1 - 1	10000 - 1000	Palacky, 1988.

6.2.2.2. Instrumentos para el levantamiento geofísico

Resistivímetro Syscal Pro

- Número de canales: 10
- Memoria: hasta 40 000 lecturas
- Suministro de energía: CC 12V
- Temperatura: -20 °C to +70 °C
- Dimensiones: 31 x 23 x 36 cm
- Peso: 13 Kg
- Impedancia: 100 M.Ohm.
- Duración de pulsos: 0.2s, 0.5s, 1s, 2s, 4s, 8s
- Corriente máxima: 2.5 Amperios
- Potencia máxima: 250 W DC/DC



Figura 92: Resistivimetro Syscal Pro 10 canales



- 15 electrodos impolarizables
- 2 rollos de cables para medir diferencia de potencial, de 50 metros cada uno
- 2 carretes de cables para medir la corriente eléctrica, de 200 metros cada uno
- 3 combas de 5 libras
- 1 rollo de cable plomo de 250 m para medir el potencial de 8 salidas
- 2 bidones de agua
- 3 radios
- Batería externa de 12 V
- Multímetro digital
- Caja de herramientas



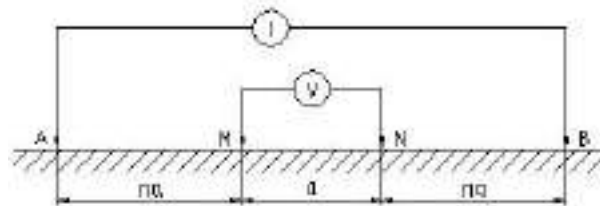
6.2.2.3. Método de adquisición en prospección geolétrica

c) Metodo schlumberger

Existen varios métodos de interpretación de Sondajes Eléctricos Verticales (SEV), sin embargo, para el presente estudio se utilizó un programa computarizado que permite verificar los datos de campo y el control de calidad respectivo (IPI2WIN), así como para realizar la inversión geofísica de los datos geolétricos se utiliza el software RES1D de la compañía GEOTOMO.

Los arrayes se aplican a una medición de barrido de sección variable continua rodadura. Cuando se mide, electrodos M y N se fija, y el electrodo A se mueve punto por punto a la izquierda y B se mueve hacia la derecha, entonces se puede obtener una línea de enrollado; a continuación, así sucesivamente y en, una sección rectángula obtenido y sus electrodos organiza siguiendo este modo:

Figura 93: Metodo schlumberger



En SB espaciamiento de AM y NB aumenta con los factores de intervalo de ampliación.

Por ejemplo, para el arreglo Schlumberger, la profundidad de investigación es aproximadamente un tercio del AB; así, para llegar a una profundidad de 100 m, AB debe alcanzar hasta 300 m.

Los espaciamientos de las líneas de corriente AB/2 fueron: 5, 10, 15, 20, 30, 50, 70, 100, 120, 150, 200, 250 metros con separaciones de MN de: 5, 10 y 20 m.



6.2.2.4. Ubicación del Ensayo geofísico Sondaje Eléctrico Vertical

Los Sondaje Eléctrico Verticales mediante el método de Schlumberger se desarrollaron en:

Tabla 69: Coordenadas UTM – Ensayos Geofísicos – Sondaje Eléctrico Vertical

CÓDIGO	ESTE (m)	NORTE (m)	COTA (m)
SEV -1	226241.00	8417403.00	4179
SEV -2	226214.00	8417421.00	4176
SEV -3	226162.00	8417469.00	4179

6.2.2.5. Espesores y resistividades

Tabla 70: Resultados de los Sondeos Eléctrico Verticales.

Nº	SEV	HORIZONTES O CAPAS			Espesor Total (m)
		R1 (Ohm-m)	R2 (Ohm-m)	R3 (Ohm-m)	
		E1 (m)	E2 (m)	E3 (m)	
1	SEV-01	53.4	123.4	381	60.0
		5.2	8.9		
2	SEV-02	29.7	154.1	268	60.0
		9.7	13.2		
3	SEV-03	52.5	101.2	295	60.0
		5.7	15.1		

Dónde:

R1: Valor de resistividad expresada en ohm-m.

E1: Espesor de cada horizonte o capa expresado en metros.

SEV-01: Sondeo Eléctrico Vertical número uno.



6.2.2.6. Sección Geoeléctrica 01,02 y 03

Horizonte H1: Presenta valores de resistividad eléctrica entre 29.7 y 53.4 ohm-m y espesores entre 5.2 y 6.7 metros. Este horizonte está compuesto por depósitos fluvio-glaciares de distinto tamaño de grano compuestos por fragmentos de gravas angulosas de diferentes dimensiones, dispuestos generalmente en una matriz areno-limo-arcillosa, con presencia de cobertura vegetal en superficie, asimismo se observa zonas menores como bofedales con poco contenido de fluidos.

Horizonte H2: Presenta valores de resistividad eléctrica entre 101.2 y 154.1 ohm-m y espesor que varía entre 8.9 y 15.1 metros. Este horizonte probablemente estaría compuesto por roca alterada a roca dura de origen volcánico con bajo contenido de humedad en su estructura.

Horizonte H3: Presenta valores de resistividad eléctrica entre 268 y 381 ohm-m y espesor indeterminado. Este horizonte debido a su valor de resistividad se puede interpretar como un material impermeable con poco contenido de humedad, que corresponde a la formación del macizo rocoso del grupo Barroso compuesto por andesitas dura a muy duras de origen volcánico.



Figura 94: Sección Geoelectrica del eje de la presa Chocayhua

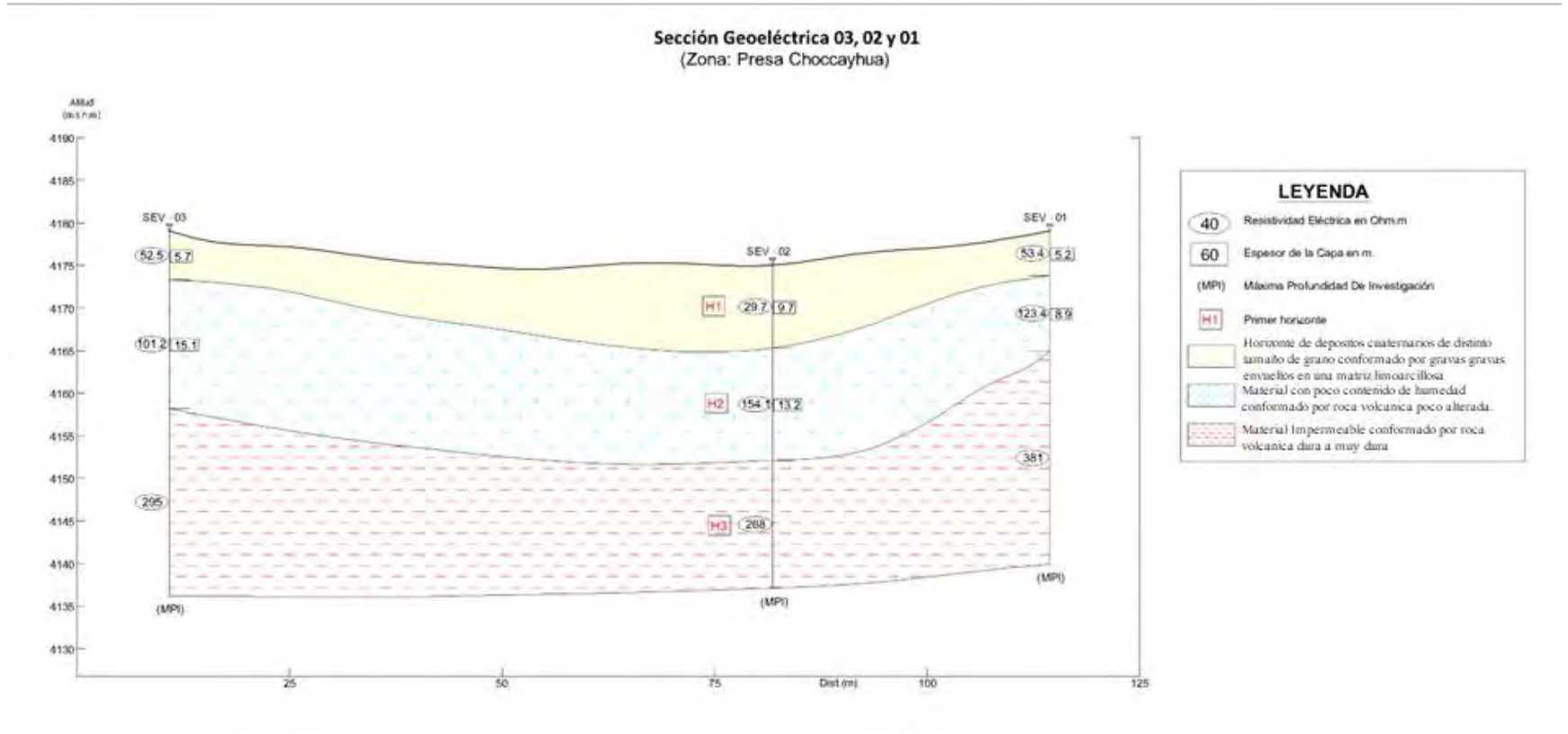
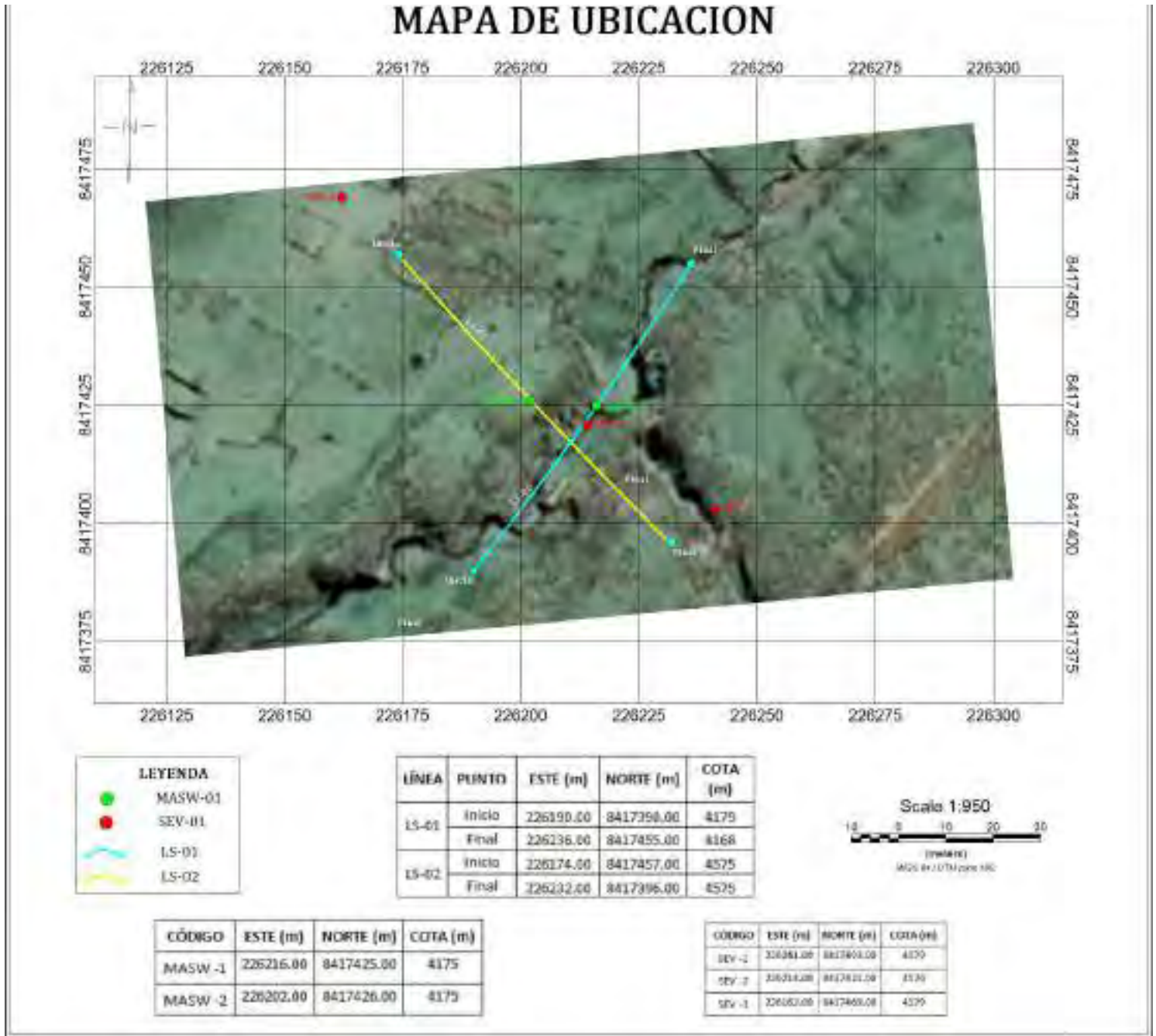




Figura 95: Mapa de Ubicación de la tomografía geo eléctrica y sísmica tomadas en campo a lo largo y el eje de la presa.





Capítulo VIII GEOTECNIA

7.1. Generalidades

La ingeniería geológica aplicado a estudios para la construcción de presas permite conocer el comportamiento estructural de los componentes que influyen en la construcción de la estructura, como las características físicas y mecánicas de los suelos realizando prospecciones directas como excavaciones, muestreos de suelos y rocas, ensayos en suelos y rocas y otros que se describen geotécnicamente; estos brindan información de las condiciones que se encuentran las capas estratigráficas, litológicas y calidad del macizo rocoso, su capacidad de carga y riesgos que puedan tenerlos siendo fundamental para el diseño de la presa.

7.2. Normatividad

Para la elaboración del siguiente informe se tomaron en cuenta las siguientes normas técnicas:

- Registros y ensayos de campo
 - MTC E 101 Museo de Suelos y Rocas, con referencia en la norma ASTM D 420 Guia para la Caracterización del sitio para fines de diseño de ingeniería y construcción.
 - MTC E 104 Conservación y Transporte de Muestras de Suelos y Rocas, con referencia en la norma ASTM D 4220 Prácticas estándar para la conservación y transporte de muestras de suelo.
- Ensayos Laboratorio.
 - MTC E 704 Resistencia a la Compresión de Testigos Cilíndricos, con referencia en las normas ASTM C 39- 39M-2005e2 Método de prueba estándar Resistencia a la compresión de cilindros. Especímenes de concreto y AASHTO T 22-2005



Método de prueba estándar para resistencia a la compresión de Concreto
Cilíndrico.

- MTC E 703 Refrentado de cilindros de concreto (Capping), con referencia en las normas NTP 339.037 Práctica normalizada para el refrentado de testigos cilíndricos de hormigón (concreto)
- Método de prueba estándar ASTM D 2938 para resistencia a la compresión no confinada de roca intacta muestras de núcleo

Las evaluaciones geotécnicas con fines de cimentación se fundamentan a través de excavaciones exploratorias de calicatas, ensayos de mecánica de suelos, mecánica de rocas con la finalidad de determinar los parámetros geotécnicos de los materiales a lo largo del vaso y del eje de la presa, procediéndose a ejecutar las siguientes actividades:

- Excavaciones exploratorias de calicatas.
- Descripción de perfil de suelo.
- Pruebas de campo (Densidad natural, DPL)
- Muestreo y codificación de las muestras de suelo para ensayos de laboratorio.

7.3. Ubicación de las calicatas de prospección

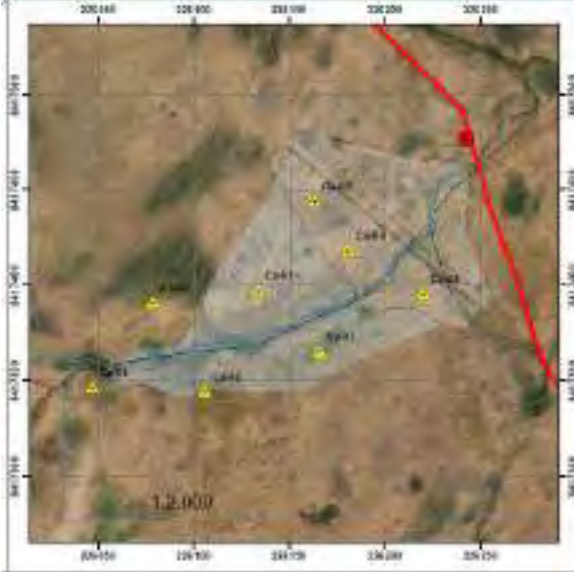
Los ensayos de mecánica de suelos se determinaron con las muestras extraídas en ocho calicatas excavadas con esta finalidad, así como los registros estratigráficos respectivo de acuerdo normatividad mencionada anteriormente. La prospección mediante calicatas, para la caracterización los suelos se han realizado tres calicatas en el vaso de la presa, tres en el eje de la



presa Chocayhua distribuidas en la margen izquierda y derecha del riachuelo y dos calicatas para evaluar el material de cantera. Están ubicadas de acuerdo a la siguiente tabla:

Tabla 71: Ubicación de las calicatas en campo.

CALICATAS		
Numero	ESTE	NORTE
Ca-01	226133	8417398
Ca-02	226106	8417345
Ca-03	226166	8417366
Ca-04	226181	8417419
Ca-05	226163	8417445
Ca-06	226220	8417396
Ca-07	226079	8417392
Ca-08	226047	8417347



7.4. Características geotécnicas del vaso de la presa

Se realizó mediante la apertura de 3 calicatas distribuidas estratégicamente en el vaso de almacenamiento con la finalidad de realizar los ensayos básicos de caracterización y conocer la variación vertical de estratos, ya que sobre esta área será el embalse.

7.4.1. Calicata C-1

Se ha excavado 1.90 m de profundidad con tres niveles de estratos muy bien definidos y se registra nivel freático. Está ubicado en el margen izquierdo del riachuelo.

Nivel Superior: Presenta superficialmente donde el primer nivel de 40 cm es de material orgánico (OL) de coloración oscura y presencia de cobertura vegetal.

Nivel Medio: El segundo un estrato 50cm de limos con arenas (ML) de color marrón rojizo compacto con bolones sub angulosos de 10 cm de tamaño medio con algunos sub redondeados.



Nivel Inferior: El tercer estrato de 1.00 m un suelo de arena arcillosa (SC) con clastos subredondeados de rocas volcánicas alteradas, se encontró el nivel freático a 1.80 metros

7.4.2. Calicata C-2

Se ha excavado 2.00 m de profundidad con tres niveles de estratos no muy bien definidos y se registra nivel freático.

Nivel Superior: Presenta superficialmente un nivel de material orgánico (OL) de 40 cm con coloración clara y presencia de cobertura vegetal.

Nivel Medio: seguidamente de un estrato de 70cm de limos con arenas (ML) y presencia de raíces.

Nivel Inferior: Este es un suelo de 90cm conformado por arena arcillosa (SC) con clastos subredondeados de rocas volcánicas tabulares alteradas, se encontró el nivel freático a 1.90 metros

7.4.3. Calicata C-3

Se ha excavado 1.80 m de profundidad con dos niveles de estratos muy bien definidos, con nivel freático a los 1.70 m de profundidad.

Nivel Superior: Presenta superficialmente un nivel de material orgánico (OL) de 40 cm con coloración clara y presencia de cobertura vegetal.

Nivel Medio: Seguidamente de un estrato de 50 cm conformado de limos con arenas (ML) y presencia de raíces, de color oscura compacto con bolones sub angulosos de 10 cm de tamaño medio con algunos sub redondeados.

Nivel Inferior: Este es un suelo de arena arcillosa (SC) con poca presencia de clastos subredondeados de rocas volcánicas tabulares alteradas, se encontró el nivel freático a 1.70 metros.

Tabla 72. *Resumen de registro de campo de calicatas del vaso de la presa*

Punto de estudio	Profundidad (m)	Nivel Freatico (m)	Estratos
------------------	-----------------	--------------------	----------



C-01	1.9	1.80	O-ML-SC
C-02	2	1.90	O-ML-SC
C-03	1.8	1.70	O-ML-SC

7.4.4. Extracción de Muestras Representativas

Según el análisis granulométrico por tamizado (ASTM D 422) MTC E 107, los ensayos de plasticidad, contenido de humedad MTC - E108, Determinación del límite líquido (ASTM D 4318) MTC E 110, Determinación del límite plástico MTC E 111 y clasificación de suelo SUCS ASTM D 2487 se tienen la tabla resumen de resultados:

Tabla 73:Resumen de Ensayos Basicos de Laboratorio

Punto de estudio	Muestra	Granulometría (%)			Límites (%)				Densidades (gr/cm3)	
		Grava	Arena	Finos	L.P.	L.L.	I.P.	SUCS	Densidad Natural Humeda	Densidad Natural Seca
C-1	E-03	9.31	48.24	42.46	14.90	34.16	19.26	SC	2.13	1.83
C-2	E-03	9.85	48.44	41.70	17.56	33.70	16.14	SC	2.14	1.83
C-3	E-03	8.01	43.57	48.42	18.27	36.88	18.61	SC	2.19	1.87

Figura 96:Registro fotográfico de perfiles y variación de estratos en calicatas 1,2 y 3 en orden.

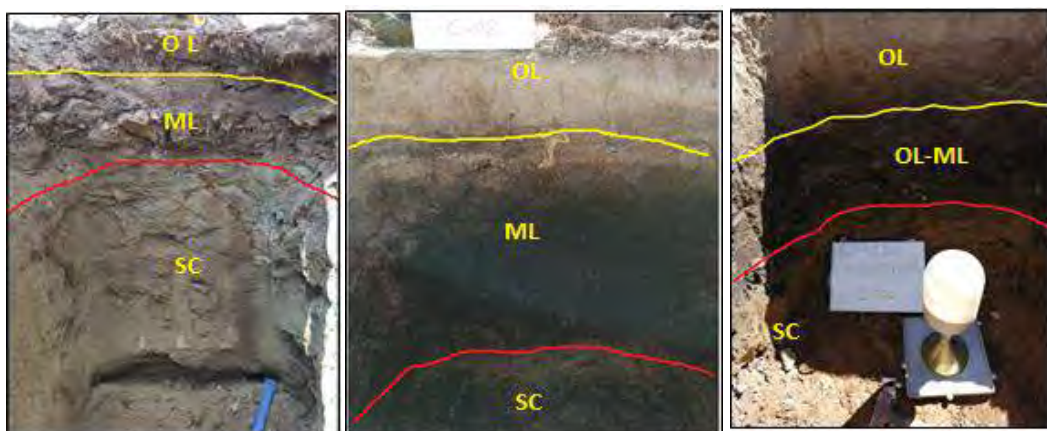


Tabla 74. Resumen de ensayos básicos de laboratorio.



Figura 1: Equipo de granulometría para realizar el tamizado de las muestras.



Figura 2: Realización del ensayo granulométrico en laboratorio



Figura 3: Se pesa el material retenido que pasa por cada tamiz.



Figura 4: Determinación del límite líquido (L.L) de los suelos



Figura 6: Muestras llevadas al horno para el secado.



Figura 5: Determinación del límite Plástico (L.P) de los suelos.



Figura 7: Calculo de los resultados de los Limites de Atterberg





Figura 8: Ensayo Proctor para el control de calidad



Figura 9: Toma de dato del Ensayo de Corte Directo



7.5. Características geotécnicas del eje de la presa

7.5.1. Calicata C-4

Se ha excavado 2.70 m de profundidad con dos niveles de estratos muy bien definidos. Se ubica en el margen izquierdo del eje de la presa cerca a la parte central.

Nivel Superior: Presenta superficialmente un nivel de material orgánico (OL) de coloración oscura y presencia de cobertura vegetal de ichus de la zona de 0.00 a 0.20 m,

Nivel Medio: Este estrato se conforma de un nivel de suelo gravoso limoso y presencia de arenas de 0.20 m a 1.00 m.

Nivel Inferior: Este estrato se conforma por arenas arcillosas con ligera presencia de gravas producto de la alteración del basamento rocoso con un espesor de 1.00 m a 2.55 m (1.55 metros) y finalmente se encontró un basamento rocoso de 2.55 a 2.70 metros.



Figura 97: Calicata C-4 perteneciente al estribo Izquierdo del eje de la Presa



7.5.2. Calicata C-5

Se ha excavado 3.10 m de profundidad con dos niveles de estratos muy bien definidos. Se ubica en el margen izquierdo del eje de la presa.

Nivel Superior: Se encontró material de cobertura y orgánico de color marrón oscuro (OL) con raíces de ichus de 0.00 a 0.15 m.

Nivel Medio: Este estrato se conforma por un suelo de tipo grava limoso y presencia de arenas con clastos angulosos de 0.15 m a 1.45 m.

Nivel Inferior: Este estrato se conforma por arenas arcillosas con ligera presencia de gravas producto de la alteración del basamento rocoso con un espesor de 1.45 m a 2.90 m (0.85 metros) y finalmente se encontró un basamento rocoso de 2.90 a 3.10 metros.



Figura 98: Calicata C-5 perteneciente al estribo dercho del eje de la Presa



7.5.3. Calicata C-6

Se ha excavado 3.00 m de profundidad con dos niveles de estratos muy bien definidos. Se ubica en el estribo derecho del eje de la presa.

Nivel Superior: Presenta superficialmente un nivel de material orgánico (OL) de coloración gris oscura y presencia de cobertura vegetal de ichus de 0.00 a 0.20 m

Nivel Medio: Seguidamente un estrato de gravas limosas y presencia de arenas de 0.20 m a 1.30 m.

Nivel Inferior: Al estrato del nivel medio subyace arenas arcillosas con ligera presencia de gravas producto de la alteración del basamento rocoso con un espesor de 1.30 m a 2.90 m (1.60 metros) y finalmente se encontró un basamento rocoso volcánico gris oscuro de 2.90 a 3.00 metros.



Figura 99: Calicata C-6



Tabla 75. *Resumen de registro de campo de calicatas del eje de la presa*

Punto de estudio	Profundidad (m)	Nivel Freatico (m)	Estratos
C-04	2.70	NP	O-GM-SC-R
C-05	3.10	NP	O-GM-SC-R
C-06	3.00	NP	O-GM-SC-R

Según el análisis granulométrico por tamizado (ASTM D 422) MTC E 107, los ensayos de plasticidad, contenido de humedad MTC - E108, Determinación del límite líquido (ASTM D 4318) MTC E 110, Determinación del límite plástico MTC E 111 y clasificación de suelo SUCS ASTM D 2487 se tienen la tabla resumen de resultados.

Tabla 76: *Resumen de Ensayos Basicos de Laboratorio*

Punto de estudio	Muestra	Granulometría (%)			Límites (%)				Densidades (gr/cm3)	
		Grava	Arena	Finos	L.P.	L.L.	I.P.	SUCS	Densidad Natural Humeda	Densidad Natural Seca
C-4	E-03	9.05	47.50	43.45	16.69	36.03	19.34	SC	2.13	1.89
C-5	E-03	8.39	49.05	42.56	15.34	36.74	21.00	SC	2.07	1.84
C-6	E-03	8.42	50.29	41.29	15.37	29.02	13.66	SC	2.17	1.91



7.6. Evaluación Geomecánica de rocas en el eje de presa

La evaluación geomecánica de rocas se realizó en afloramientos de macizos rocosos representativos en el vaso y eje de la presa, donde se obtuvo la toma de datos para luego ser procesados y evaluados en gabinete y laboratorio.

Guía para la excavación y soporte en túneles y obras de ingeniería donde la condición de la roca es importante. (Según Bieniawski)

Tabla 77: Guía para la excavación y soporte en túneles y obras de ingeniería donde la condición de la roca es importante

CLASE DE MACIZO ROCOSO	EXCAVACIÓN	PERNOS (20 mm DE DIÁMETRO) INYECTADOS.	SOPORTE CON CONCRETO ARMADO	COSTILLAS
I . Roca muy Buena, RMR: 81- 100	A sección completa. 3 m de avance.	Generalmente no se requiere.		Ninguno
II . Roca Buena, RMR: 61 - 80	A sección completa 1-1.5 m de avance. Soporte completo a 20 m del frente.	Pernos en la corona de 3 m de longitud espaciados a 2.5 m malla ocasional	50 mm en la corona donde se requiera	Ninguno
III . Roca regular, RMR: 41 - 60	Frente superior y destroza, 1.5-3 m de avance en media sección. Inicio del soporte después de cada voladura. Soporte completo a 10 m del frente.	Pernos sistemáticos, 4 m de longitud, espaciados 1.5-2 m en la corona y hastiales con malla en la corona.	50 – 100 mm en la corona y 30 mm por los lados	Ninguno
IV . Roca Pobre, RMR: 21 - 40	Frente superior y destroza, 1 – 1.5 m de avance en la media sección superior. Instalación de soporte conjuntamente con la excavación 10 m del frente.	Pernos sistemáticos , 4- 5 m de longitud, espaciados 1 – 1.5 m en la corona y hastiales con malla.	100 – 150 mm en la corona y 30 mm por los lados	Costillas ligeras a medias espaciadas 1.5 m a donde se requiera.



V. Roca muy pobre RMR: < 20	Múltiples galerías 0.5-1.5 mts.de avance en la sección superior. Instalación de soporte conjuntamente con la excavación. Concreto proyectado tan pronto como sea posible después de las voladuras.	Pernos sistemáticos, 5-6 m de longitud, espaciados 1 – 1.5 m en la corona y hastiales con malla. Pernos invertidos.	150- 200 mm en la corona, 150 mm en los lados y 50 mm al frente	Costillas medianas a resistentes, espaciadas a 0.75 m con planchas de acero y tablestacas si se requiere.
--------------------------------	--	---	---	---

7.6.1. Orientación de las discontinuidades

a) Estación geomecánica 1

Figura 100: Orientación de las discontinuidades en la EG01.

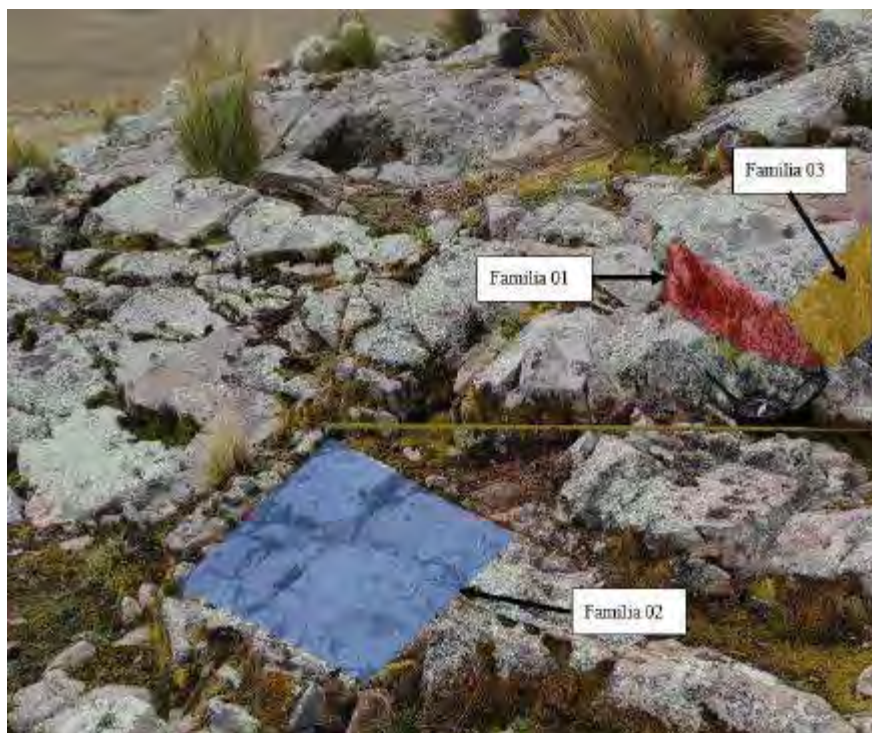


Tabla 78. *Tabla de buzamiento y dirección de buzamiento de la estación 1.*

Estación	Coordenadas		Buzamiento	Dirección de Buzamiento
	E	N		
1	226134	8417501	84	164
			32	131
			29	124
			87	175



b) Estación geomecánica 2

Figura 101: Orientación de las discontinuidades en la EG02.

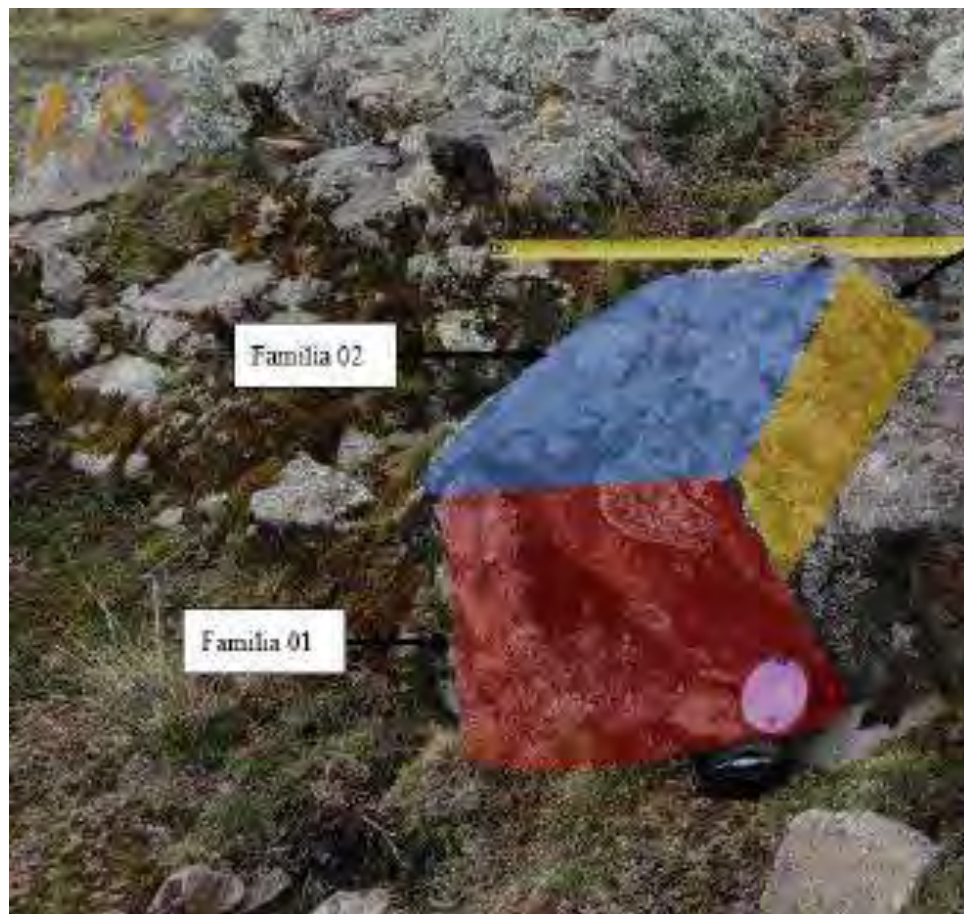


Tabla 79. *Tabla de buzamiento y dirección de buzamiento de la estación 2.*

Estación	Coordenadas		Buzamiento	Dirección de buzamiento
	E	N		
2	226107	8417429	87	109
			69	318
			24	188
			66	61



c) *Estación geomecánica 3*

Figura 102: Orientación de las discontinuidades en la EG03.

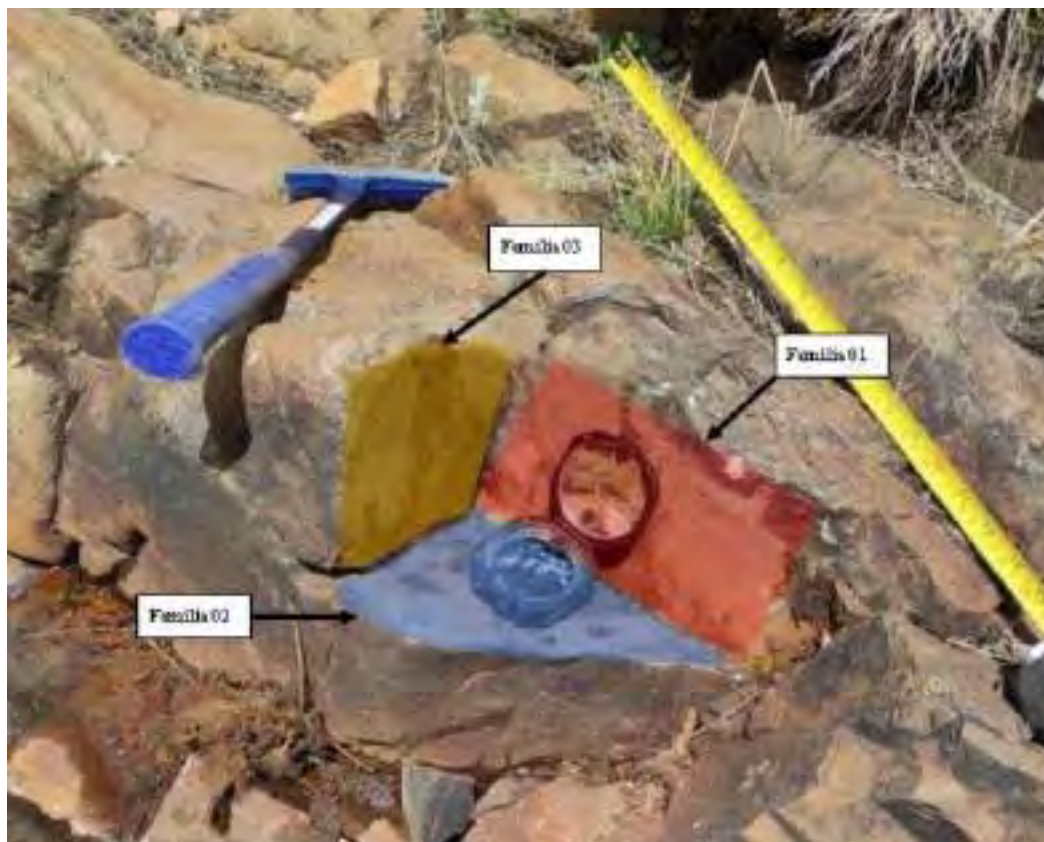


Tabla 27. *Tabla de buzamiento y dirección de buzamiento de la estación 3.*

Estación	Coordenadas		Buzamiento	Dirección de buzamiento
	E	N		
3	226137	8417371	70	305
			15	120
			88	212
			84	50
			71	271



d) Estación geomecánica 4

Figura 103: Orientación de las discontinuidades en la EG04.

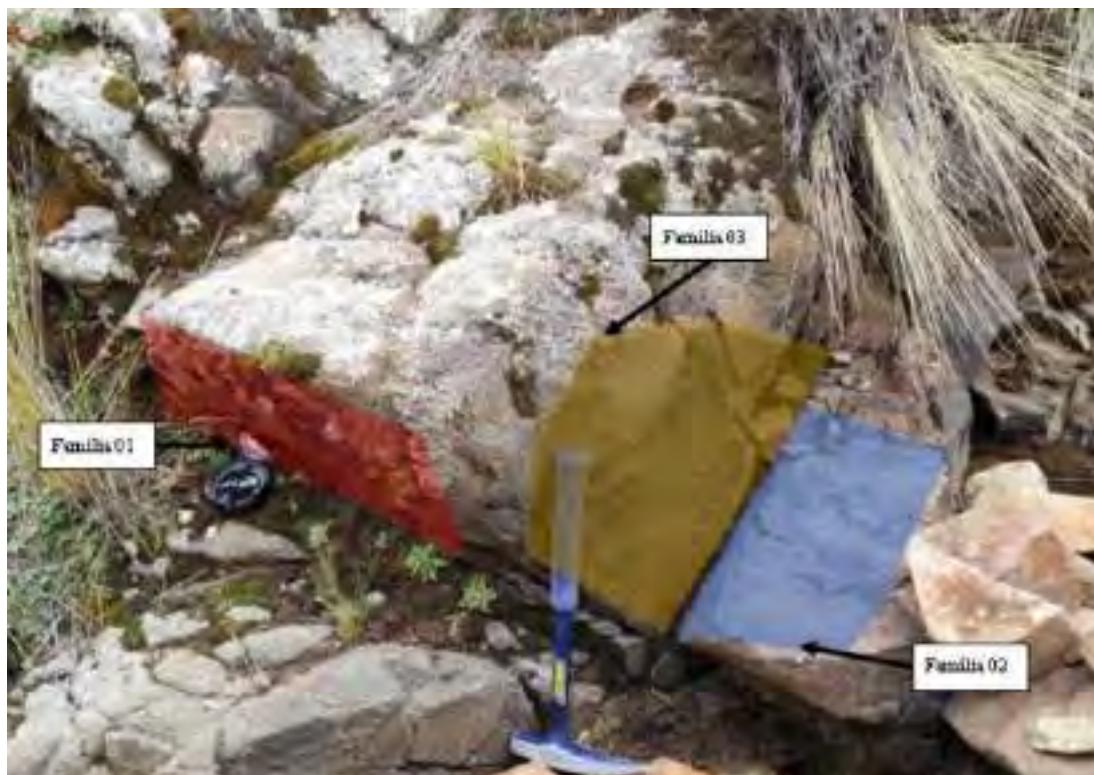


Tabla 27. Tabla de buzamiento y dirección de buzamiento de la estación 4.

Estación	Coordenadas		Buzamiento	Dirección de buzamiento
	E	N		
4	226204	8417410	68	130
			8	212
			64	12
			40	298



e) *Estación geomecánica 5*

Figura 104: Orientación de las discontinuidades en la EG05.



Tabla 27. *Tabla de buzamiento y dirección de buzamiento de la estación 5.*

Estación	Coordenadas		Buzamiento	Dirección de buzamiento
	E	N		
5	226200	8417402	32	305
			84	52
			64	14
			45	100

7.6.2. La resistencia de la matriz rocosa

Se realizaron el ensayo: compresión uniaxial en núcleos de roca muestreo, cuyos datos, cálculos y resultados se encuentran en los anexos. Los resultados de los ensayos de laboratorio están resumidos en la siguiente tabla:



f) Estación geomecánica 1

Tabla 80: *Tabla de resistencia a compresión. EG01*

N°	Código	Elemento	Edad (Días)	Resistencia (Kg/cm ²)	
				Calculada	Promedio
1	T011	EG-01 Andesita Basáltica		898.6	938.6
2	T012	EG-01 Andesita Basáltica		978.5	

Figura 105: Resistencia a compresión de los núcleos de la EG1.



g) Estación geomecánica 3

Tabla 81. *Tabla de resistencia a compresión EG03*

N°	Código	Elemento	Edad (Días)	Resistencia (Kg/cm ²)	
				Calculada	Promedio
1	T031	EG-03 Andesita Basáltica		743.8	831.1
2	T032	EG-03 Andesita Basáltica		918.4	

Figura 106: Resistencia a compresión de los núcleos de la EG3





h) Estación geomecánica 4

Tabla 82. *Tabla de resistencia a compresión EG04*

N°	Código	Elemento	Edad (Días)	Resistencia (Kg/cm2)	
				Calculada	Promedio
1	T041	EG-04 Andesita Basáltica		430.2	487.8
2	T042	EG-04 Andesita Basáltica		545.3	

Figura 107: Resistencia a compresión de los núcleos de la EG04.



El siguiente cuadro nos da un resumen de resistencia de los núcleos a compresión de todos los ensayos de las diferentes estaciones geo mecánica.

Tabla 83. *Tabla de resumen de resistencia a compresión de las EG: 01,03 y 04.*

N°	N° de Juego	N° de Briq.	Código	Elemento	Fecha de		Carga Máx. (kN)	Resistencia (Kg/cm2)	
					Modelo	Rotura		x Testigo	Promedio
1	1	1	T011	EG-01 Andesita Basáltica		30/11/2022	503.3	898.6	938.6
2	1	2	T012	EG-01 Andesita Basáltica		30/11/2022	356.68	978.5	
3	3	1	T031	EG-03 Andesita Basáltica		30/11/2022	548.33	743.8	831.1
4	3	2	T032	EG-03 Andesita Basáltica		30/11/2022	390.78	918.4	
5	4	1	T041	EG-04 Andesita Basáltica		30/11/2022	174.63	430.2	487.8
6	4	2	T042	EG-04 Andesita Basáltica		30/11/2022	328.09	545.3	

7.6.3. Valor de la clasificación geomecánica de los macizos rocosos

Se ha realizado la clasificación de RMR, Bienawski 1989, para clasificar el macizo rocoso obteniendo los siguientes resultados por cada estación geomecánica.



i) Estación geomecánica 1

Tabla 84. *Tabla de valor de RMR de la EG01*

VALOR DE RMR -EG01			
Familias	F1	F2	F3
RMR Básico	56	58	62
RMR Ajustado	49	51	55
RMR89 (condiciones secas y muy favorables)	56	58	62
Cohesión (c)	280	290	310
Angulo de fricción interna (°)	33	34	36

j) Estación geomecánica 2

Tabla 85. *Tabla de valor de RMR de la EG02.*

VALOR DE RMR - EG02			
Familias	F1	F2	F3
RMR Básico	59	55	62
RMR Ajustado	52	40	55
RMR89 (condiciones secas y muy favorables)	59	55	62
Cohesión (c)	295	275	310
Angulo de fricción interna (°)	34.5	32.5	36

k) Estación geomecánica 3

Tabla 86. *Tabla de valor de RMR de la EG03*

VALOR DE RMR - EG03				
Familias	F1	F2	F3	F4
RMR Básico	36	41	39	42
RMR Ajustado	21	34	24	27
RMR89 (condiciones secas y muy favorables)	51	56	54	57
Cohesión (c)	180	205	195	210
Angulo de fricción interna (°)	23	25.5	24.5	26



7.6.4. Capacidad portante admisible del Terreno de Fundación

La capacidad portante admisible de los macizos rocosos del eje de presa propuesta en Chocayhua ha sido obtenido mediante ensayos de compresión simple con testigos de roca de las estaciones EG-01, EG-02 y EG-03 ubicadas en el eje de la proyección de la presa, se detalla a continuación el siguiente cuadro resumen:

Tabla 87: Valores de fricción y cohesión de estaciones geomecánicas en terreno de fundación del eje de la presa.

Estación Geomecánica	ESTE	NORTE	Angulo de fricción (°)			Angulo de fricción promedio	Cohesión (kPa)			Cohesion promedio	Cohesion promedio (kg/cm ²)	RMR Basico(promedio)
EG-01	226134	8417501	33	34	36	34.33	280	290	310	293.33	2.991	59
EG-02	226107	8417429	35	33	36	34.33	295	275	310	293.33	2.991	59
EG-03	226137	8417371	23	26	25	24.33	180	205	195	193.33	1.971	41

De acuerdo al resultado que presenta según las evaluaciones en los puntos cercanos al eje de la presa en donde se realizara la construcción del dique, se tomó en cuenta los valores más subestimados que es de la estación geo mecánica EG-03, la que presenta una cohesión de 1.971 kg/cm² y un ángulo de fricción interna de 24.33°.

La capacidad de carga última se ha determinado en base a la fórmula de Terzaghi y Peck (1967) modificado por Vesic (1973), Hansen y Meyerhof que incluye factores de corrección de forma. Las condiciones de profundidad se consideraron a partir de los 1.5 metros del terreno de fundación del sustrato rocoso, con altura del cuerpo de la presa de H=15.00 m, con un ancho de base B = 73 metros y un largo de dique L= 136 metros para un factor de seguridad de F.S: 3 en condicione estáticas.



7.6.4.1. Capacidad portante según Meyerhof

	[kN/m ²]		[kN]		[kN/m ²]
q_{ult} =	11285.73	q =	112044768.19	Q_{amm} =	3761.91
	[t/m ²]		[t]		[t/m ²]
q_{ult} =	1150.81	q =	11425205.01	Q_{amm} =	38.36
	[Kg/cm ²]		[Kg]		[Kg/cm ²]
q_{ult} =	115.08	q =	11425205011.97	Q_{amm} =	38.36

7.6.4.2. Capacidad portante según Vesic

	[kN/m ²]		[kN]		[kN]
q_{ult} =	6077.65	q =	60338937.84	Q_{amm} =	2025.88
	[t/m ²]		[t]		[t/m ²]
q_{ult} =	619.74	q =	6152761.49	Q_{amm} =	20.66
	[Kg/cm ²]		[Kg]		[Kg/cm ²]
q_{ult} =	61.97	q =	6152761491.11	Q_{amm} =	20.66

7.6.4.3. Capacidad portante según Hansen

	[kN/m ²]		[kN]		[kN/m ²]
q_{ult} =	6069.11	q =	60254078.09	Q_{amm} =	2023.04
	[t/m ²]		[t]		[t/m ²]
q_{ult} =	618.87	q =	6144108.34	Q_{amm} =	20.63
	[Kg/cm ²]		[Kg]		[Kg/cm ²]
q_{ult} =	61.89	q =	6144108342.77	Q_{amm} =	20.63

7.6.4.4. Capacidad portante según Terzagui

	[kN/m ²]		[kN]		[kN/m ²]
q_{ult} =	14380.32	q =	142767770.20	Q_{amm} =	4793.44
	[t/m ²]		[t]		[t/m ²]
q_{ult} =	1466.36	q =	14558029.53	Q_{amm} =	48.88
	[Kg/cm ²]		[Kg]		[Kg/cm ²]



q_{ult} =	146.64	q =	14558029527.20	Q_{amm} =	48.88
--------------------------	--------	------------	----------------	--------------------------	-------

De los análisis realizados para cuestiones de diseño se toma los valores más bajos que pertenecen por el método de Vesic o Hansen con una capacidad de carga de 20.63 kg/cm², valor apto y alto por ser substrato rocoso y recomendable para este tipo de estructura.

7.6.5. Módulo de elasticidad

El módulo de elasticidad estático de la Andesita Basáltica es 6 a 10 x 10E5 kg/cm². y el Coeficiente de Poisson 0.25 tal como se aprecia en el siguiente cuadro:

Tabla 88: Resumen del Módulo de Elasticidad y de Poisson

Roca Intacta	Modulo de Elasticidad Estatico(E=Kg/cm ²)	Modulo de Elasticidad Estatico(E=Kg/cm ²)	Coeficiente de Poisson
Andesita Basaltica	(6-10)*10E5	(6.5-11)*10E5	0.25

7.7. Análisis de estabilidad del dique de la presa

El cuerpo del dique de la presa será de tierra mixta, con material de gravas y arenas arcillosas con núcleo de arcilla y pedraplén en los espaldones sacados del material de cantera, se hizo el análisis de estabilidad aguas arriba con las características geotécnicas descritas en el acápite de materiales de cantera en el programa Slide 5.0 en el cual da un valor de Factor de Seguridad de 2.399 en un ángulo de 2.25 en variación horizontal por 1 en variación vertical siendo un valor aceptable a lo que el diseño tendrá un dique de arcilla protegido por drenes de filtro y por pedraplenes de roca de 0.50 metros en la parte superior y 2 metros en la base del núcleo; asimismo el cuerpo del dique estará cubierta por pedraplén aumentando el factor de seguridad y los problemas de tubificación y estabilidad.



Figura 108: Análisis de estabilidad de talud de dique aguas arriba

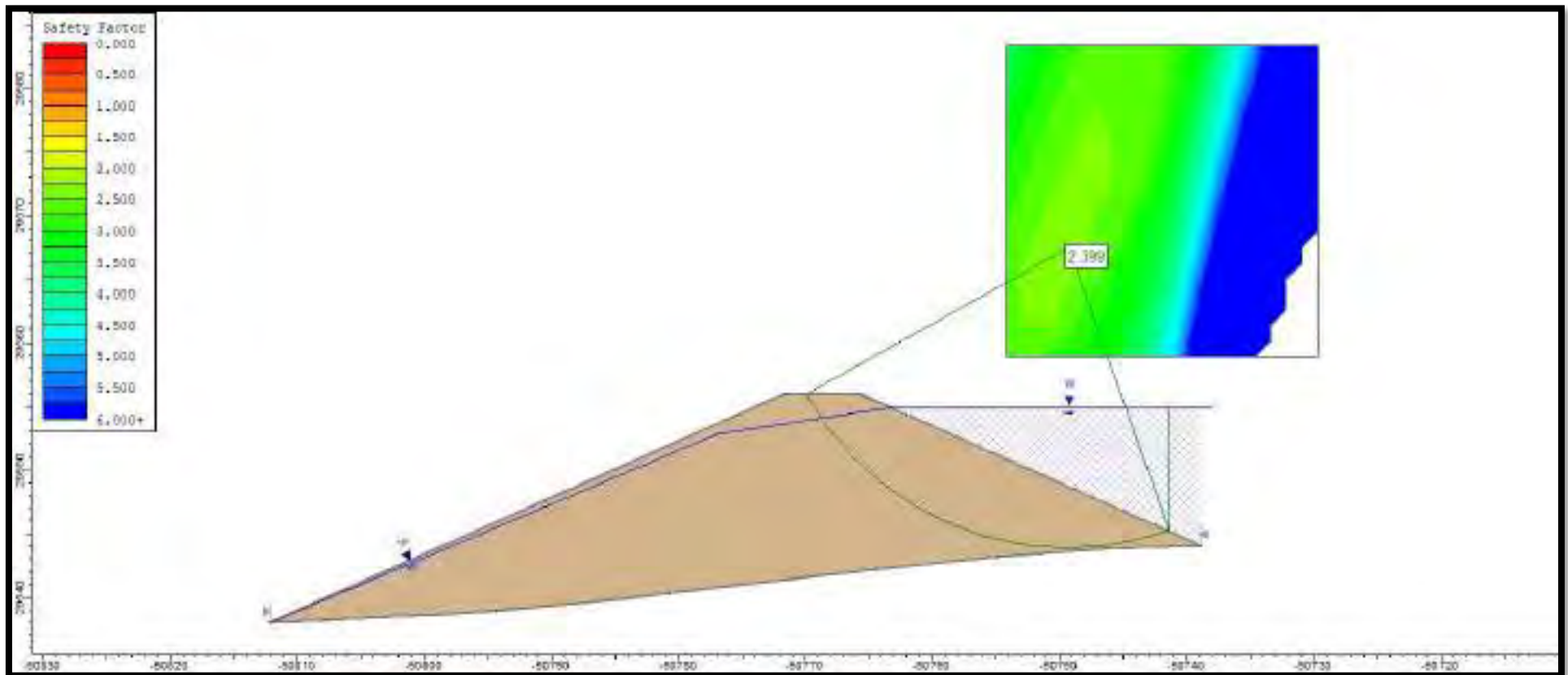
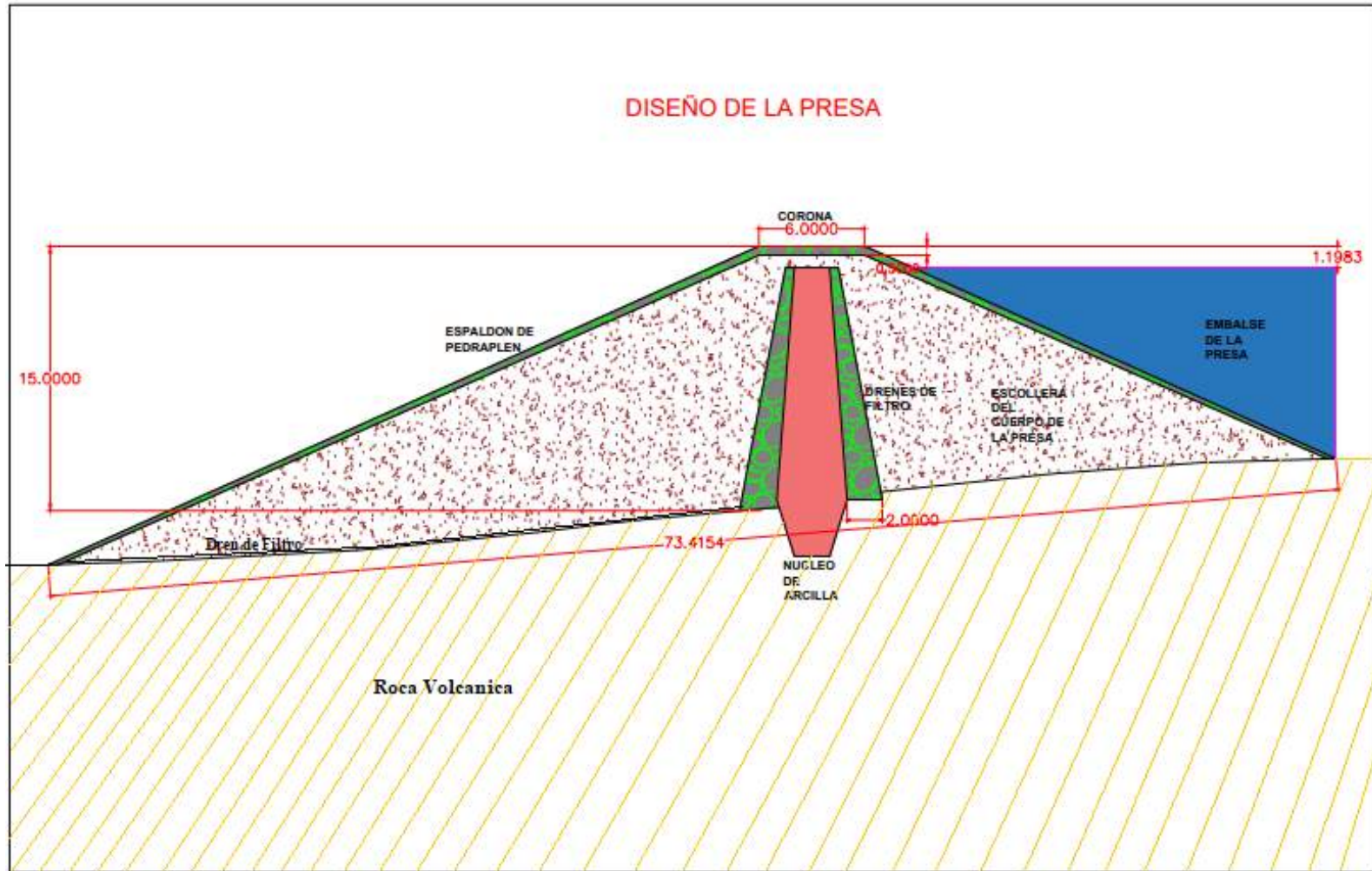




Figura 109: Diseño preliminar del dique de la presa Chocayhua





CAPITULO IX CANTERAS

Para la construcción del dique de la presa se han identificado los siguientes materiales:

8.1. Canteras de Rocas

La cantera de rocas conformadas principalmente por andesitas del Grupo Barroso se ha identificado al Nor-Este y Nor-Oeste del eje de la presa aproximadamente a unos 200 m de distancia, la cantera está conformada por el macizo rocoso y escombros de rocas sueltas en volúmenes suficientes que serán utilizados en los espaldones del dique de la presa. El macizo rocoso supera los 200 000m³, el que se recomienda el uso de voladura.

Tabla 89: Canteras de Rocas en Chocayhua

Cantera de Rocas en el Afloramiento		
AREA(m ²)	Altura de Explotación(m)	VOLUMEN (m ³)
159265	1.5	238897.0

*Figura 110: Ubicacion de las Canteras de Rocas al Nor-este y Nor-oeste del eje de la presa.
(Fuente: Google Earth)*





Esta cantera de rocas andesitas basálticas poseen una resistencia a la compresión entre 48 y 92 Mpa, equivalente a 488 kg/cm² y 937 Kg/cm² respectivamente las cuales fueron determinadas en laboratorio mediante el ensayo de método de prueba estándar resistencia a la compresión de cilindros., MTC E 704 Resistencia a la Compresión de Testigos Cilíndricos, con referencia en las normas ASTM C 39- 39M-2005e2, lo que implica que la roca es de buena calidad para la construcción.

8.2. Cantera de Agregados

Se han obtenido muestras de agregados del rio Apurimac cuyas características físico mecánicas son adecuadas como agregados gruesos y finos que son explotadas por diferentes entidades para distintas obras de construcción, y es la mejor zona en el que se halla expuesto y tiene facilidad de acceso. Sus volúmenes sobrepasan los 200 000 m³ que deben ser zarandeados para la construcción del aliviadero de la presa la cual quedara ubicada en el flanco izquierdo del eje de la presa, por lo cual es recomendable el traslado de este material.

Figura 111: Sacado de material del rio para la producción de los agregados.





8.3. Material de Cantera de suelo para compactación.

Con el fin de garantizar la construcción del dique y evitar sobrecostos de transporte de material se realizó la evaluación de una cantera cercana al dique de la presa con la excavación de 2 calicatas con los siguientes resultados.

Tabla 90. *Resumen de registro de campo de calicatas del vaso de la presa*

Punto de estudio	Profundidad (m)	Nivel Freatico (m)	Estratos
C-07	2.70	NP	O-GM-SC-R
C-08	3.10	NP	O-GP-SC-R

Según el análisis granulométrico por tamizado (ASTM D 422) MTC E 107, los ensayos de plasticidad, contenido de humedad MTC - E108, Determinación del límite líquido (ASTM D 4318) MTC E 110, Determinación del límite plástico MTC E 111 y clasificación de suelo SUCS ASTM D 2487 se tienen la tabla resumen de resultados, para este análisis se realizó la mezcla de los estratos 2 y 3 de gravas y arenas que será el material que se va a compactar en el cuerpo del dique de la presa.

Tabla 91. *Resumen de ensayos básicos de laboratorio*

Punto de estudio	Muestra	Granulometría (%)			Límites (%)			SUCS
		Grava	Arena	Finos	L.P.	L.L.	I.P.	
C-7	E-02 y E-03	37.54	14.80	47.66	16.46	37.88	21.42	GC
C-8	E-02 y E-03	37.17	15.77	47.06	15.59	42.39	26.81	GC

Según los resultados de ensayo de corte directo ASTM D3080, se obtuvo un valor de 22.4 de ángulo de fricción como se detalla en la siguiente tabla.

Tabla 92. *Resumen de ensayos especializados de laboratorio*

Punto de Estudio	Muestra	ϕp (°)	ϕ' (°)
Material a compactar	Can-01	22.4	24.8



ϕ : Angulo de fricción y ϕ' : Angulo de fricción critica

Para el análisis del contenido de humedad optima C.H.O. se realizó el ensayo de Proctor NTP 339.141 (ASTM D1557), obteniendo un valor de 6.3 % y una densidad máxima de 2.01 g/cm³.

Tabla 93. *Parámetros de permeabilidad y densidad para material de cantera*

Punto de Estudio	Muestra	G.E.	k (cm/s)	C.H.O. (%)	D.S.M (g/cm ³)
Material a compactar	Can-01	2.14	$4.16 \cdot 10^{-6}$	6.3	2.01

GE: gravedad específica, k: Permeabilidad vertical, C.H.O.: Contenido de humedad optima y D.S.M.: Densidad seca máxima

De acuerdo al análisis de laboratorio de mecánica de suelos estos datos serán a los que se deberá llegar al momento de la construcción del dique, siendo controlados con ensayos de supervisión como el cono de arena, densímetros.



ANALISIS Y RESULTADOS

Se evaluó las características Geológicas y Geotécnicas del terreno de fundación para garantizar la estabilidad y estanqueidad de la presa Chocayhua, lo más importante de la investigación fue correlacionar los resultados de cada disciplina, dando una perspectiva integral geotécnicamente.

Análisis 01

Según el objetivo número uno de la investigación determinar las características geológicas, geomorfológicas y el comportamiento estructural del terreno de fundación del eje y vaso de la presa Chocayhua, los resultados obtenidos muestran que geomorfológicamente la zona de estudio forma parte de la cordillera occidental del sur dentro del complejo volcánico de Livitaca, en un valle glaciar en forma U dentro de la cual se encuentran las subunidades de vertiente o piedemonte y el complejo volcánico. Dentro de la geomorfología local presenciamos geoformas como terrazas inclinadas, laderas medianamente inclinadas en depósitos cuaternarios y montaña volcánica empinada, la microcuenca abarca un área de 1.10 km². Geológicamente la zona de estudio se encuentra emplazado en las rocas volcánicas correspondientes al grupo barroso compuesto de rocas andesitas y dacitas, finalmente casi la mayor parte de la zona de estudio se encuentra recubierto por material cuaternario fluvioglaciar están compuestos de gravas angulosas envueltos en una matriz areno limo-arcilloso principalmente el área del embalse de la presa proyectada de Chocayhua. Estructuralmente se presenta un sistema de fallas y diaclasas; la falla inferida 1 pasa por el eje de presa con dirección NE-SW y la segunda falla inferida 2 se encuentra a 50 metros del eje de presa con dirección NW-SE. En los diagramas de roseta obtenidos respecto al procesamiento de los datos nos muestra a dos familias de diaclasas el principal con dirección NE-SW, donde corta casi perpendicularmente la dirección de eje de presa y el segundo con dirección NW-SE, con estos resultados se puede inferir que las condiciones geológicas y morfológicas de las rocas del dique y



del vaso cumplen con los requerimientos para emplazamiento de una presa, las cuales son adecuados para un almacenamiento óptimo resultados que al ser comparados con la tesis titulada como Estudio Geológico y Geotécnico del terreno de fundación para la construcción de la presa Huisillopunku – Santo Tomas, Gutierrez, Edwin y Quispe, Rosmery (2021) concluyen que geológicamente en su zona, la presa se emplazara en rocas volcánicas. El eje de la presa se asentará en la formación Alpbamba, conformadas por rocas volcánicas de composición andesíticas y riolíticas de textura porfídica similares a la formación volcánica del grupo barroso presentes en la microcuenca de Chocayhua, las cuales son favorables para su emplazamiento por otro lado la profundidad de la cimentación de la presa dependerá del espesor de las rocas fracturadas alteradas hasta encontrar a mayor profundidad la roca más competente.

Análisis 02

Según el objetivo número dos de la investigación evaluar las condiciones hidrológicas e hidrogeológicas del área de estudio, los resultados obtenidos muestran que hidrológicamente forma parte de la cuenca del Apurímac, según el sistema de codificación de cuencas Pfasterter se encuentra dentro de la unidad hidrográfica 49999 de nivel 5; asimismo presenta un área de 1.10 km² clasificada como quebrada según la Metodología de priorización de cuencas DSMC – DGASI con un sistema de drenaje de orden 2 con un factor de forma $F_f=0.881$ de forma muy ensanchada, presenta una altitud media de 4307.9 m.s.n.m. La temperatura media anual es de 5.9 °C, con temperatura media mínima anual de -4.5 °C con caídas más bajas en los meses de abril a setiembre y temperaturas medias máximas de 16.6 °C siendo los meses más calurosos noviembre, diciembre; de acuerdo a la regionalización en base a cuatro estaciones meteorológicas la precipitación media anual para la altitud media de 4307.10 m.s.n.m. es de 950.60 mm, la evapotranspiración potencial es de 528.94 mm, la evapotranspiración real es de 413.88 con un excedente hídrico de 536.72 mm



y un coeficiente de escurrimiento de 56%. La retención es de 166.1 mm/año y representa el 17.48 % de la precipitación media anual con un coeficiente de agotamiento de 0.0298 por día, una cuenca con agotamiento rápido por la típica característica de los meses lluviosos y meses de estiaje, se tiene un caudal promedio anual de 18.89 lt/s (0.02 m³/s), con estos resultados se puede inferir que las condiciones hidrológicas e hidrogeológicas favorecen para el aprovechamiento de aguas superficiales y la estanqueidad de la presa resultados que al ser comparados con la tesis titulada como Estudio geológico y geotécnico para la construcción de la presa quillca – Espinar – Cusco, por: Francis prado alzamorra y Higor Velasquez Paucar,2015 concluyen que la evaluación Hidrológica está basada en los parámetros relacionados al balance hídrico de la microcuenca, necesarios para obtener variables cualitativas como cuantitativas para la etapa de perfil del proyecto por otro lado los componentes ya mencionados de precipitación, evapotranspiración real, escorrentía y retención son fundamentales para el desarrollo del balance hídrico.

Análisis 03

Según el objetivo número tres de la investigación evaluar la geodinámica interna y externa del ámbito de estudio los resultados obtenidos muestran que dentro de la geodinámica interna la microcuenca de Chocayhua según el mapa de Máximas Intensidades Sísmicas observadas en el Perú (UNI) la máxima intensidad que puede preverse para la zona de estudio es de VII grados en la escala modificada de Mercalli con una aceleración 0.25 g para un periodo de exposición de 50 años y una probabilidad de excedencia de 10% de acuerdo al instituto geofísico del Perú. En cuanto a la geodinámica externa se han identificado cárcavas, volcamiento y caída de rocas y pequeños deslizamientos que se encuentran como vertiente del río Apurímac con estos resultados se puede inferir que las condiciones geodinámicas tanto internas como externas son mínimas por lo tanto son favorables para el emplazamiento de la presa, resultados que al ser comparados con el libro de



Gonzales de Vallejo, Ferrer, Ortuño, & Oleo, 2002, en el capítulo de presas la metodología de los estudios geológicos y geotécnicos concluyen que los estudios previos y de factibilidad cuyo objetivo es establecer la viabilidad de la presa según los siguientes criterios geológicos debe existir ausencia de riesgos geológicos significativos para la seguridad de la presa y el embalse (grandes deslizamientos, intensa carstificación, fallas activas en la cerrada en zonas de alta sismicidad, etc.) por otro lado si existiese riesgos geológicos significativos se requiere plantear soluciones ingenieriles con la finalidad de mitigar estos riesgos.

Análisis 04

Según el objetivo número cuatro de la investigación determinar las características del subsuelo mediante métodos de prospección geofísica de Sondaje eléctrico vertical (SEV) y Refracción sísmica, los resultados obtenidos muestran que mediante los ensayos de prospección geofísica geo eléctricos se utilizó el sondaje eléctrico vertical SEV en tres puntos a lo largo del eje de la presa en donde se identificaron 3 horizontes principales; el primer horizonte H1 con resistividades entre 29.7 y 53.4 ohm-m y espesores de 5.2 a 9.7 metros compuesto por depósitos sedimentarios con presencia de cobertura vegetal compuesta por bofedales y presencia de humedad saturada en superficie más abajo por gravas o cantos de composición de rocas volcánicas en matriz areno arcillosa con bajo contenido de humedad, el horizonte H2 con resistividades entre 101.2 y 154. ohm-m y espesores de 8.9 y 15.1 metros compuesto por roca volcánica alterada a roca dura y el horizonte H3 con resistividades entre 268 y 381 ohm-m de espesor indefinido que estaría conformado por un basamento rocoso muy duro e impermeable. Mediante los ensayos sísmicos se realizaron 2 líneas de refracción sísmica LS-01 y LS-02, del cual en la LS-01 de 92 metros de longitud presenta 4 estratos, el primer estrato con velocidades de onda V_p entre 0 m/s a 700 m/s con espesor de 1 a 3.2 metros de suelo granular rígido a denso, el segundo estrato con V_p de 700



m/s a 1500 m/s con espesores de 2.5 a 8.3 a un suelo granular denso a muy denso, un tercer estrato entre 1500 m/s a 3000 m/s con espesor de 3.3 a 9.0 correspondientes a roca alterada a roca dura y un cuarto estrato con V_p entre 3000 m/s a 5000 m/s con espesores de 9.3 a 18.8 metros a roca volcánica muy dura. La línea LS-02 de 80.5 metros de longitud presenta cuatro estratos, el primer estrato con velocidades de onda V_p entre 0 m/s a 700 m/s con espesor de 0 a 1.3 metros de suelo granular rígido, el segundo estrato con V_p de 700 m/s a 1500 m/s con espesores de 1.0 a 2.9 metros de suelo granular denso a muy denso, un tercer estrato entre 1500 m/s a 3000 m/s con espesor de 2.1 a 10.7 correspondientes a roca volcánica alterada a roca dura y un cuarto estrato con V_p entre 3000 m/s a 5000 m/s con espesores de 4.9 a 16.3 metros de roca volcánica muy dura. Los resultados de los ensayos de MASW en cada línea corresponden a la parte central en donde la velocidad de ondas secundarias S en superficie para MASW-1 es de 356.6 m/s siendo un suelo de tipo D (suelo rígido) y según la NTP E-30 son de tipo S2 (suelo intermedio), para MASW-2 es de 370.6 m/s siendo un suelo de tipo C (suelo muy denso o roca blanda) y según la NTP E-30 son de tipo S2 (suelo intermedio); para el caso del tipo de suelo S2 le corresponde un periodo predominante $TP(s)=0.6s$. y un $TL(s)=2.0s$ y la zona del proyecto se encuentra dentro de la Zona Sísmica 2, le corresponde un factor de Zona $Z=0.25$ y un factor de amplificación sísmica $S=1.20$, con estos resultados se puede inferir que las características del subsuelo mediante métodos de prospección geofísica de Sondaje eléctrico vertical (SEV) y Refracción sísmica presentan materiales favorables para el emplazamiento de la presa, resultados que al ser comparados con la tesis Estudio Geológico, Geotécnico Para La Construcción De La Presa Hayculli En La Comunidad Campesina De Quehuincha Del Distrito De Livitaca – Chumbivilcas - Cusco” Por Bach. Ronald Ramirez Oyola (2022) concluyen que con el estudio geofísico por el método de refracción sísmica son ideales para realizar el estudio del subsuelo del terreno de fundación de la presa por otro lado los



suelos granulares arcillosos, que corresponde a material granular identificado como una Grava Arcillosa Limosa Con Arena Gc – Gm+Bo, presencia de bolonería ciclópea es apropiada para la construcción de la presa de tierra con la consideración de que sean previamente zarandeados.

Análisis 05

Según el objetivo número cinco de la investigación determinar los parámetros y características geotécnicas de los materiales presentes en el eje y vaso de la presa, los resultados obtenidos muestran que de las exploraciones geotécnicas, se realizó 08 calicatas 03 en el vaso, 03 en el eje y 02 calicatas para la evaluación de cantera y se ha realizado calicatas de hasta 3.10 m en el eje de la presa, identificando por debajo del suelo un macizo rocoso que varía entre: rocas ígneas volcánica de andesitas basálticas que sobre el cual se realizara el nivel de desplante de la estructura de la presa, el suelo por encima del macizo rocoso según los resultados de laboratorio corresponden a arenas arcillosas SC que tienen un comportamiento favorable en función a permeabilidad actuando como sello en el contacto entre roca y cuerpo compactado, el material de cantera para compactar se realizara en base al análisis de las calicatas C-07 y C-08 y los estratos 2 y 3 GM - SC y GP – SC respectivamente donde según los resultados de ensayo de corte directo ASTM D3080, se obtuvo un valor de 24.8° de ángulo de fricción, asimismo para el análisis del contenido de humedad óptima C.H.O. se realizó el ensayo de Proctor NTP 339.141 (ASTM D1557), obteniendo un valor de 6.3 % y una densidad seca máxima de 2.01 g/cm³. Para los espaldones del dique de la presa se usaran rocas de andesitas basálticas de tamaño de medio metro. En el eje de la presa y zonas que involucran esta área se realizó la evaluación geomecánica del macizo rocoso mediante la clasificación RMR (Bieniawski, 1989) en estaciones EG01, EG02, EG03 obteniendo un RMR promedio de 58.6, 58.7 y 54.5 respectivamente y ensayos de compresión simple con testigos de roca de las estaciones EG01, EG03, EG04 obteniendo un valor promedio de 938.6,



831.1 y 487.8 kg/cm². De acuerdo al resultado que presenta según las evaluaciones en los puntos cercanos al eje de la presa, se tomó en cuenta los valores más subestimados que es de la estación geo mecánica EG-03, la que presenta una cohesión de 1.971 kg/cm² y un ángulo de fricción interna de 24.33° con estos datos se calculó la capacidad de carga última determinado en base a la fórmula de Terzaghi y Peck (1967) modificado por Vesic (1973), Hansen y Meyerhof que incluye factores de corrección de forma. De los análisis realizados para cuestiones de diseño se toma los valores más bajos que pertenecen por el método de Vesic o Hansen con una capacidad de carga de 20.63 kg/cm², valor apto y alto por ser substrato rocoso y recomendable para este tipo de estructura. Las condiciones de profundidad se consideraron a partir de los 3 metros que es a la que se encuentra el terreno de fundación del sustrato rocoso en los flancos, con altura del cuerpo de la presa de H=15.00 m, con un ancho de base B = 73 metros y un largo de dique L= 136 metros para un factor de seguridad de F.S: 2.39 favorables para la construcción de la presa Chocayhua. con estos resultados se puede inferir que los parámetros y características geotécnicas de los materiales cumplen según la normatividad vigente para la construcción de una presa; resultados que al ser comparados con la Tesis Titulada: Evaluación Geotécnica para la Construcción de la Presa Huancayo – Junín Carlos (2022), se concluye que los datos obtenidos en campo y laboratorio brindan la información necesaria para la construcción de la presa, por otro lado las presas de tierra no son competitivas en costo con las de mampostería en todos los tamaños, generalmente son más económicas y resisten mejor los asentamientos de la cimentación.



CONCLUSIONES

Conclusion 01.

Geomorfológicamente la microcuenca de Chocayhua está ubicada en la cordillera occidental del sur del Perú, localmente se han identificado unidades geomorfológicas como terrazas llanas de pendiente baja, laderas de mediana pendiente en depósitos fluvio-glaciares y laderas empinadas de fuerte pendiente en roca volcánica, presenta un área de 1.10 km². Geológicamente la zona de estudio se encuentra emplazado en las rocas volcánicas correspondientes al grupo barroso compuesto de rocas andesitas, casi la mayor parte de la zona de estudio se encuentra recubierto por material cuaternario fluvio-glaciar compuesto por gravas angulosas envueltos en una matriz areno limo-arcilloso principalmente el área del embalse de la presa proyectada de Chocayhua. Desde el punto de vista estructural al Este del área de estudio se registra la falla regional Cusco- Lagunillas que va en dirección NW – SE que delimita los dominios estructurales (cordillera occidental y el altiplano occidental) y localmente se identificaron dos sistemas de fallas locales inferidas el primer sistema en dirección NE- SW y el segundo sistema con dirección NW-SE

Conclusion 02.

Hidrológicamente es unidad hidrográfica 499995 de nivel 6 según Pfasterer. La temperatura media anual es de 5.9 °C. La precipitación media anual es de 950.60 mm, la evapotranspiración potencial es de 528.94 mm, la evapotranspiración real es de 413.88mm y un coeficiente de escurrimiento de 56%. La retención es de 166.1 mm/año y representa el 17.48 % de la precipitación media anual por lo cual es una cuenca con agotamiento rápido, se tiene un caudal promedio anual de 18.89 lt/s (0.02 m³/s). La cuenca permitirá garantizar el embalse de la presa de



hasta 274 057.8m³ que permitirán el riego de 62.67 ha de áreas de Cultivo en beneficio de 42 familias. De acuerdo a los ensayos de permeabilidad y basado en la geología local se identificaron unidades hidrogeológica grupos de acuíferos y acuitardos.

Conclusion 03.

Dentro de la geodinámica interna la microcuenca de Chocayhua según el mapa de Máximas Intensidades Sísmicas observadas en el Perú la máxima intensidad que puede preverse para la zona de estudio es de VII grados en la escala modificada de Mercalli con una aceleración 0.25 g para un periodo de exposición de 50 años y una probabilidad de excedencia de 10% de acuerdo al IGP. En cuanto a la geodinámica externa se han identificado cárcavas, volcamiento y caída de rocas y pequeños deslizamientos que se encuentran como vertiente del rio Apurímac.

Conclusion 04.

Mediante los ensayos de prospección geofísica geo eléctricos se utilizó el sondaje eléctrico vertical SEV por el método schlumberger, los ensayos de refracción sísmica y MASW a lo largo del eje y del vaso de la presa estableciendo secciones geotécnicas, la línea LS-02 de 80.5 metros de longitud correspondiente al eje de la presa presenta cuatro estratos, el primer estrato con velocidades de onda Vp (0-700 m/s) de suelo granular rígido, el segundo estrato con Vp (700-1500 m/s) de suelo granular denso a muy denso, un tercer estrato con Vp(1500-3000 m/s) de roca volcánica alterada a roca dura y un cuarto estrato con Vp (3000-5000 m/s) de roca volcánica muy dura.

Conclusion 05.

De las exploraciones geotécnicas, se realizó 08 calicatas 03 en el vaso, 03 en el eje y 02 calicatas para la evaluación de cantera y se ha realizado calicatas de hasta 3.10 m en el eje de la presa, identificando por debajo del suelo un macizo rocoso de rocas ígneas volcánica de andesitas basálticas que sobre el cual se realizara el nivel de desplante de la estructura de la presa, el suelo



por encima del macizo rocoso según los resultados de laboratorio corresponden a arenas arcillosas SC que tienen un comportamiento favorable en función a permeabilidad actuando como sello en el contacto entre roca y cuerpo compactado, el material de cantera para compactar en el cuerpo del dique de la presa se realizará en base al análisis de las calicatas C-07 y C-08 de los estratos 2 y 3 GM - SC y GP – SC respectivamente, asimismo se obtuvo un ángulo de fricción de 24.8 según el ensayo de corte directo, y contenido de humedad optima C.H.O. de 6.3 % y una densidad máxima de 2.01 g/cm³ según el ensayo de Proctor modificado. La valorización del macizo según Bieniawski (RMR), es de clase II y de una calidad buena a regular con ensayos de compresión simple con testigos de roca de las estaciones obteniendo valores entre 48 y 92 Mpa, equivalente a 488 kg/cm² y 937 Kg/cm² respectivamente, presenta una cohesión de 1.971 kg/cm² y un ángulo de fricción interna de 24.33°. Con una capacidad de carga de 20.63 kg/cm², valor apto y alto por ser sustrato rocoso y recomendable para este tipo de estructura. Las condiciones de profundidad se consideraron a partir de los 1.5 m del terreno de fundación del sustrato rocoso, con altura del cuerpo de la presa de H=15.00 m, con un ancho de base B = 73 m y un largo de dique L= 136 m para un factor de seguridad de F.S: 2.39 en un ángulo de 2.25:1 siendo un valor aceptable y favorable para la construcción de la presa Chocayhua.



RECOMENDACIONES

- 1) Se recomienda realizar estudios de manejo del medio ambiente con la finalidad de reducir los potenciales impactos ambientales asociados con la operación de la presa Chocayhua.
- 2) Se recomienda la construcción una presa de tierra mixta, con material de gravas y arenas arcillosas con núcleo de arcilla y pedraplén de rocas medianas a grandes en los espaldones sacados del material de cantera, con una profundidad de cimentación de 1.5 metros a partir del sustrato rocoso y con altura del cuerpo de la presa de $H=15.00$ m, con un ancho de base $B = 73$ metros y un largo de dique $L= 136$ metros, con ancho de corona de 6.00 m , para el control de excedencias construir una estructura tipo vertedor lateral.
- 3) Monitorear y controlar el comportamiento geodinámico de las áreas excavadas durante la construcción, operación y mantenimiento del proyecto.
- 4) Realizar un muestreo del agua para su análisis físico-químico, químico, biológico y físico en laboratorio.
- 5) Se recomienda en exploraciones posteriores realizar perforaciones diamantinas verificando mediante pruebas Lugeón por tramos de 2.0 m alguna variación de permeabilidad en fracturas o discontinuidades. Para luego realizar inyecciones de cemento y/o lodo de bentonita para impermeabilizar el eje de la presa proyectada, con la finalidad de evitar flujos fuerza y garantizar estabilidad hídrica.
- 6) Se recomienda la construcción de una trocha carrozable para una mejor accesibilidad y traslado del material de cantera para la construcción de la presa.



BIBLIOGRAFIA

- Alberti, A. (12 de Enero de 2021). *ALSGLOBAL*. Obtenido de <https://www.alsglobal.com/es-co/news/articulos/2020/12/construction-tech>
- Alvarez Manilla Aceves, A. (2003). *Geofisica Aplicada en los Proyectos Basicos de Ingenieria Civil*. Mexico.
- Bureau of reclamation, F. (2001). *Diseño de pequeñas presas*. (E. Martinez Marin, P. Batanero Akerman, E. Martinez Olmos, & M. Gonzales Ordoñez, Trads.) Madrid, España.
- CHONGQING Gold Mechanical & Electrical Equipment CO., LTD. (s.f.). *DUK-2A Multi-electrode Resistivity Survey System - Operations Manual*. China.
- Cruden, D., & Varnes, D. (1996). *Landslides types and Processes*. Washington D.C.
- EY, Building a better working world. (2021). *Inteligencia Artificial (IA): Una nueva oportunidad para el sector de construccion*. España: ED None.
- Flores Berrones, R., Vassilev, H., & Li Liu, X. (2001). *Geotecnia en Ingenieria de Presas*. Mexico: Instituto Mexicano de Tecnologia del Agua.
- GASSULLA, M. (1999). *Obtención de Imágenes de la Distribución de Impedancias Eléctricas del Subsuelo: Aplicación a la Detección de Objetos Locales*. Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Cataluña, Cataluña.
- GEOGIGA TECHNOLOGY CORP. (2011). *Geogiga RTomo 5.01 User Guide*. China.
- GOLDEN SOFTWARE. (2015). *Voxler®4. 3D Well & Volumetric Data Visualization*. Colorado: Golden.
- HAYASHI, K., & SUZUKI, H. (2004). CMP cross-correlation analysis of multi-channel surface-wave data. *Exploration Geophysics*, 7.
- INGEMMET. (1995). *Geologia de los cuadrangulos Velille, Yauri, Ayaviri y Azangaro*. Lima: Talleres Gráficos Full Graphic SRL.
- M. Das, B. (2015). *Fundamentos de Ingenieria Geotecnica* (4ta ed.). Mexico: Ediciones OVA.
- Ministerio de vivienda. (2016). *NORMA TÉCNICA E.030 “DISEÑO SISMORRESISTENTE” DEL REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES, APROBADA POR DECRETO SUPREMO N° 011-2006-VIVIENDA, MODIFICADA CON DECRETO SUPREMO N° 002-2014-VIVIENDA*. Lima: El Peruano.



- ORELLANA, E. (1972). *PROSPECCION GEOELECTRICA EN CORRIENTE CONTINUA*.
Madrid: Paraninfo.
- P. Matinez Alfaro, P. M. (2006). *Fundamentos de la Hidrología*. Madrid- Barcelona:
Mundi Prensa.
- PMA: GCA . (2007). *Movimientos en masa en la región andina: una guía para la evaluación de
amenazas*. Canada.
- Scholz, L. (1980). *Generación de Caudales Mensuales en la Sierra Peruana*. Cusco, Peru: Plan
Meris II.
- Suarez, L. M. (1982). *Ingeniería de Presas Obras de toma, descarga y desviación*. Caracas,
Venezuela: Ediciones Vega S.R.L. Recuperado el Diciembre de 2022
- SUPPER, R., MOTSCHKA, K., AHL, A., BAUER-GOTTWEIN, P., ALONSO, G. M., &
KINZELBACH, W. (2009). *Spatial mapping of submerged cave systems by means of
airborne electromagnetics: an emerging technology to support protection of endangered
karst aquifers*.
- Vallejo, L. I. (2002). *Ingeniería Geológica*. España: Pearson Educacion.
- Villota, H. (1997). *Una nueva aproximación a la clasificación fisiográfica del terreno*. Santa Fe
de Bogotá: Revista CIAF, 15(1): 83-117.



ANEXOS

ANEXOS : Panel fotográfico



Figura. Estación Geomecánica 01





Figura. Estación Geomecánica 02



Figura. Estación Geomecánica 03



Figura. Estación Geomecánica 04



Figura. Aforo del manante de la Microcuenca de Chocayhua



Figura. Interacción con los comuneros de la comunidad de Chocayhua



Figura. Afloramiento de macizo rocoso a tres metros de profundidad.



ESTUDIO GEOFÍSICO POR EL MÉTODO DE REFRACCIÓN SÍSMICA, MASW Y SONDAJES ELECTRICOS VERTICALES PARA LA CONSTRUCCION DE LA PRESA CHOCAYHUA – QUEHUE – CANAS – CUSCO.

MUNICIPALIDAD
DISTRITAL DE
QUEHUE

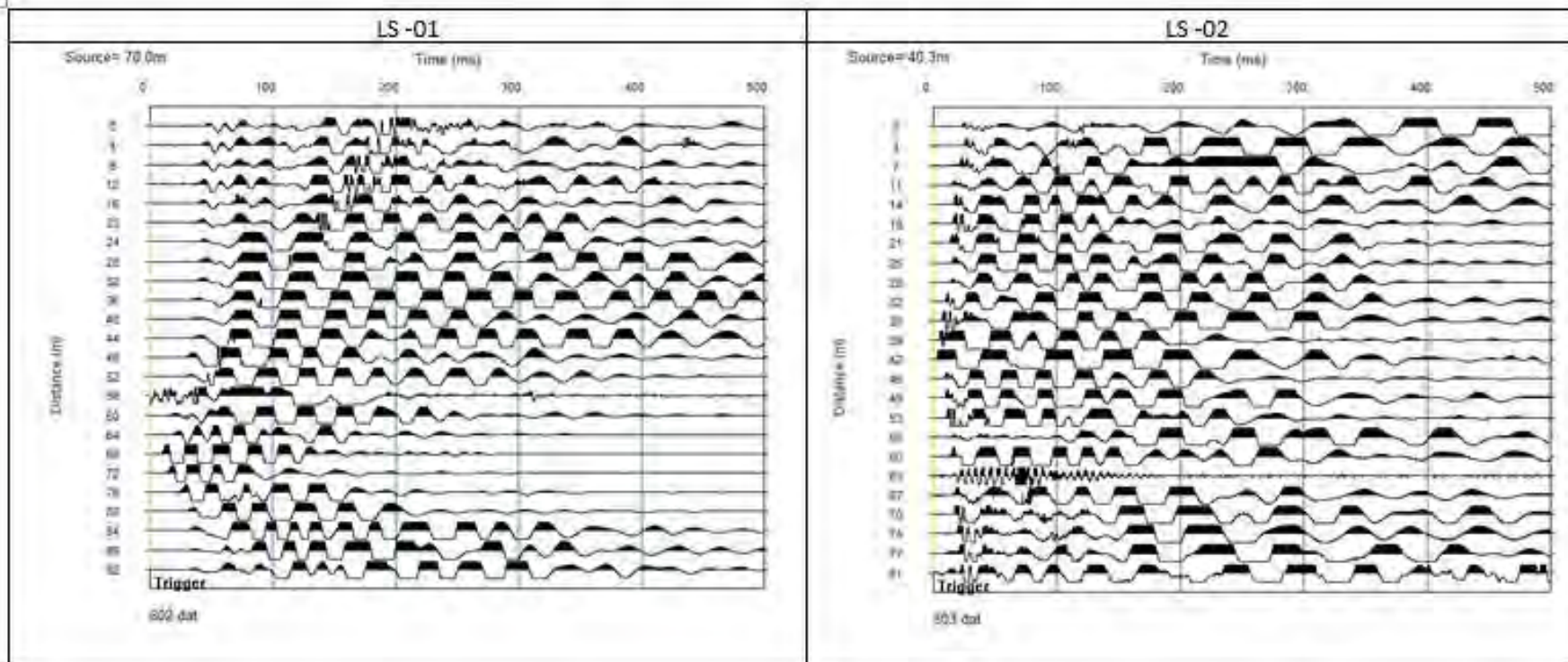
CUSCO

2021

Apéxa I.1 – Registros de Ondas Sísmicas – Refracción Sísmica

Página 1 de 1

REGISTROS DE ONDAS SÍSMICAS - ENSAYO DE REFRACCIÓN SÍSMICA





ESTUDIO GEOFÍSICO POR EL MÉTODO DE REFRACCIÓN SÍSMICA, MASW Y SONDAJES ELECTRICOS VERTICALES PARA LA CONSTRUCCION DE LA PRESA DE CHOCAYHUA – QUEHUE – CANAS – CUSCO.

MUNICIPALIDAD
DISTRITAL DE
QUEHUE

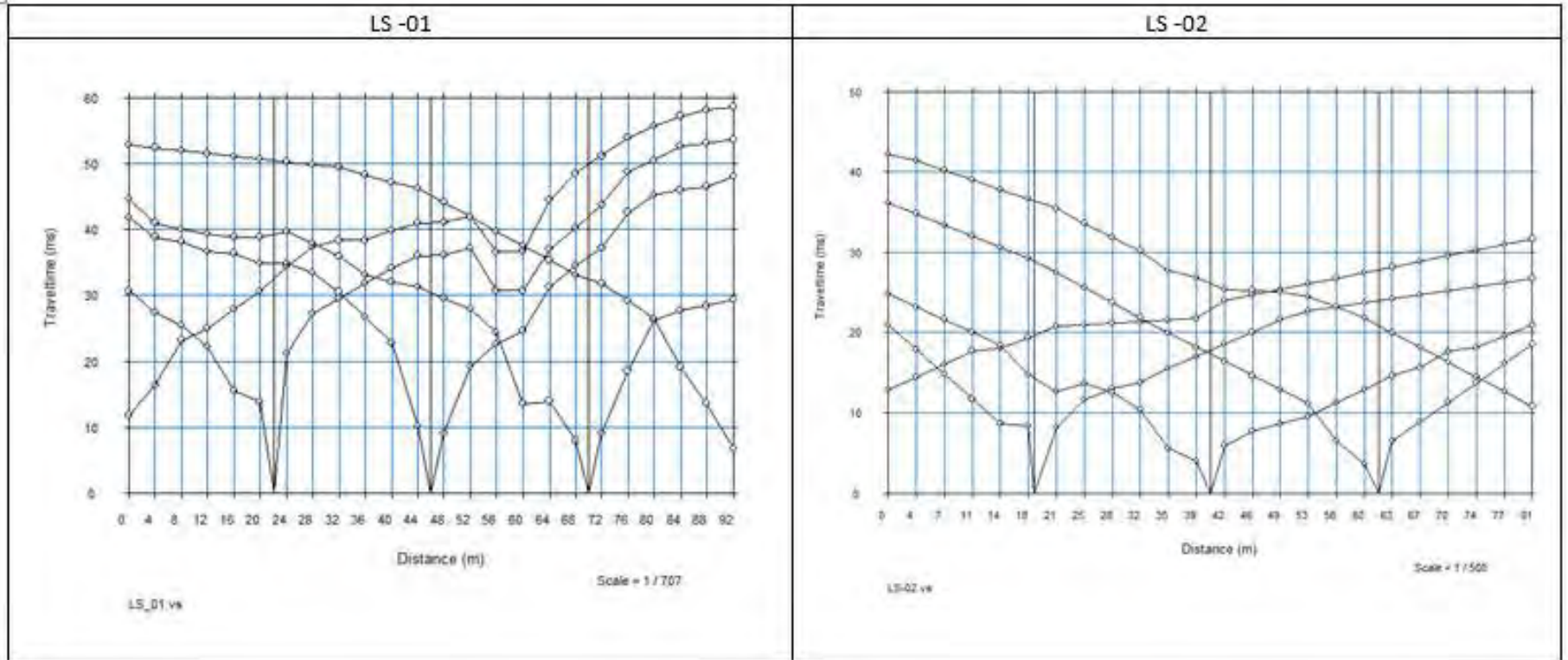
CUSCO

2021

Anexo 1.2 – Registro de Domocranas – Refracción Sísmica

Página 1 de 1

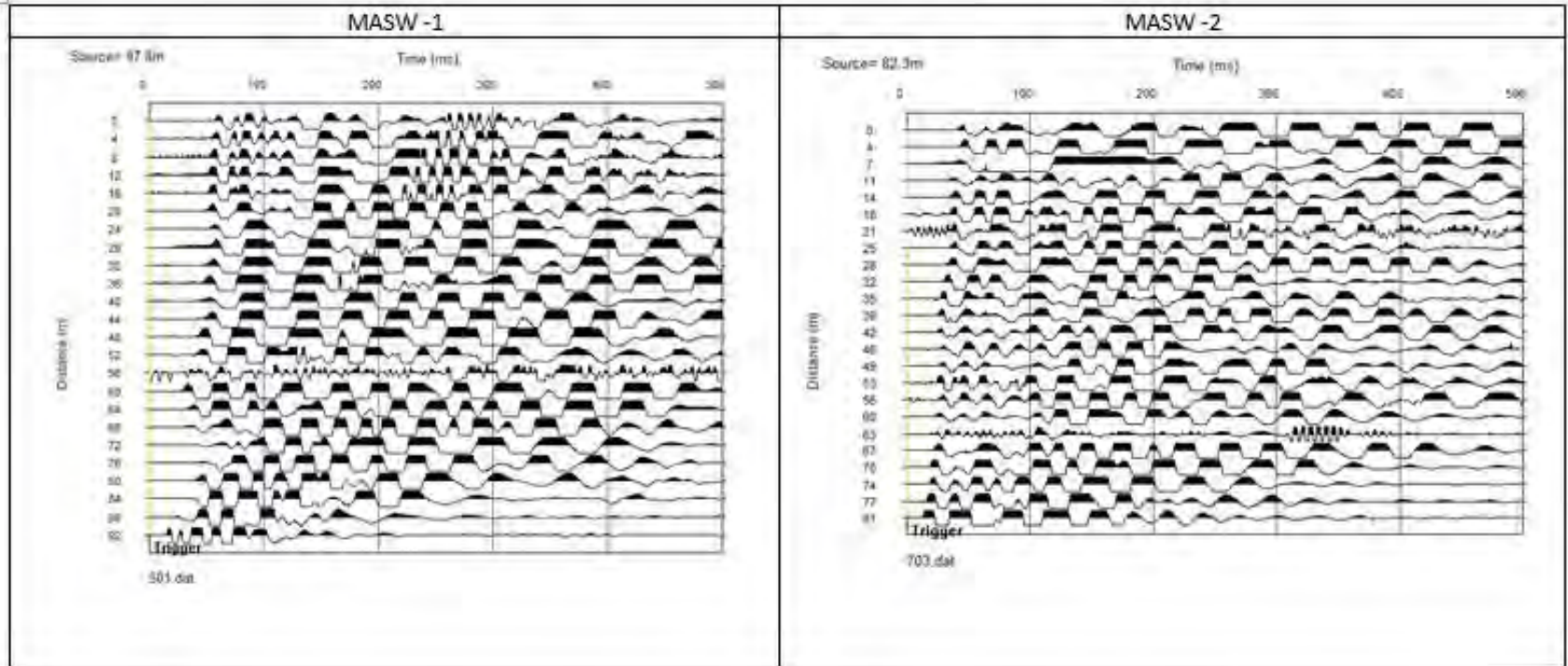
REGISTROS DE ONDAS SÍSMICAS - ENSAYO DE REFRACCIÓN SÍSMICA





ESTUDIO GEOFÍSICO POR EL MÉTODO DE REFRACCIÓN SÍSMICA, MASW Y SONDAJES ELECTRICOS VERTICALES PARA LA CONSTRUCCION DE LA PRESA DE CHOCAYHUA – QUEHUE – CANAS – CUSCO.		
MUNICIPALIDAD DISTRIITAL DE QUEHUE	CUSCO	2021
<i>Anexo 2.1 – Registros de Ondas Sísmicas – Sondajes MASW</i>		<i>Página 1 de 1</i>

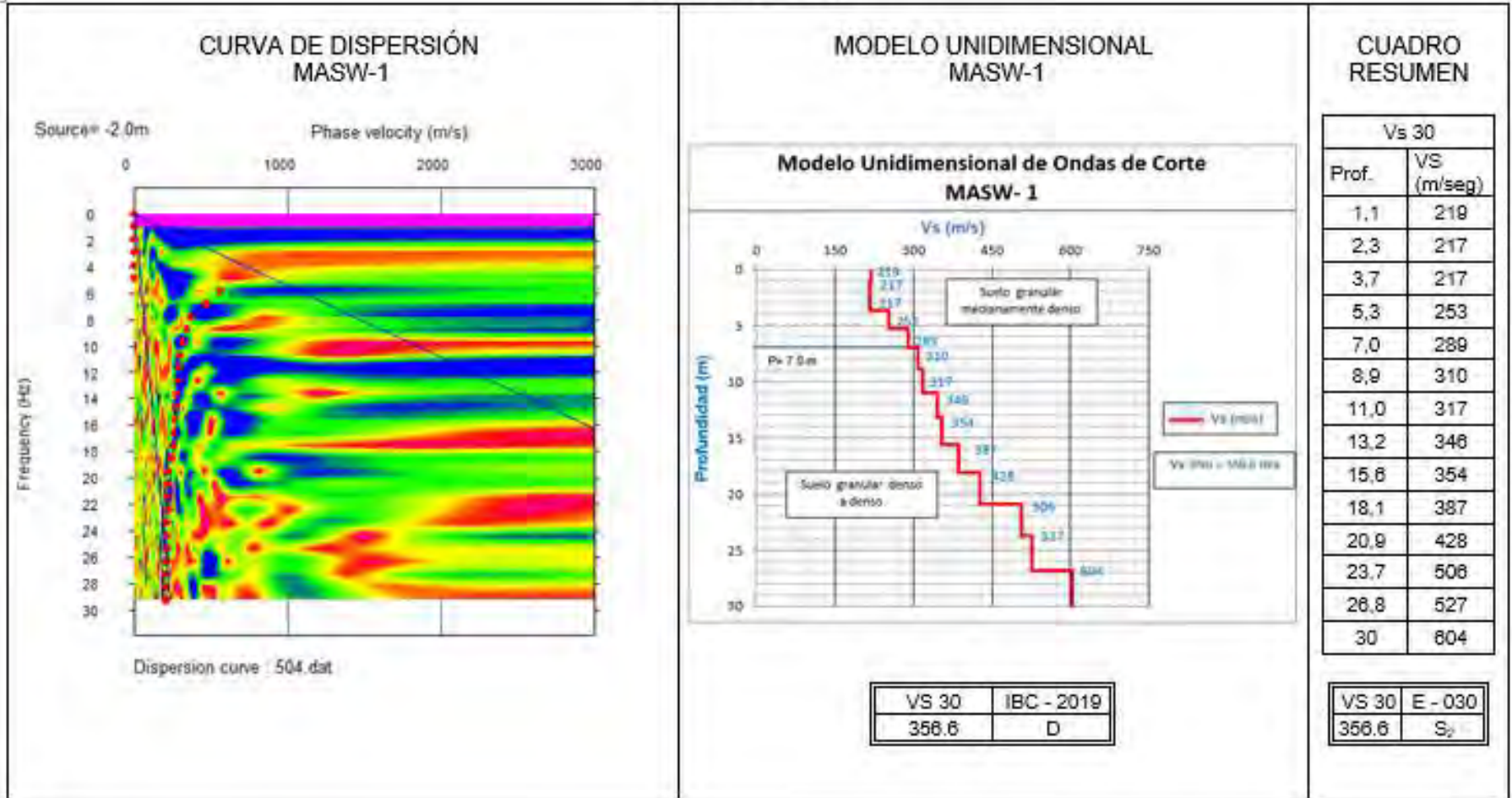
REGISTROS DE ONDAS SÍSMICAS - ENSAYO DE REFRACCIÓN SÍSMICA





ESTUDIO GEOFÍSICO POR EL METODO DE REFRACCIÓN SISMICA, MASW Y SONDAJES ELECTRICOS VERTICALES PARA LA CONSTRUCCION DE LA PRESA DE CHOCAYHUA – QUEHUE – CANAS – CUSCO.		
MUNICIPALIDAD DISTRICTAL DE QUEHUE	CUSCO	2021
<i>Anexo 2.2 –Curva de Dispersión–Sondajes MASW</i>		<i>Página 1 de 2</i>

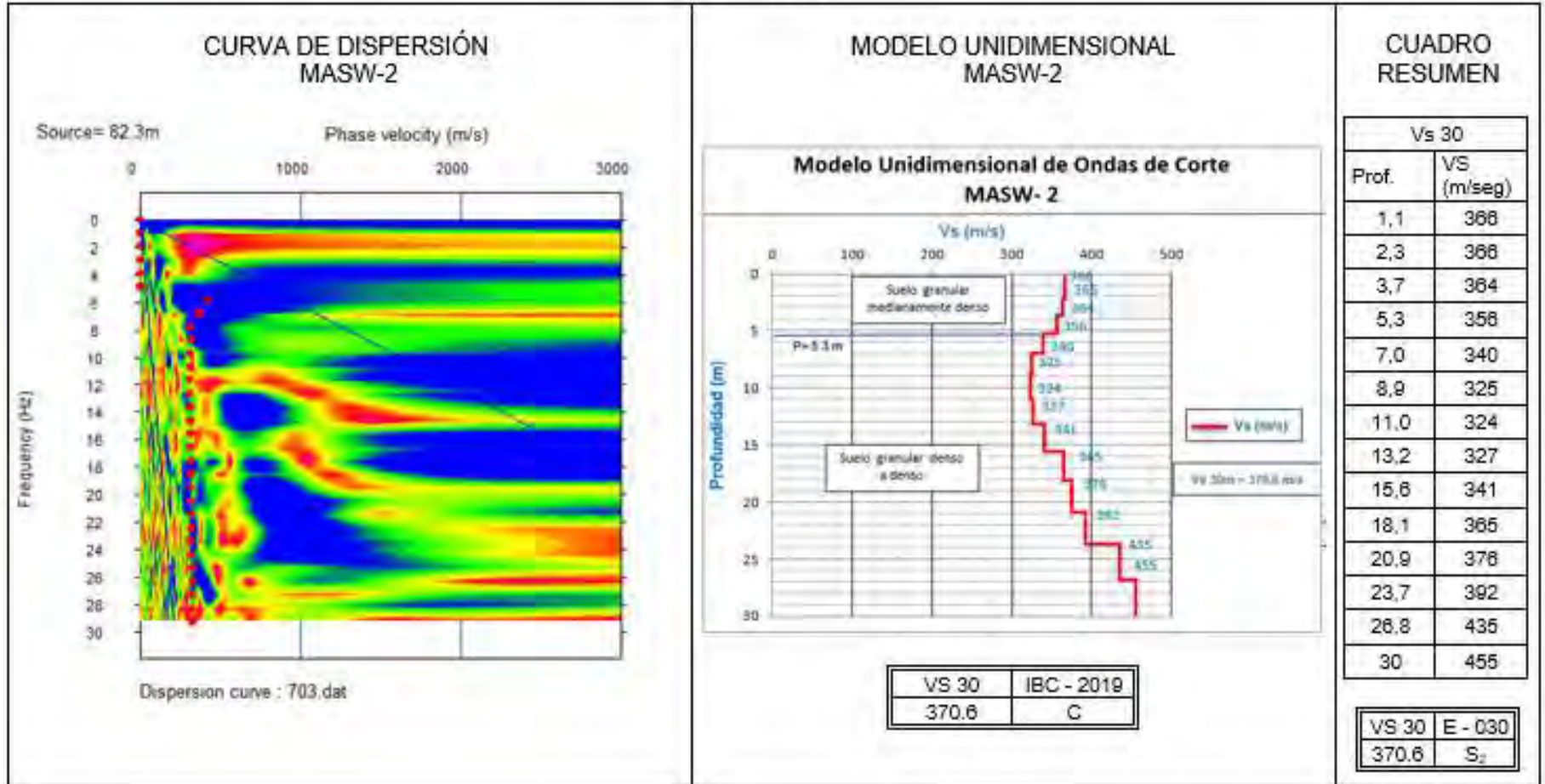
SONDAJES MASW





ESTUDIO GEOFISICO POR EL METODO DE REFRACCION SISMICA, MASW Y SONDAJES ELECTRICOS VERTICALES PARA LA CONSTRUCCION DE LA PRESA DE CHOCAYHUA – QUEHUE – CANAS – CUSCO.		
MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE QUEHUE	CUSCO	2021
<i>Anexo 2.2 –Curva de Dispersión– Sondajes MASW</i>		<i>Página 2 de 2</i>

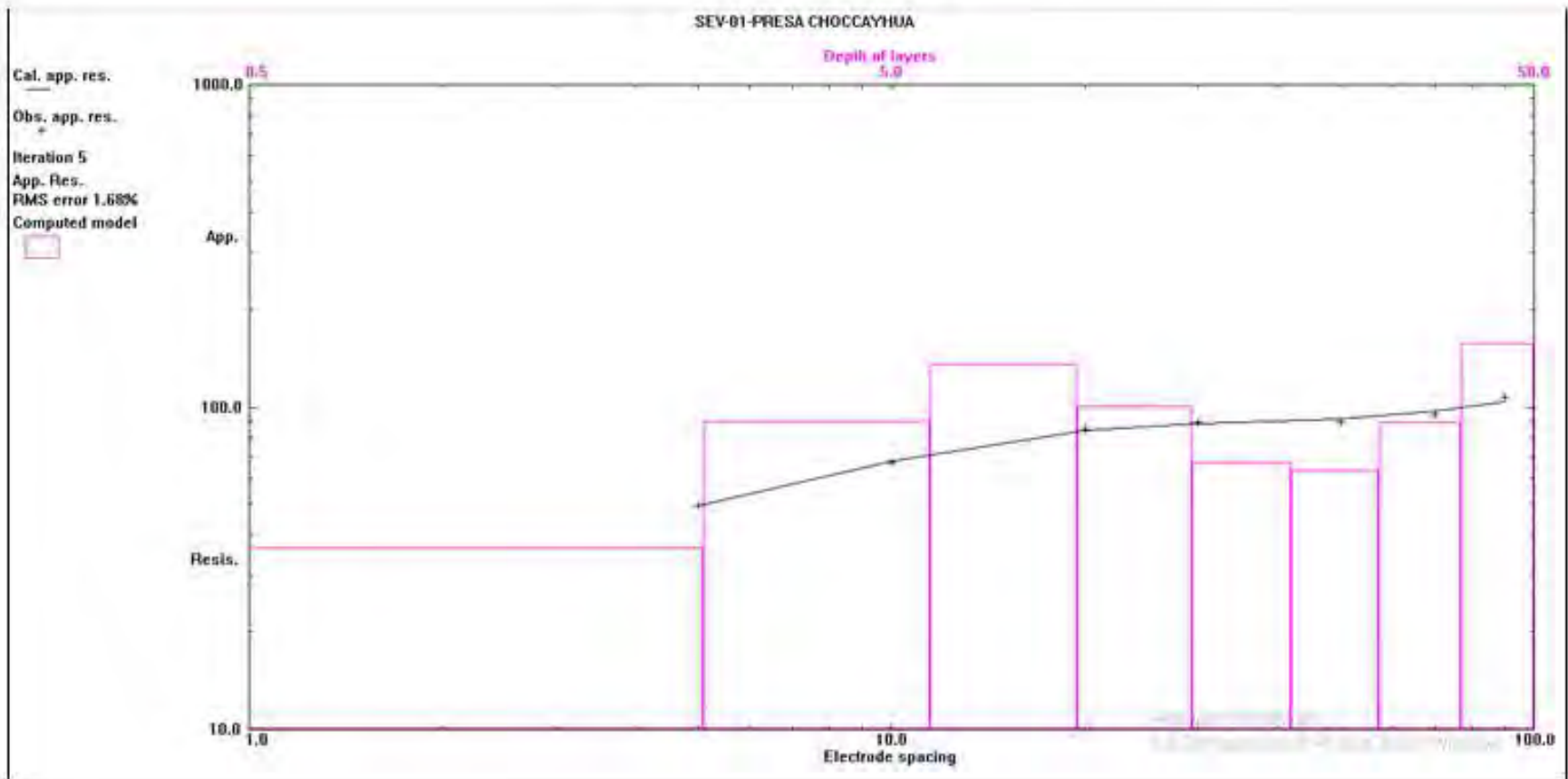
SONDAJES MASW





ESTUDIO GEOFÍSICO POR EL MÉTODO DE REFRACCIÓN SÍSMICA, MASW Y SONDAJES ELECTRICOS VERTICALES PARA LA CONSTRUCCION DE LA PRESA DE CHOCCAYHUA – QUEHUE – CANAS – CUSCO.		
MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE QUEHUE	CUSCO	2021
<i>Anexo 3.1 – Curvas de Inversión de Resistividad – SEV</i>		<i>Página 1 de 3</i>

CURVAS DE INVERSIÓN DE RESISTIVIDAD





ANEXOS 04

LABORATORIO DE


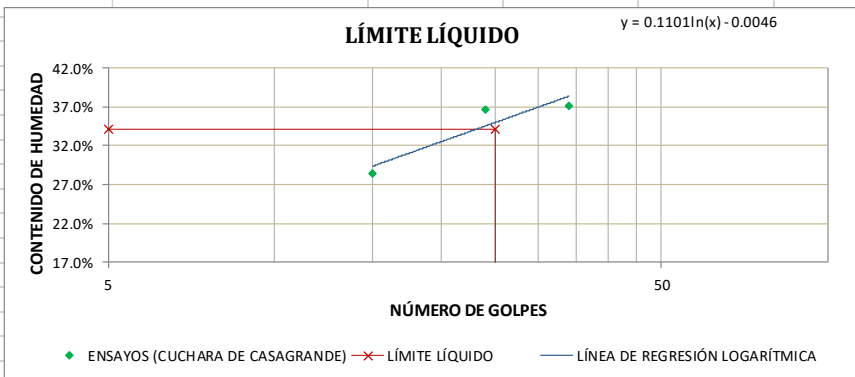
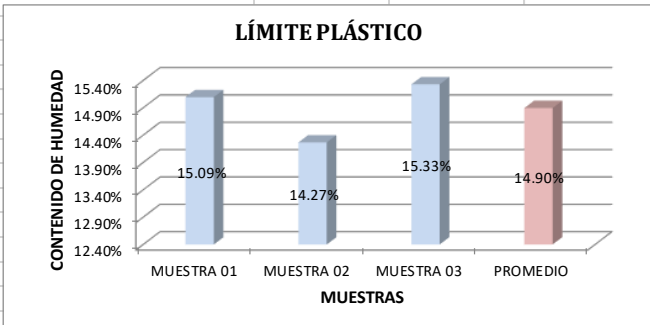
MECANICA DE SUELOS

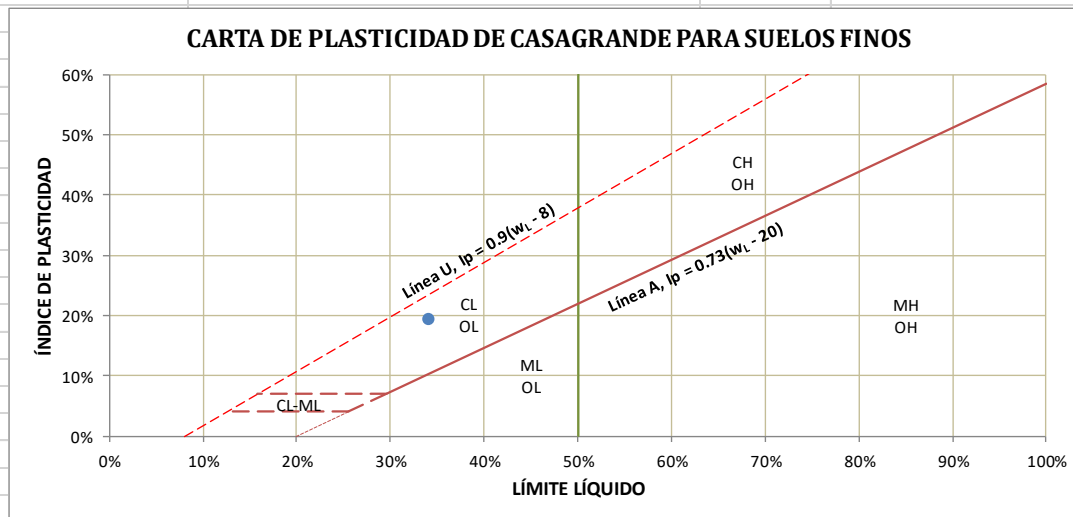
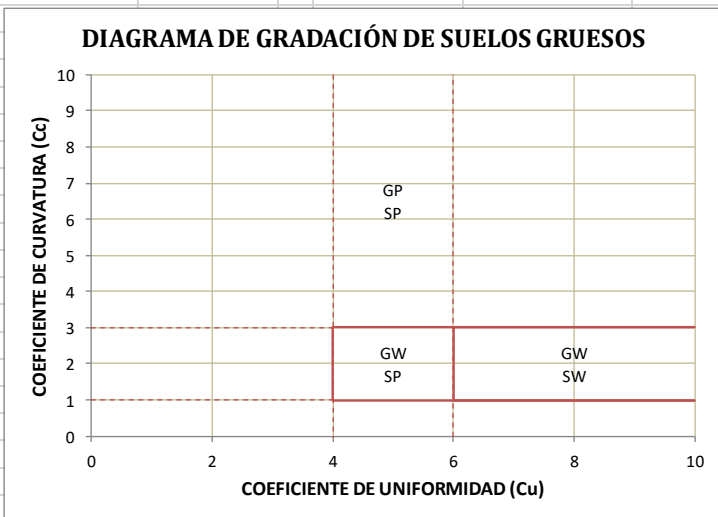
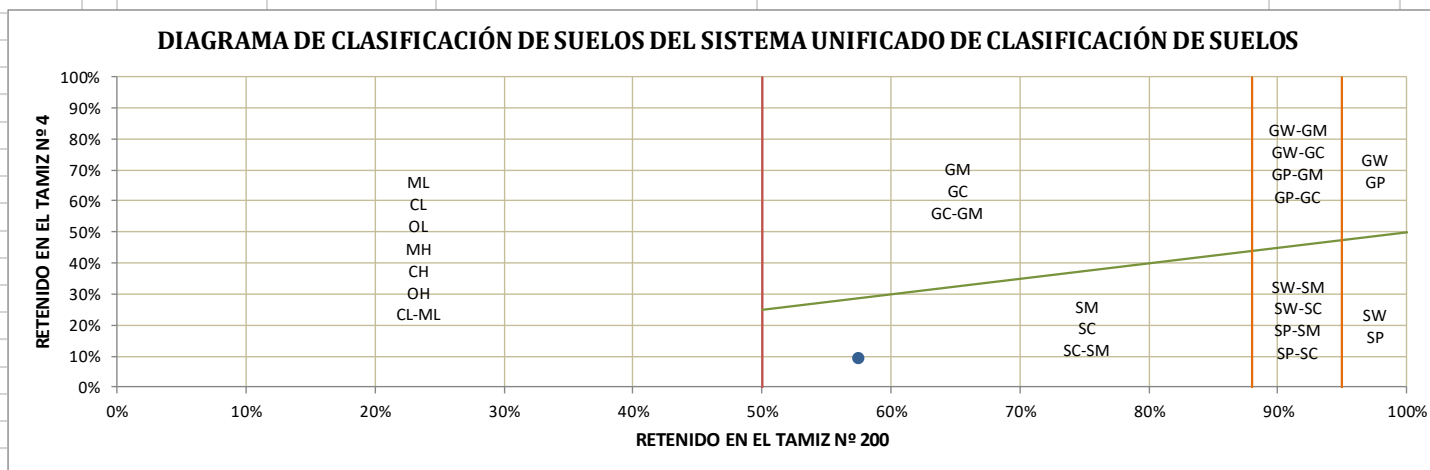


CALICATA C-01

GMS		UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO				
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA						
TESIS	“ESTUDIO GEOLOGICO, GEOTECNICO PARA LA COSTRUCCION DE LA PRESA CHOCAYHUA DEL DISTRITO DE QUEHUE- CANAS- CUSCO 2022”					
UBICACION:	VASO DE LA PRESA					
TESISTAS	ROSMERY CARLOS CHUMA - MICHAEL GARCIA				Calicata:	C-1
FECHA:	viernes, 4 de Marzo de 2022				Profundidad:	1.90 m
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO						
MTC E 107 - 2000, Basado en la Norma ASTM D-422 y AASHTO T-88						
Antes del lavado			Después del lavado			
Peso de la Muestra Seca = 1058.56 gr			Peso de la Muestra Seca = 611.56 gr			
			% de Error en Peso = 0.30% Ok!			
TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	PESO QUE PASA (gr)	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
3"	76.2	0.00	1058.56	0.00%	0.00%	100.00%
2"	50.8	0.00	1058.56	0.00%	0.00%	100.00%
1½"	38.1	0.00	1058.56	0.00%	0.00%	100.00%
1"	25.4	0.00	1058.56	0.00%	0.00%	100.00%
¾"	19.05	22.82	1035.74	2.16%	2.16%	97.84%
½"	12.7	25.74	1010.00	2.43%	4.59%	95.41%
3/8"	9.525	28.95	981.05	2.73%	7.32%	92.68%
Nº 4	4.76	21.01	960.04	1.98%	9.31%	90.69%
Nº 10	2	118.12	841.92	11.16%	20.47%	79.53%
Nº 20	0.840	96.70	745.22	9.14%	29.60%	70.40%
Nº 40	0.420	112.56	632.66	10.63%	40.23%	59.77%
Nº 50	0.297	80.09	552.57	7.57%	47.80%	52.20%
Nº 100	0.149	88.76	463.81	8.38%	56.18%	43.82%
Nº 200	0.075	14.37	449.44	1.36%	57.54%	42.46%
Cazuela	-	0.62	-	0.06%	57.60%	-
Lavado	-	447.00	-	42.40%	100.00%	-
Total Fracción Retenida en Lavado =		609.74		100.00%		
% de grava (Retiene Tamiz Nº 4) = 9.31% % de arena (Pasa Nº 4 y Ret. Nº 200) = 48.24% % de finos (Pasa Tamiz Nº 200) = 42.46% Total: 100.00%						
Fracción Gruesa % de grava = 16.17% % de arena = 83.83% Total = 100.00%						
CURVA GRANULOMÉTRICA						
Tamaño Máximo Absoluto = 1"			Tamaño Máximo Nominal = 3/8"			
D60 = 0.43 mm			Cu = -			
D30 = -			Cc = -			
D10 = -						



 UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA				
TESIS	“ESTUDIO GEOLOGICO, GEOTECNICO PARA LA COSTRUCCIÓN DE LA PRESA CHOCAYHUA DEL DISTRITO DE QUEHUE- CANAS- CUSCO 2022”			
UBICACIÓN:	VASO DE LA PRESA			
TESISTAS	ROSMERY CARLOS CHUMA - MICHAEL GARCIA		Calicata: C-1	
FECHA:	viernes, 4 de Marzo de 2022		Profundidad: 1.90 m	
LÍMITE LÍQUIDO				
MTC E 110 - 2000, Basado en la Norma ASTM D-4318 y AASHTO T-89				
DESCRIPCIÓN	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03	MUESTRA 04
Peso de Capsula (gr)	19.21	19.05	19.24	-
Peso de Capsula + Muestra Húmeda (gr)	41.05	34.02	34.62	-
Peso de Capsula + Muestra Seca (gr)	33.99	30.01	30.45	-
Peso del Agua (gr)	7.06	4.01	4.17	-
Peso de la Muestra Seca (gr)	24.78	10.96	11.21	-
Contenido de Humedad	28.49%	36.59%	37.20%	-
Número de Golpes	15	24	34	-
 <p align="center">LÍMITE LÍQUIDO $y = 0.1101\ln(x) - 0.0046$</p> <p align="center">CONTENIDO DE HUMEDAD</p> <p align="center">NÚMERO DE GOLPES</p> <p align="center">◆ ENSAYOS (CUCHARA DE CASAGRANDE) ✕ LÍMITE LÍQUIDO — LÍNEA DE REGRESIÓN LOGARÍTMICA</p>				
LÍMITE PLÁSTICO				
MTC E 111 - 2000, Basado en la Norma ASTM D-4318 y AASHTO T-90				
DESCRIPCIÓN	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03	
Peso de Capsula (gr)	19.31	19.26	19.09	
Peso de Capsula + Muestra Húmeda (gr)	28.46	27.59	27.14	
Peso de Capsula + Muestra Seca (gr)	27.26	26.55	26.07	
Peso del Agua (gr)	1.20	1.04	1.07	
Peso de la Muestra Seca (gr)	7.95	7.29	6.98	
Contenido de Humedad	15.09%	14.27%	15.33%	
 <p align="center">LÍMITE PLÁSTICO</p> <p align="center">CONTENIDO DE HUMEDAD</p> <p align="center">MUESTRAS</p>				
LÍMITE LÍQUIDO = 34.16%				
LÍMITE PLÁSTICO = 14.90%				
ÍNDICE DE PLASTICIDAD = 19.26%				






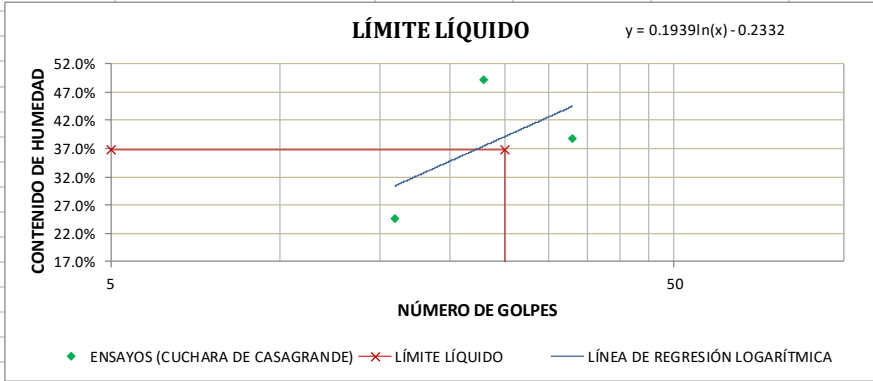
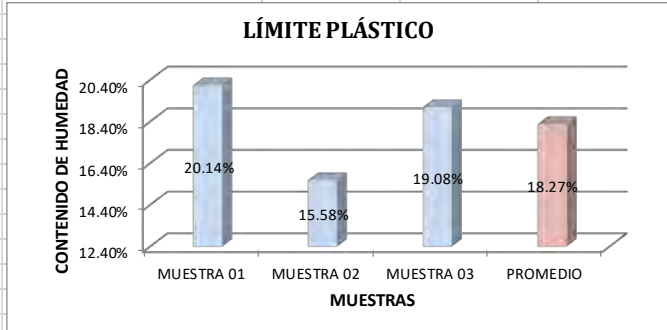
GMS UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO	
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA	
TESIS “ESTUDIO GEOLOGICO, GEOTECNICO PARA LA COSTRUCCIÓN DE LA PRESA CHOCAYHUA DE	
UBICACIÓN:	VASO DE LA PRESA
TESISTAS	ROSMERY CARLOS CHUMA - MICHAEL GARCIA
FECHA:	viernes, 4 de Marzo de 2022
	Calicata: C-1
	Profundidad: 1.90 m
<u>DENSIDAD EN CAMPO POR EL MÉTODO DEL CONO DE ARENA</u>	
MTC E 117 - 2000, Basado en la Norma ASTM D-1556 y AASHTO T-191	
DATOS DE LA ARENA	
Tipo de Arena utilizada: Otawa	
Peso Unitario de la Arena (gr/cm3) = 1.44 gr/cm3	
DATOS DEL ENSAYO	
Número de Cono	1
Peso del Frasco + Cono antes de usarlo (gr)	16946.00
Peso del Frasco + Cono después de usarlo (gr)	6750.00
Peso del Suelo Húmedo (gr)	3993.00
Peso de la Arena Utilizada, hueco + cono (gr)	10196.00
Peso de la Arena en el Cono (gr)	7500.00
Peso de la Arena en el Hueco (gr)	2696.00
Volumen del Hueco (cm3)	1872.22
Densidad Natural Húmeda (gr/cm3)	2.13
CONTENIDO DE HUMEDAD	
Peso de Capsula (gr)	20.05
Peso de Capsula + Muestra Húmeda (gr)	169.36
Peso de Capsula + Muestra Seca (gr)	147.85
Peso del Agua (gr)	21.51
Peso de la Muestra Seca (gr)	127.80
Contenido de Humedad	16.83%
DENSIDAD NATURAL HUMEDA = 2.13 gr/cm3	
DENSIDAD NATURAL SECA = 1.83 gr/cm3	

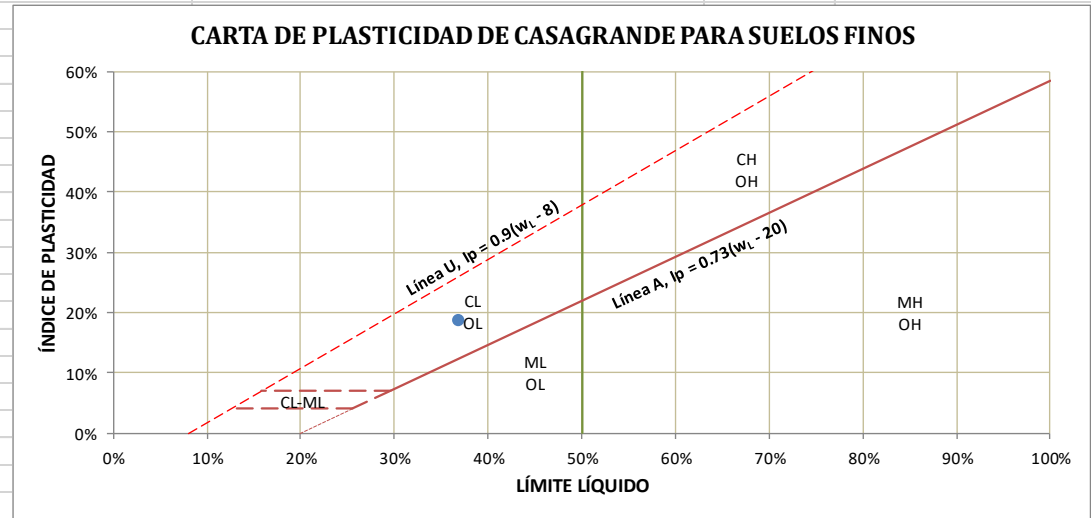
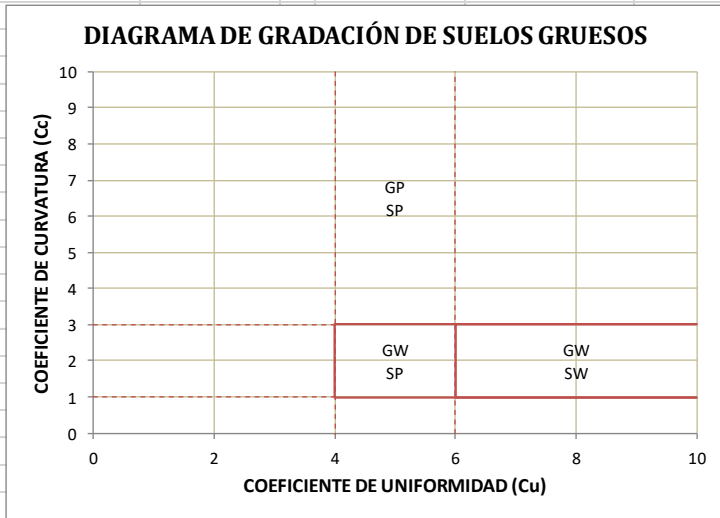
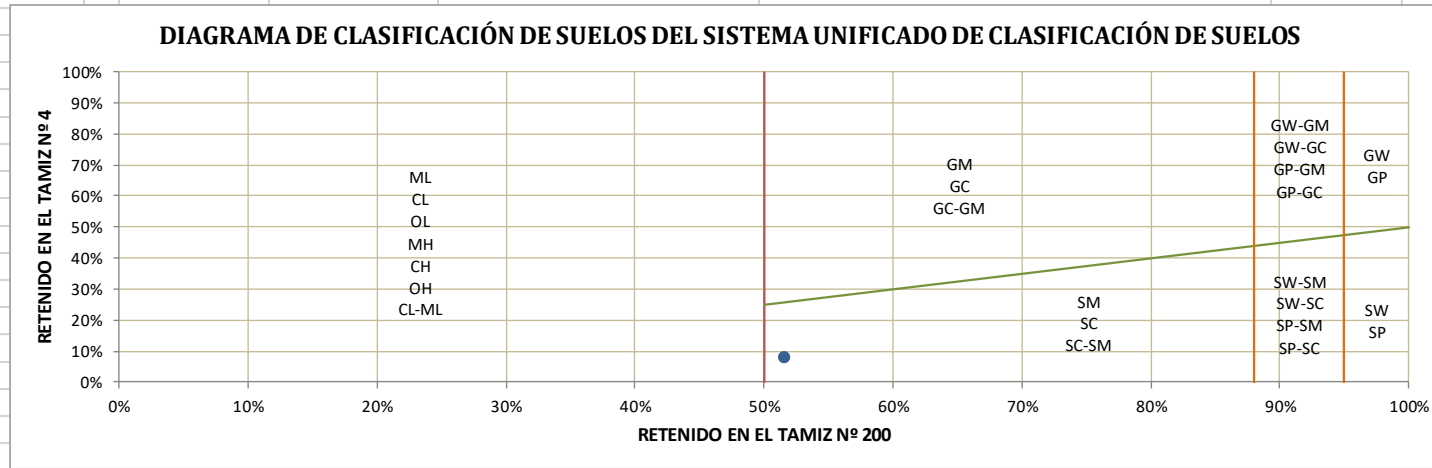


CALICATA C-03

GMS		UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO				
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA						
TESIS:	"ESTUDIO GEOLOGICO, GEOTECNICO PARA LA COSTRUCCION DE LA PRESA CHOCAYHUA DEL DISTRITO DE QUEHUE- CANAS- CUSCO 2022"					
UBICACION:	VASO DE LA PRESA					
TESISTAS:	ROSMERY CARLOS CHUMA - MICHAEL GARCIA				Calicata:	C-3
FECHA:	viernes, 4 de Marzo de 2022				Profundidad:	1.80 m
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO						
MTC E 107 - 2000, Basado en la Norma ASTM D-422 y AASHTO T-88						
Antes del lavado			Después del lavado			
Peso de la Muestra Seca = 1219.00 gr			Peso de la Muestra Seca = 625.00 gr			
			% de Error en Peso = -0.74% Ok!			
TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	PESO QUE PASA (gr)	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
3"	76.2	0.00	1219.00	0.00%	0.00%	100.00%
2"	50.8	0.00	1219.00	0.00%	0.00%	100.00%
1½"	38.1	0.00	1219.00	0.00%	0.00%	100.00%
1"	25.4	0.00	1219.00	0.00%	0.00%	100.00%
¾"	19.05	22.61	1196.39	1.85%	1.85%	98.15%
½"	12.7	25.53	1170.86	2.09%	3.95%	96.05%
⅜"	9.525	28.74	1142.12	2.36%	6.31%	93.69%
Nº 4	4.76	20.80	1121.32	1.71%	8.01%	91.99%
Nº 10	2	117.91	1003.41	9.67%	17.69%	82.31%
Nº 20	0.840	96.49	906.92	7.92%	25.60%	74.40%
Nº 40	0.420	112.79	794.13	9.25%	34.85%	65.15%
Nº 50	0.297	80.32	713.81	6.59%	41.44%	58.56%
Nº 100	0.149	108.99	604.82	8.94%	50.38%	49.62%
Nº 200	0.075	14.60	590.22	1.20%	51.58%	48.42%
Cazuela	-	0.85	-	0.07%	51.65%	-
Lavado	-	594.00	-	48.35%	100.00%	-
Total Fracción Retenida en Lavado =		629.63		100.00%		
<p align="right"> % de grava (Retiene Tamiz Nº 4) = 8.01% % de arena (Pasa Nº 4 y Ret. Nº 200) = 43.57% % de finos (Pasa Tamiz Nº 200) = 48.42% Total: 100.00% </p> <p align="right"> Fracción Gruesa % de grava = 15.53% % de arena = 84.47% Total = 100.00% </p>						
CURVA GRANULOMÉTRICA						
Tamaño Máximo Absoluto = 1"			Tamaño Máximo Nominal = 3/8"			
D60 = 0.32 mm			Cu = -			
D30 = -			Cc = -			
D10 = -						



 UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA				
TESIS	“ESTUDIO GEOLOGICO, GEOTECNICO PARA LA COSTRUCCIÓN DE LA PRESA CHOCAYHUA DEL DISTRITO DE QUEHUE- CANAS- CUSCO 2022”			
UBICACIÓN:	VASO DE LA PRESA			
TESISTAS	ROSMERY CARLOS CHUMA - MICHAEL GARCIA		Calicata: C-3	
FECHA:	viernes, 4 de Marzo de 2022		Profundidad: 1.80 m	
LÍMITE LÍQUIDO				
MTC E 110 - 2000, Basado en la Norma ASTM D-4318 y AASHTO T-89				
DESCRIPCIÓN	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03	MUESTRA 04
Peso de Capsula (gr)	19.11	19.23	19.20	-
Peso de Capsula + Muestra Húmeda (gr)	40.15	34.05	34.80	-
Peso de Capsula + Muestra Seca (gr)	34.01	29.17	30.45	-
Peso del Agua (gr)	6.14	4.88	4.35	-
Peso de la Muestra Seca (gr)	24.90	9.94	11.25	-
Contenido de Humedad	24.66%	49.09%	38.67%	-
Número de Golpes	16	23	33	-
				
LÍMITE PLÁSTICO				
MTC E 111 - 2000, Basado en la Norma ASTM D-4318 y AASHTO T-90				
DESCRIPCIÓN	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03	
Peso de Capsula (gr)	10.80	10.60	19.09	
Peso de Capsula + Muestra Húmeda (gr)	28.46	27.59	27.14	
Peso de Capsula + Muestra Seca (gr)	25.50	25.30	25.85	
Peso del Agua (gr)	2.96	2.29	1.29	
Peso de la Muestra Seca (gr)	14.70	14.70	6.76	
Contenido de Humedad	20.14%	15.58%	19.08%	18.27%
				
LÍMITE LÍQUIDO = 36.88% LÍMITE PLÁSTICO = 18.27% ÍNDICE DE PLASTICIDAD = 18.61%				





GMS		UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO	
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA			
TESIS “ESTUDIO GEOLOGICO, GEOTECNICO PARA LA COSTRUCCIÓN DE LA PRESA CHOCAYHUA D			
UBICACIÓN: VASO DE LA PRESA			
TESISTAS ROSMERY CARLOS CHUMA - MICHAEL GARCIA		Calicata: C-3	
FECHA: viernes, 4 de Marzo de 2022		Profundidad: 1.80 m	
DENSIDAD EN CAMPO POR EL MÉTODO DEL CONO DE ARENA			
MTC E 117 - 2000, Basado en la Norma ASTM D-1556 y AASHTO T-191			
DATOS DE LA ARENA			
Tipo de Arena utilizada: Machupicchu			
Peso Unitario de la Arena (gr/cm ³) = 1.44 gr/cm ³			
DATOS DEL ENSAYO			
Número de Cono	1		
Peso del Frasco + Cono antes de usarlo (gr)	16850.00		
Peso del Frasco + Cono después de usarlo (gr)	6733.00		
Peso del Suelo Húmedo (gr)	3980.00		
Peso de la Arena Utilizada, hueco + cono (gr)	10117.00		
Peso de la Arena en el Cono (gr)	7500.00		
Peso de la Arena en el Hueco (gr)	2617.00		
Volumen del Hueco (cm ³)	1817.36		
Densidad Natural Húmeda (gr/cm ³)	2.19		
CONTENIDO DE HUMEDAD			
Peso de Capsula (gr)	20.05		
Peso de Capsula + Muestra Húmeda (gr)	169.36		
Peso de Capsula + Muestra Seca (gr)	147.85		
Peso del Agua (gr)	21.51		
Peso de la Muestra Seca (gr)	127.80		
Contenido de Humedad	16.83%		
DENSIDAD NATURAL HUMEDA = 2.19 gr/cm³			
DENSIDAD NATURAL SECA = 1.87 gr/cm³			

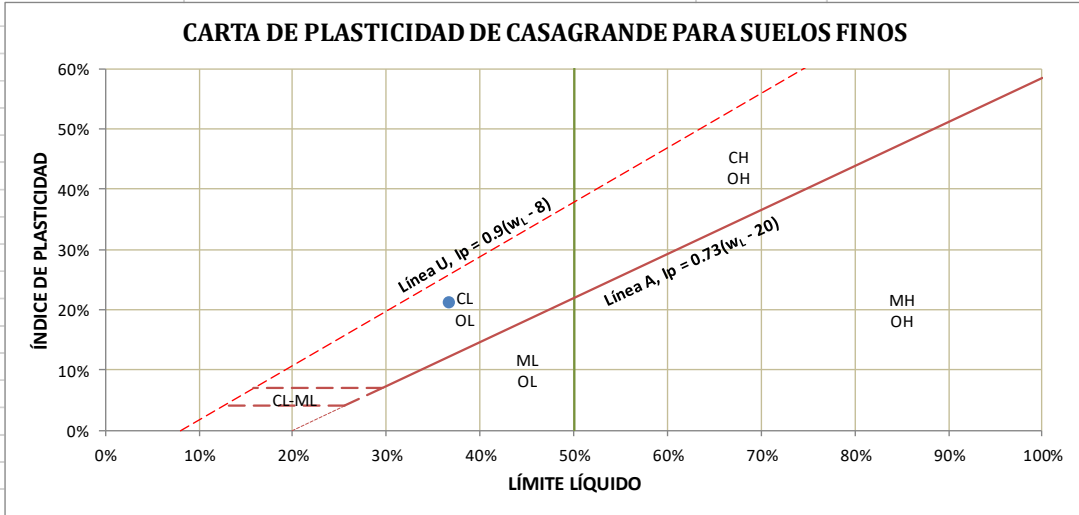
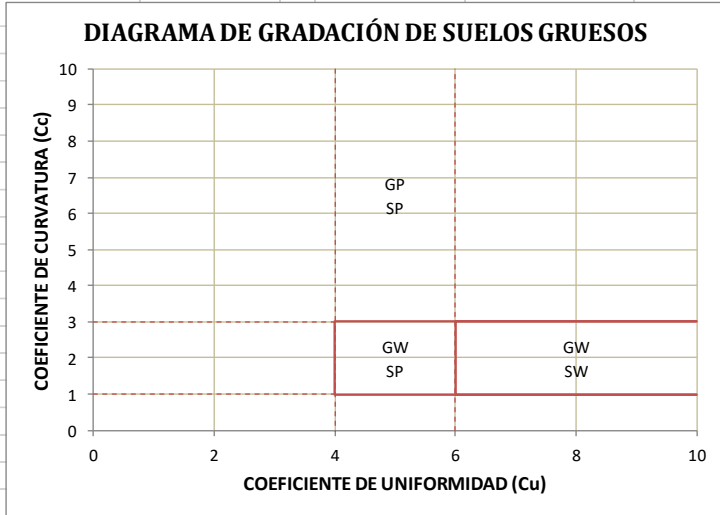
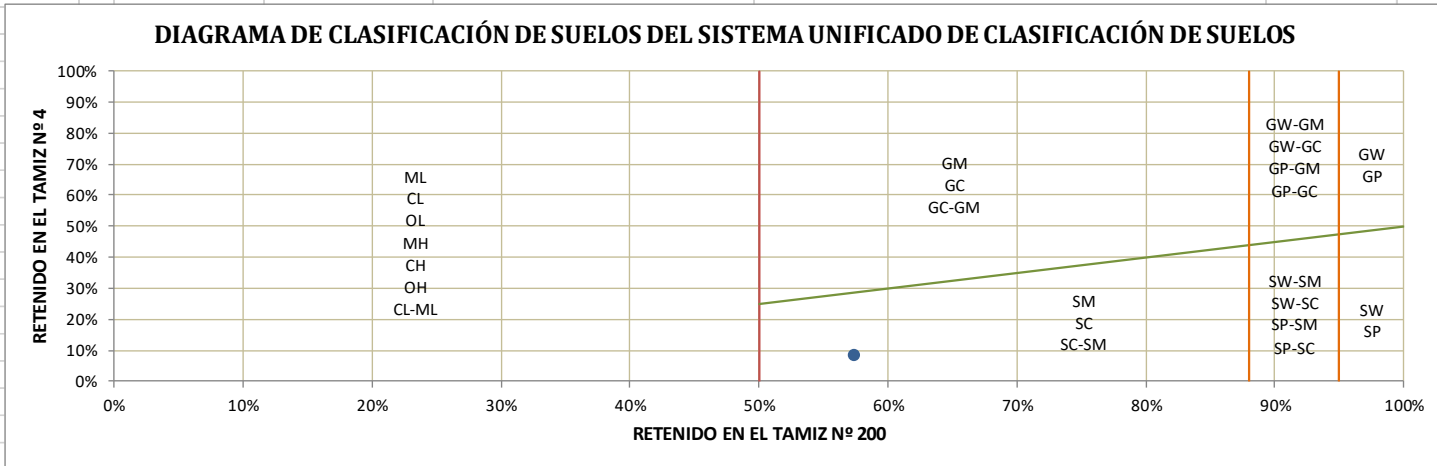


CALICATA C-05

GMS		UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO				
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA						
TESIS	"ESTUDIO GEOLOGICO, GEOTECNICO PARA LA COSTRUCCION DE LA PRESA CHOCAYHUA DEL DISTRITO DE QUEHUE- CANAS- CUSCO 2022"					
UBICACION:	VASO DE LA PRESA					
TESISTAS	ROSMERY CARLOS CHUMA - MICHAEL GARCIA				Calicata:	C-5
FECHA:	viernes, 4 de Marzo de 2022				Profundidad:	3.10 m
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO						
MTC E 107 - 2000, Basado en la Norma ASTM D-422 y AASHTO T-88						
Antes del lavado			Después del lavado			
Peso de la Muestra Seca = 1050.00 gr			Peso de la Muestra Seca = 607.00 gr			
			% de Error en Peso = 0.14%			
Ok!						
TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	PESO QUE PASA (gr)	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
3"	76.2	0.00	1050.00	0.00%	0.00%	100.00%
2"	50.8	0.00	1050.00	0.00%	0.00%	100.00%
1½"	38.1	0.00	1050.00	0.00%	0.00%	100.00%
1"	25.4	0.00	1050.00	0.00%	0.00%	100.00%
¾"	19.05	20.22	1029.78	1.93%	1.93%	98.07%
½"	12.7	23.14	1006.64	2.20%	4.13%	95.87%
3/8"	9.525	26.35	980.29	2.51%	6.64%	93.36%
Nº 4	4.76	18.41	961.88	1.75%	8.39%	91.61%
Nº 10	2	115.52	846.36	11.00%	19.39%	80.61%
Nº 20	0.840	94.10	752.26	8.96%	28.36%	71.64%
Nº 40	0.420	114.96	637.30	10.95%	39.30%	60.70%
Nº 50	0.297	82.49	554.81	7.86%	47.16%	52.84%
Nº 100	0.149	91.16	463.65	8.68%	55.84%	44.16%
Nº 200	0.075	16.77	446.88	1.60%	57.44%	42.56%
Cazuela	-	3.02	-	0.29%	57.73%	-
Lavado	-	443.00	-	42.27%	100.00%	-
Total Fracción Retenida en Lavado =		606.14		100.00%		
% de grava (Retiene Tamiz Nº 4) = 8.39% % de arena (Pasa Nº 4 y Ret. Nº 200) = 49.05% % de finos (Pasa Tamiz Nº 200) = 42.56% Total: 100.00%						
Fracción Gruesa % de grava = 14.61% % de arena = 85.39% Total = 100.00%						
CURVA GRANULOMÉTRICA						
Tamaño Máximo Absoluto = 1"			Tamaño Máximo Nominal = 3/8"			
D60 = 0.41 mm			Cu = -			
D30 = -			Cc = -			
D10 = -						



GMS UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO				
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA				
TESIS	“ESTUDIO GEOLOGICO, GEOTECNICO PARA LA COSTRUCCIÓN DE LA PRESA CHOCAYHUA DEL DISTRITO DE QUEHUE- CANAS- CUSCO 2022”			
UBICACIÓN:	VASO DE LA PRESA			
TESISTAS	ROSMERY CARLOS CHUMA - MICHAEL GARCIA		Calicata: C-5	
FECHA:	viernes, 4 de Marzo de 2022		Profundidad: 3.10 m	
LÍMITE LÍQUIDO				
MTC E 110 - 2000, Basado en la Norma ASTM D-4318 y AASHTO T-89				
DESCRIPCIÓN	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03	MUESTRA 04
Peso de Capsula (gr)	19.30	19.50	19.21	-
Peso de Capsula + Muestra Húmeda (gr)	41.00	33.60	34.70	-
Peso de Capsula + Muestra Seca (gr)	34.01	29.17	30.45	-
Peso del Agua (gr)	6.99	4.43	4.25	-
Peso de la Muestra Seca (gr)	24.71	9.67	11.24	-
Contenido de Humedad	28.29%	45.81%	37.81%	-
Número de Golpes	16	23	35	-
LÍMITE PLÁSTICO				
MTC E 111 - 2000, Basado en la Norma ASTM D-4318 y AASHTO T-90				
DESCRIPCIÓN	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03	
Peso de Capsula (gr)	18.70	19.90	19.09	
Peso de Capsula + Muestra Húmeda (gr)	28.46	27.59	27.14	
Peso de Capsula + Muestra Seca (gr)	27.10	26.50	26.12	
Peso del Agua (gr)	1.36	1.09	1.02	
Peso de la Muestra Seca (gr)	8.40	6.60	7.03	
Contenido de Humedad	16.19%	16.52%	14.51%	
LÍMITE LÍQUIDO = 36.74% LÍMITE PLÁSTICO = 15.74% ÍNDICE DE PLASTICIDAD = 21.00%				





GMS UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO	
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA	
TESIS	“ESTUDIO GEOLOGICO, GEOTECNICO PARA LA COSTRUCCIÓN DE LA PRESA CHOCAYHUA D
UBICACIÓN:	VASO DE LA PRESA
TESISTAS	ROSMERY CARLOS CHUMA - MICHAEL GARCIA
FECHA:	viernes, 4 de Marzo de 2022
	Calicata: C-5
	Profundidad: 3.10 m
DENSIDAD EN CAMPO POR EL MÉTODO DEL CONO DE ARENA	
MTC E 117 - 2000, Basado en la Norma ASTM D-1556 y AASHTO T-191	
DATOS DE LA ARENA	
Tipo de Arena utilizada: Machupicchu	
Peso Unitario de la Arena (gr/cm ³) = 1.44 gr/cm ³	
DATOS DEL ENSAYO	
Número de Cono	1
Peso del Frasco + Cono antes de usarlo (gr)	17115.00
Peso del Frasco + Cono después de usarlo (gr)	6820.00
Peso del Suelo Húmedo (gr)	4022.30
Peso de la Arena Utilizada, hueco + cono (gr)	10295.00
Peso de la Arena en el Cono (gr)	7500.00
Peso de la Arena en el Hueco (gr)	2795.00
Volumen del Hueco (cm ³)	1940.97
Densidad Natural Húmeda (gr/cm ³)	2.07
CONTENIDO DE HUMEDAD	
Peso de Capsula (gr)	20.04
Peso de Capsula + Muestra Húmeda (gr)	170.60
Peso de Capsula + Muestra Seca (gr)	153.80
Peso del Agua (gr)	16.80
Peso de la Muestra Seca (gr)	133.76
Contenido de Humedad	12.56%
DENSIDAD NATURAL HUMEDA = 2.07 gr/cm³	
DENSIDAD NATURAL SECA = 1.84 gr/cm³	



CALICATA C-07

GMS		UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO				
FACUTAD DE INGNIERIA GEOLOGICA						
TESIS	"ESTUDIO GEOLOGICO, GEOTECNICO PARA LA COSTRUCCIÓN DE LA PRESA CHOCAYHUA DEL DISTRITO DE QUEHUE- CANAS- CUSCO 2022"					
UBICACIÓN:	VASO DE LA PRESA					
TESISTAS	ROSMERY CARLOS CHUMA - MICHAEL GARCIA				Calicata:	C-7
FECHA:	viernes, 4 de Marzo de 2022				Profundidad:	2.70 m
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO						
MTC E 107 - 2000, Basado en la Norma ASTM D-422 y AASHTO T-88						
Antes del lavado			Después del lavado			
Peso de la Muestra Seca = 1150.00 gr			Peso de la Muestra Seca = 606.00 gr			
			% de Error en Peso = 0.17% Ok!			
TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	PESO QUE PASA (gr)	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
3"	76.2	0.00	1150.00	0.00%	0.00%	100.00%
2"	50.8	86.24	1063.76	7.50%	7.50%	92.50%
1½"	38.1	76.21	987.55	6.63%	14.13%	85.87%
1"	25.4	67.34	920.21	5.86%	19.98%	80.02%
¾"	19.05	60.35	859.86	5.25%	25.23%	74.77%
½"	12.7	52.35	807.51	4.55%	29.78%	70.22%
3/8"	9.525	47.88	759.63	4.16%	33.95%	66.05%
Nº 4	4.76	41.38	718.25	3.60%	37.54%	62.46%
Nº 10	2	36.72	681.53	3.19%	40.74%	59.26%
Nº 20	0.840	36.72	644.81	3.19%	43.93%	56.07%
Nº 40	0.420	32.08	612.73	2.79%	46.72%	53.28%
Nº 50	0.297	28.56	584.17	2.48%	49.20%	50.80%
Nº 100	0.149	22.44	561.73	1.95%	51.15%	48.85%
Nº 200	0.075	13.68	548.05	1.19%	52.34%	47.66%
Cazuela	-	3.02	-	0.26%	52.61%	-
Lavado	-	544.00	-	47.39%	100.00%	-
Total Fracción Retenida en Lavado =		604.97		100.00%		
				% de grava (Retiene Tamiz Nº 4) = 37.54%		
				% de arena (Pasa Nº 4 y Ret. Nº 200) = 14.80%		
				% de finos (Pasa Tamiz Nº 200) = 47.66%		
				Total: 100.00%		
				Fracción Gruesa		
				% de grava = 71.73%		
				% de arena = 28.27%		
				Total = 100.00%		
CURVA GRANULOMÉTRICA						
Tamaño Máximo Absoluto = 3"			Tamaño Máximo Nominal = 2"			
D60 = 2.64 mm			Cu = -			
D30 = -			Cc = -			
D10 = -						




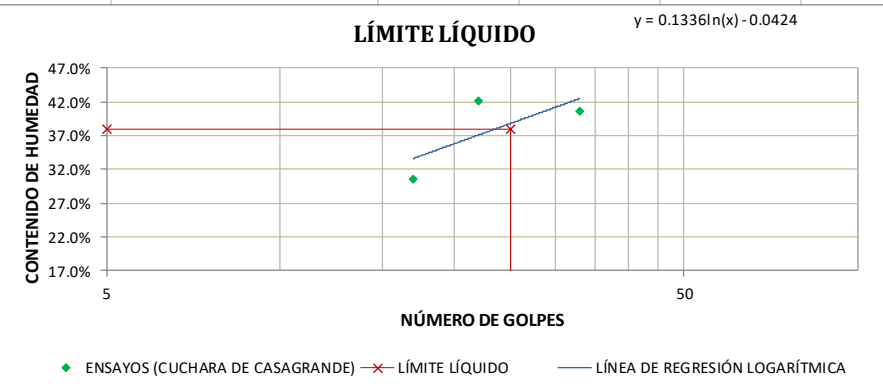
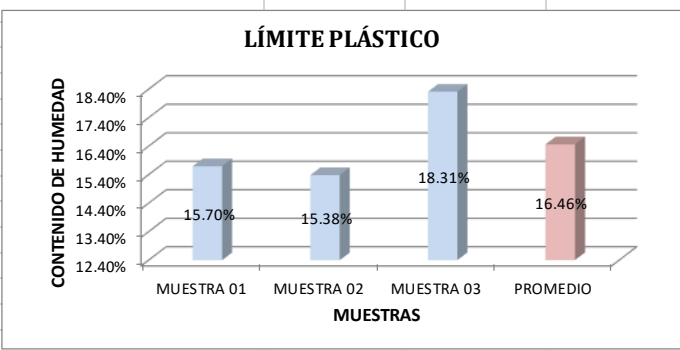
 UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACUTAD DE INGNIERIA GEOLOGICA										
TESIS:	“ESTUDIO GEOLOGICO, GEOTECNICO PARA LA COSTRUCCIÓN DE LA PRESA CHOCAYHUA DEL DISTRITO DE QUEHUE- CANAS- CUSCO 2022”									
UBICACIÓN:	VASO DE LA PRESA									
TESISTAS:	ROSMERY CARLOS CHUMA - MICHAEL GARCIA		Calicata: C-7							
FECHA:	viernes, 4 de Marzo de 2022		Profundidad: 2.70 m							
LÍMITE LÍQUIDO										
MTC E 110 - 2000, Basado en la Norma ASTM D-4318 y AASHTO T-89										
DESCRIPCIÓN	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03	MUESTRA 04						
Peso de Capsula (gr)	19.50	19.30	19.20	-						
Peso de Capsula + Muestra Húmeda (gr)	41.50	34.50	35.01	-						
Peso de Capsula + Muestra Seca (gr)	34.01	30.00	30.45	-						
Peso del Agua (gr)	7.49	4.50	4.56	-						
Peso de la Muestra Seca (gr)	24.51	10.70	11.25	-						
Contenido de Humedad	30.56%	42.06%	40.53%	-						
Número de Golpes	17	22	33	-						
										
LÍMITE PLÁSTICO										
MTC E 111 - 2000, Basado en la Norma ASTM D-4318 y AASHTO T-90										
DESCRIPCIÓN	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03	MUESTRA 04						
Peso de Capsula (gr)	18.50	20.00	19.10	-						
Peso de Capsula + Muestra Húmeda (gr)	28.45	27.50	27.50	-						
Peso de Capsula + Muestra Seca (gr)	27.10	26.50	26.20	-						
Peso del Agua (gr)	1.35	1.00	1.30	-						
Peso de la Muestra Seca (gr)	8.60	6.50	7.10	-						
Contenido de Humedad	15.70%	15.38%	18.31%	-						
										
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: right;">LÍMITE LÍQUIDO =</td> <td>37.88%</td> </tr> <tr> <td style="text-align: right;">LÍMITE PLÁSTICO =</td> <td>16.46%</td> </tr> <tr> <td style="text-align: right;">ÍNDICE DE PLASTICIDAD =</td> <td>21.42%</td> </tr> </table>					LÍMITE LÍQUIDO =	37.88%	LÍMITE PLÁSTICO =	16.46%	ÍNDICE DE PLASTICIDAD =	21.42%
LÍMITE LÍQUIDO =	37.88%									
LÍMITE PLÁSTICO =	16.46%									
ÍNDICE DE PLASTICIDAD =	21.42%									



DIAGRAMA DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS DEL SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS

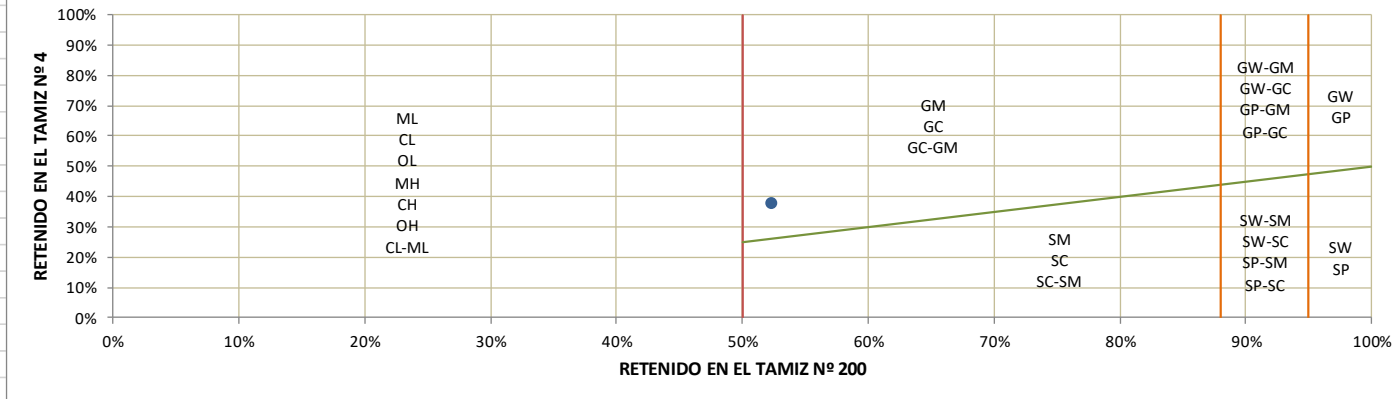
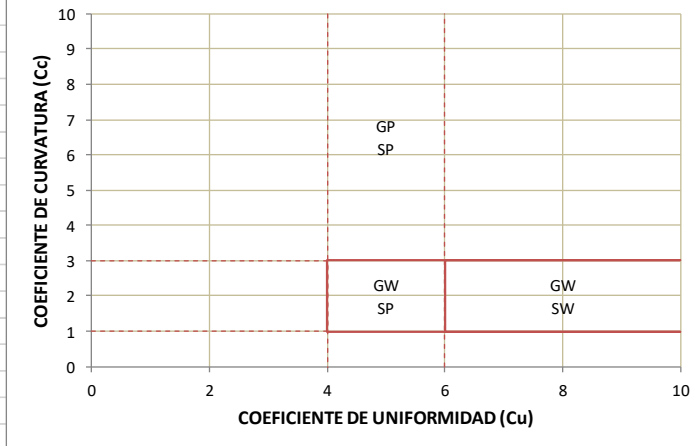
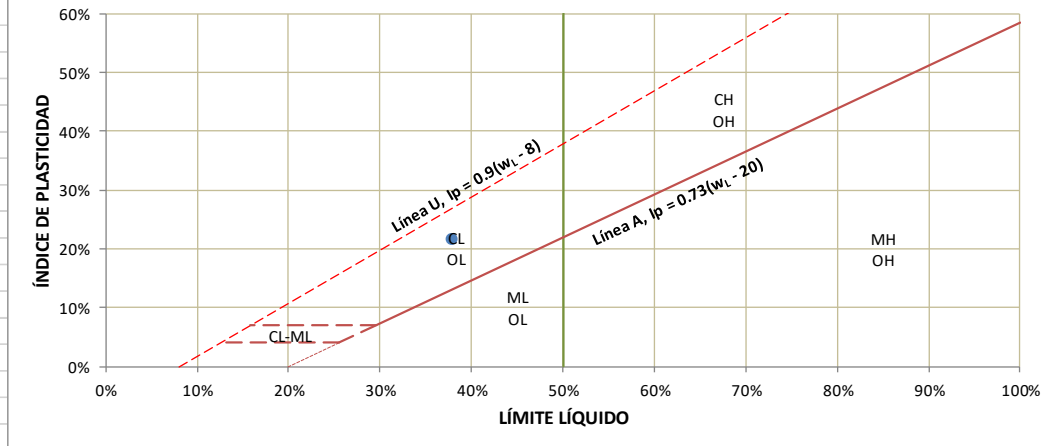


DIAGRAMA DE GRADACIÓN DE SUELOS GRUESOS



CARTA DE PLASTICIDAD DE CASAGRANDE PARA SUELOS FINOS





CORTE DIRECTO								
ASTM D03080								
TESIS: ESTUDIO GEOLOGICO, GEOTECNICO PARA LA CONSTRUCCION DE LA PRESA CHOCAYHUA DEL DISTRITO DE QUEHUE-CANAS-CUSCO 2022								
UBICACIÓN: DISTRITO: CHECCA; PROVINCIA : CANAS; REGION :Cusco								
TESISTAS: MICHAEL GARCIA Y ROSMERY CARLOS CHUMA								
FECHA: Marzo del 2023				ESTADO : inalterado, no saturado				
CODIGO MUESTRA	CD-DI	LUGAR	EJE DE PRESA					
CONTENIDO DE HUMEDAD			DATOS DEL ESPECIMEN					
Capsula N°	pp-15		Ancho de la seccion			6.0		
Suelo Humedo +capsula	371.3		Altura (cm)			3.4		
Suelo seco +capsula	352.2		Area de la seccion (cm)			36.0		
Peso del agua	19.1		Volumen (cm3)			122.4		
Peso de la capsula	98		Peso humedo (gr)			273.3		
Peso del suelo seco	254.2		Densidad remoldeada humeda (gr/cm3)			2.23		
Porcentaje de Humedad	7.51%		Densidad remoldeada seca (gr/cm3)			2.07		
CARGA NORMAL:								
Carga :	0.50	kg	Carga :	1.00	kg	Carga :	1.50	kg
Deformación horizontal 0.01mm	Esfuerzo de deformación horizontal (mm)	Esfuerzo de corte (kg/cm2)	Deformación horizontal 0.01mm	Esfuerzo de deformación horizontal (mm)	Esfuerzo de corte (kg/cm2)	Deformación horizontal 0.01mm	Esfuerzo de deformación horizontal (mm)	Esfuerzo de corte (kg/cm2)
0.00	0.00	0.00000	0.00	0.00	0.00000	0.00	0.00	0.00000
0.03	0.20	0.00175	0.03	0.50	0.00438	0.03	2.30	0.02013
0.06	0.20	0.00175	0.06	3.10	0.02713	0.06	3.90	0.03413
0.12	0.20	0.00175	0.12	4.30	0.03763	0.12	8.50	0.07438
0.21	0.30	0.00263	0.21	7.50	0.06563	0.21	18.80	0.16450
0.30	0.30	0.00263	0.30	19.00	0.16625	0.30	28.80	0.25200
0.45	4.80	0.04200	0.45	26.20	0.22925	0.45	37.80	0.33075
0.60	10.40	0.09100	0.60	30.90	0.27038	0.60	43.30	0.37888
0.75	12.90	0.11288	0.75	35.00	0.30625	0.75	47.60	0.41650
0.90	14.20	0.12425	0.90	38.80	0.33950	0.90	51.40	0.44975
1.05	15.10	0.13213	1.05	41.50	0.36313	1.05	54.10	0.47338
1.20	15.90	0.13913	1.20	43.60	0.38150	1.20	57.20	0.50050
1.50	17.30	0.15138	1.50	45.40	0.39725	1.50	62.80	0.54950
1.80	18.50	0.16188	1.80	48.70	0.42613	1.80	66.80	0.58450
2.10	19.70	0.17238	2.10	50.70	0.44363	2.10	70.40	0.61600
2.40	20.60	0.18025	2.40	52.30	0.45763	2.40	73.00	0.63875
2.70	21.50	0.18813	2.70	52.70	0.46113	2.70	74.90	0.65538
3.00	22.30	0.19513	3.00	52.80	0.46200	3.00	76.60	0.67025
3.60	23.60	0.20650	3.60	52.70	0.46113	3.60	78.40	0.68600
4.20	25.80	0.22575	4.20	52.00	0.45500	4.20	79.70	0.69738
4.80	26.80	0.23450	4.80	51.50	0.45063	4.80	80.40	0.70350
5.40	28.20	0.24675	5.40	50.40	0.44100	5.40	80.90	0.70788
6.00	27.20	0.23800	6.00	50.00	0.43750	6.00	80.40	0.70350

Deformación Tangencial vs Esfuerzo de corte

RESULTADOS:	
Angulo de fricción =	24.8 °
Cohesión =	0.016 Kg/cm2



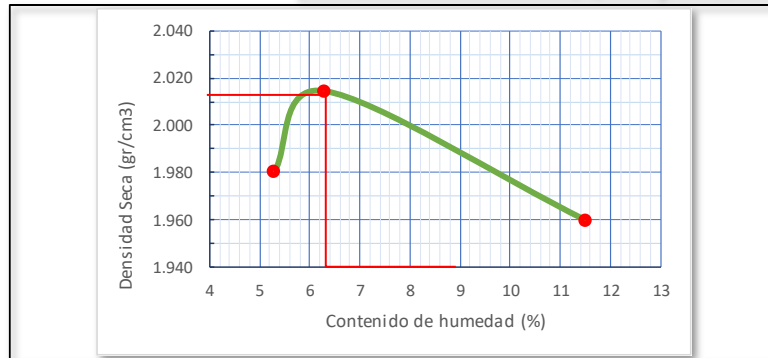
UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO	
PROYECTO DE TESIS	ESTUDIO GEOLOGICO, GEOTECNICO PARA LA COSTRUCCION DE LA PRESA CHOCAYHUA DEL DISTRITO DE QUEHUE- CANAS- CUSCO 2022
TESISTAS	MICHAEL GARCIA Y ROSMERY CARLOS CHUMA
UBICACION	CHOOAYHUA

**ENSAYO PROCTOR MODIFICADO
(NORMA AASHTO T-180, ASTM D 1557)**

GEOTECNIA Y LABORATORIOS	
Cantera	Técnico
Material	Estrato 1 y estrato 2
Calicata	Fecha

MÉTODO DE COMPACTACIÓN : AASHTO T180

Volumen del molde:	2104.92 cm³	Peso del molde:	3091		
Capas y golpes por capa:	3x56	Altura:	11.6	Cm	
Diametro del molde:	15.20	Peso del martillo:	17.6	Lb	
PRUEBA N°:		1	2	3	
Peso suelo + molde	gr	7480.00	7598.00	7692.00	
Peso molde	gr	3091.00	3091.00	3091.00	
Peso suelo humedo compactado	gr	4389.00	4507.00	4601.00	
Peso suelo humedo + tara	gr	350.19	397.54	323.03	
Peso del suelo seco + tara	gr	337.90	379.80	299.70	
Tara	gr	105.30	98.06	97.18	
Peso del agua	gr	12.29	17.74	23.33	
Peso del suelo seco	gr	232.60	281.74	202.52	
Contenido de agua	%	5.28	6.30	11.52	
Densidad suelo humedo	gr/cm3	2.09	2.14	2.19	2.14
Densidad suelo seco	gr/cm3	1.98	2.01	1.96	
DENSIDAD MAXIMA - MDS (gr/cm3)			2.01		
HUMEDAD OPTIMA - CHO (%)			6.3		



Panel Fotografico

Prueba N°1	Prueba N°2	Prueba N°3



ANEXOS 05

MECANICA DE ROCAS



Hojas de cálculo

Las hojas de cálculo se presentan en las siguientes hojas:

						Código del Proyecto:		1312-AL-SR-03			
								Form. Aprob. por:			
								L.C.C.			
								Fecha: 16/08/2022			
								Registro CC-1			
								Revisión N° 0			
								Rev. por: T.A.D.C			
								Fecha: 01/03/2023			
								V. Br 3.5			
DATOS GENERALES											
PROYECTO : Estudio Geológico Geotécnico para la construcción de Presa Chocayhua del distrito de Quehue - provincia de Canas -Cusco SOLICITA : Michael García Mendoza UBICACIÓN : Quehue, Canas, Cusco											
DATOS ESPECIFICOS											
FECHA : miércoles, 1 de marzo de 2023											
: S.H.I I.C.C.											
N°	N° de Juego	N° de Briq.	Cód. de Testigo	Elemento	Fecha de		Edad (Días)	Carga Máx. (kN)	Resistencia (kg/cm2)		Observación
					Moldeo	Rotura			x Testigo	Promedio	
1	1	1	T011	EG-01 Andesita Basáltica		30/11/21		503.30	898.6	938.6	
2	1	2	T012	EG-01 Andesita Basáltica		30/11/21		356.68	978.5		
3	3	1	T031	EG-03 Andesita Basáltica		30/11/21		548.33	743.8	831.1	
4	3	2	T032	EG-03 Andesita Basáltica		30/11/21		390.78	918.4		
5	4	1	T041	EG-04 Andesita Basáltica		30/11/21		174.63	430.2	487.8	
6	4	2	T042	EG-04 Andesita Basáltica		30/11/21		328.09	545.3		
OBSERVACIONES											



ALLPA LABORATORIO LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, GEOMECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO		Código del Proyecto: 1312-AL-SR-03
RESISTENCIA A LA COMPRESION DE NÚCLEOS DE ROCA NORMAS TÉCNICAS: MTC E 707, ASTM C 42 y AASHTO T 24		Form. Aprob. por: L.C.C. Fecha: 16/08/2021 Registro CC-1 Revisión N° 0 Rev. por: T.A.D.C Fecha: 01/03/2023
		V. Br 3.5

DATOS GENERALES

PROYECTO : Estudio Geológico Geotécnico para la construcción de Presa Chocayhua del distrito de Quehue - provincia de Canas -Cusco

SOLICITA : Michael García Mendoza

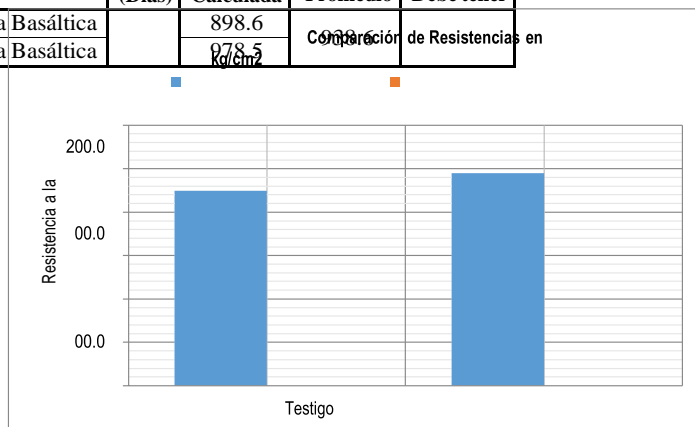
UBICACIÓN : Quehue, Canas, Cusco

Datos del Testigo	T011	T012
Resistencia - diseño		
Aditivo		
Diámetro (cm)	7.56	6.10
Altura (cm)	10.49	8.44
Area transv. (cm2)	44.86	29.20
Carga Máxima (kN)	503.30	356.68
Fecha de moldeo		
Fecha de rotura	30/11/21	

DATOS ESPECIFICOS

FECHA : miércoles, 1 de Marzo de 2023

N°	Código	Elemento	Edad (Días)	Resistencia (kg/cm2)		
				Calculada	Promedio	Debe tener
1	T011	EG-01 Andesita Basáltica		898.6	Comparación de Resistencias en	
2	T012	EG-01 Andesita Basáltica		878.5		



Fotografías de los ensayos T011 y T012

Tipo de Falla: Fuente: ASTM C 39-05

Leyenda

	T011		T012		
--	------	--	------	--	--

OBSERVACIONES

1.0. Los ensayos fueron realizados a temperatura ambiente entre 14°C y 17°C.



<p align="center">ALLPA LABORATORIO LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, GEOMECAÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO</p> <p align="center">RESISTENCIA A LA COMPRESION DE NÚCLEOS DE ROCA NORMAS TÉCNICAS: MTC E 707, ASTM C 42 y AASHTO T 24</p>		Código del Proyecto:	1312-AL-SR-03
		Form. Aprob. por:	L.C.C.
		Fecha:	16/08/2021
		Registro CC-1	
		Revisión N° 0	
		Rev. por: T.A.D.C	
		Fecha:	01/03/2023

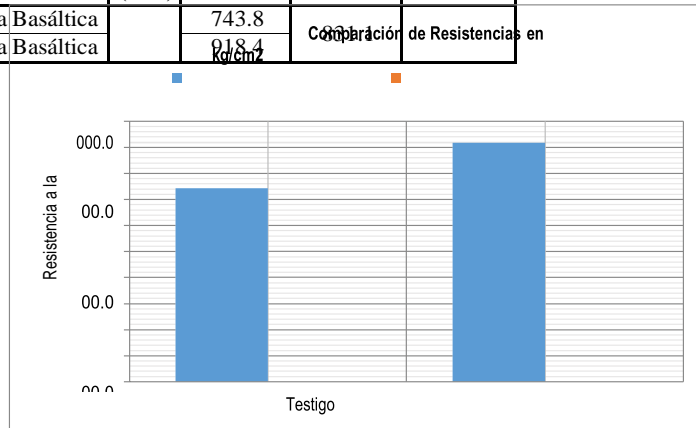
DATOS GENERALES

PROYECTO :	Estudio Geológico Geotécnico para la construcción de Presa Chocayhua del distrito de Quehue - provincia de Canas -Cusco
SOLICITA :	Michael García Mendoza
UBICACIÓN :	Quehue, Canas, Cusco

DATOS ESPECIFICOS	
FECHA	: miércoles, 1 de Marzo de 2023

Datos del Testigo	T031	T032
Resistencia - diseño		
Aditivo		
Diámetro (cm)	8.67	6.59
Altura (cm)	12.15	11.66
Area transv. (cm2)	59.04	34.08
Carga Máxima (kN)	548.33	390.78
Fecha de moldeo		
Fecha de rotura	30/11/21	

N°	Código	Elemento	Edad (Días)	Resistencia (kg/cm2)		
				Calculada	Promedio	Debe tener
1	T031	EG-03 Andesita Basáltica		743.8		
2	T032	EG-03 Andesita Basáltica		918.4		



Fotografías de los ensayos T031 y T032

Tipo de Falla. Fuente: ASTM C-39-05					
Leyenda					
	T031		T032		

OBSERVACIONES

1.0. Los ensayos fueron realizados a temperatura ambiente entre 14°C y 17°C.



ALLPA LABORATORIO LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, GEOMECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO RESISTENCIA A LA COMPRESION DE NÚCLEOS DE ROCA NORMAS TÉCNICAS: MTC E 707, ASTM C 42 y AASHTO T 24	Código del Proyecto:	1312-AL-SR-03
	Form. Aprob. por:	L.C.C.
	Fecha:	16/08/2021
	Registro CC-1	
	Revisión N° 0	
Rev. por: T.A.D.C		
V. Br 3.5	Fecha:	01/03/2023

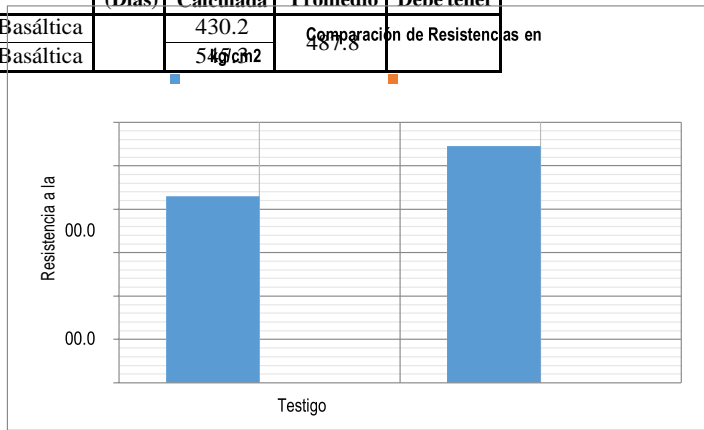
DATOS GENERALES

PROYECTO :	Estudio Geológico Geotécnico para la construcción de Presa - Chocayhua del distrito de Quehue - provincia de Canas - Cusco
SOLICITA :	Michael García Mendoza
UBICACIÓN :	Quehue, Canas, Cusco

DATOS ESPECIFICOS	
FECHA	: miércoles, 1 de Marzo de 2023

Datos del Testigo		
Resistencia - diseño	T041	T042
Aditivo		
Diámetro (cm)	6.43	7.83
Altura (cm)	8.18	10.37
Area transv. (cm2)	32.51	48.19
Carga Máxima (kN)	174.63	328.09
Fecha de moldeo		
Fecha de rotura	30/11/21	

N°	Código	Elemento	Edad (Días)	Resistencia (kg/cm2)		
				Calculada	Promedio	Debe tener
1	T041	EG-04 Andesita Basáltica		430.2	487.8	Comparación de Resistencias en
2	T042	EG-04 Andesita Basáltica		546.7		



Fotografías de los ensayos T041 y T042

Tipo de Falla. Fuente: ASTM C-39-05

Leyenda				
	T041		T042	

OBSERVACIONES

1.0. Los ensayos fueron realizados a temperatura ambiente entre 14°C y 17°C.



ANEXOS ESTACIÓN

GEOMECÁNICA 01



“ESTUDIO GEOLOGICO- GEOTECNICO PARA LA CONSTRUCCION DE LA PRESA CHOCAYHUA DEL DISTRITO DE QUEHUE-CANAS-CUSCO 2022”



		VALORACIÓN MACIZO ROCOSO CLASIFICACIÓN GEMECÁNICA DE BIENAWSKI - RMR		Rev 1.0
CODIGO DEL PROYECTO :	1232-AL-SR-01	FECHA :	9/06/2023	
PROYECTO :	Estudio Geológico Geotécnico para la Construcción de la Presa de Chocayhua del distrito de Quehue - provincia de Canas - departamento de		REALIZADO :	
UBICACIÓN :	Quehue, Canas , Cusco		REVISADO :	
		EG01 - Familia 01		
DETERMINACION DEL VALOR DE RMR (ROCK MASS RATING)				
1.- RESISTENCIA DE LA ROCA INTACTA (Ensayo de Carga Puntual)				92.0 Mpa
<i>Rango de valores</i>	>250	100 - 250	50 - 100	25 - 50
<i>Puntaje</i>	15	12	7	4
				5 - 25
				1 - 5
				<1
				2
				1
				0
Valoración :				7
2.- VALOR DE RQD (Rock Quality Index)				73 %
<i>Rango de valores</i>	90 - 100	75 - 90	50 - 75	25 - 50
<i>Puntaje</i>	20	17	13	8
				<25
				3
Valoración :				13
3.- ESPACIADO DE LAS DISCONTINUIDADES				0.25 m
<i>Rango de valores</i>	> 2	0.6 - 2	0.2 - 0.6	0.06 - 0.2
<i>Puntaje</i>	20	15	10	8
				<0.06
				5
Valoración :				8
4.- CONDICION DE LAS DISCONTINUIDADES				
Persistencia de las discontinuidades				4 m
<i>Rango de valores</i>	< 1	1 - 3	3 - 10	10 - 20
<i>Puntaje</i>	6	4	2	1
				> 20
				0
Valoración :				2
Separación (apertura)				1.2 mm
<i>Rango de valores</i>	Ninguno	< 0.1	0.1 - 1.0	1 - 5
<i>Puntaje</i>	6	5	4	1
				> 5
				0
Valoración :				1
Rugosidad				SR
<i>Condición</i>	Muy rugosa VR	Rugosa R	Ligeramente rugosa SR	Lisa L
<i>Puntaje</i>	6	5	3	1
				Superficie pulida SK
				0
Valoración :				3
Relleno				1.2 mm
<i>Rango de valores</i>	Ninguno	Duro < 5	Duro > 5	Blando < 5
<i>Puntaje</i>	6	4	2	2
				Blando > 5
				0
Valoración :				4
Marque con X el tipo de relleno : Blando : <input type="checkbox"/> Duro : <input checked="" type="checkbox"/>				
Meteorización				MW
<i>Condición</i>	No Intemperizada UW	Ligeramente intemperizada SW	Moderadamente Intemperizada MW	Altamente Intemperizada HW
<i>Puntaje</i>	6	5	3	1
				Completamente Intemperizada CW
				0
Valoración :				3
5.- CONDICIONES GENERALES DEL AGUA SUBTERRANEA				CD
<i>Condición</i>	Completamente seca CD	Humeda DM	Mojada WT	Goteo DP
<i>Puntaje</i>	15	10	7	4
				Flujo FW
				0
Valoración :				15
6.- AJUSTE POR ORIENTACION DE LAS DISCONTINUIDADES				FR
<i>Orientaciones del rumbo y buzamiento</i>	Muy Favorable VF	Favorable FV	Regular FR	Desfavorable UF
<i>Puntaje según el tipo de trabajo</i>	Túneles y minas (T)	0	-2	-5
	Cimentaciones (F)	0	-2	-7
	Taludes (S)	0	-5	-25
				-10
				-15
				-50
				-60
Indique el tipo de trabajo <input checked="" type="checkbox"/> F				Valoración :
				-7
VALOR DE RMR				
RMR Básico	:	56		
RMR Ajustado	:	49		
RMR89 (condiciones secas y muy favorables)	:	56		
Cohesión (c)	:	280 KPa		
Angulo de fricción interna (°)	:	33°		



		VALORACIÓN MACIZO ROCOSO	
		CLASIFICACIÓN GEMECÁNICA DE BIENAWSKI - RMR	
CODIGO DEL PROYECTO :		1232-AL-SR-01	Rev 1.0
PROYECTO :		Estudio Geológico Geotécnico para la Construcción de la Presa de Chocayhua del distrito de Quehue - provincia de Canas - departamento de	FECHA : 9/06/2023
UBICACIÓN :		Quehue, Canas, Cusco	REALIZADO : REVISADO :
			EG01 - Familia 02

DETERMINACION DEL VALOR DE RMR (ROCK MASS RATING)

1.- RESISTENCIA DE LA ROCA INTACTA (Ensayo de Carga Puntual)							92.0 Mpa
Rango de valores	>250	100 - 250	50 - 100	25 - 50	5 - 25	1 - 5	<1
Puntaje	15	12	7	4	2	1	0
Valoración :							7

2.- VALOR DE RQD (Rock Quality Index)							73 %
Rango de valores	90 - 100	75 - 90	50 - 75	25 - 50			<25
Puntaje	20	17	13	8			3
Valoración :							13

3.- ESPACIADO DE LAS DISCONTINUIDADES							0.25 m
Rango de valores	> 2	0.6 - 2	0.2 - 0.6	0.06 - 0.2			<0.06
Puntaje	20	15	10	8			5
Valoración :							8

4.- CONDICION DE LAS DISCONTINUIDADES							
Persistencia de las discontinuidades							1 m
Rango de valores	< 1	1 - 3	3 - 10	10 - 20			>20
Puntaje	6	4	2	1			0
Valoración :							4
Separación (apertura)							1 mm
Rango de valores	Ninguno	<0.1	0.1 - 1.0	1 - 5			>5
Puntaje	6	5	4	1			0
Valoración :							1
Rugosidad							SR
Condición	Muy rugosa VR	Rugosa R	Ligeramente rugosa SR	Lisa L			Superficie pulida SK
Puntaje	6	5	3	1			0
Valoración :							3
Relleno							1 mm
Rango de valores	Ninguno	Duro < 5	Duro > 5	Blando < 5			Blando > 5
Puntaje	6	4	2	2			0
Valoración :							4
Marque con X el tipo de relleno : Blando : <input type="checkbox"/> Duro : <input checked="" type="checkbox"/>							
Meteorización							MW
Condición	No Intemperizada UW	Ligeramente intemperizada SW	Moderadamente Intemperizada MW	Altamente Intemperizada HW			Completamente Intemperizada CW
Puntaje	6	5	3	1			0
Valoración :							3

5.- CONDICIONES GENERALES DEL AGUA SUBTERRANEA							CD
Condición	Completamente seca CD	Humeda DM	Mojada WT	Goteo DP			Flujo FW
Puntaje	15	10	7	4			0
Valoración :							15

6.- AJUSTE POR ORIENTACION DE LAS DISCONTINUIDADES							FR
Orientaciones del rumbo y buzamiento		Muy Favorable VF	Favorable FV	Regular FR	Desfavorable UF	Muy desfavorable VU	
Puntaje según el tipo de trabajo	Túneles y minas (T)	0	-2	-5	-10	-12	
	Cimentaciones (F)	0	-2	-7	-15	-25	
	Taludes (S)	0	-5	-25	-60	-60	
Indique el tipo de trabajo : <input checked="" type="checkbox"/> F							
Valoración :							-7

VALOR DE RMR	
RMR Básico	: 58
RMR Ajustado	: 51
RMR89 (condiciones secas y muy favorables)	: 58
Cohesión (c)	: 290 KPa
Angulo de fricción interna (°)	: 34°



		VALORACIÓN MACIZO ROCOSO	
		CLASIFICACIÓN GEMECÁNICA DE BIENAWSKI - RMR	
CODIGO DEL PROYECTO :		1232-AL-SR-01	Rev 1.0
PROYECTO :		Estudio Geológico Geotécnico para la Construcción de la Presa de Chocayhua del distrito de Quehue - provincia de Canas - departamento de	FECHA : 9/06/2023
UBICACIÓN :		Quehue, Canas, Cusco	REALIZADO : REVISADO :
			EG01 - Familia 03

DETERMINACION DEL VALOR DE RMR (ROCK MASS RATING)

1.- RESISTENCIA DE LA ROCA INTACTA (Ensayo de Carga Puntual)							92.0 Mpa
Rango de valores	>250	100 - 250	50 - 100	25 - 50	5 - 25	1 - 5	<1
Puntaje	15	12	7	4	2	1	0
Valoración :							7

2.- VALOR DE RQD (Rock Quality Index)							73 %
Rango de valores	90 - 100	75 - 90	50 - 75	25 - 50			<25
Puntaje	20	17	13	8			3
Valoración :							13

3.- ESPACIADO DE LAS DISCONTINUIDADES							0.25 m
Rango de valores	>2	0.6 - 2	0.2 - 0.6	0.06 - 0.2			<0.06
Puntaje	20	15	10	8			5
Valoración :							8

4.- CONDICION DE LAS DISCONTINUIDADES							
Persistencia de las discontinuidades							0.4 m
Rango de valores	<1	1 - 3	3 - 10	10 - 20			>20
Puntaje	6	4	2	1			0
Valoración :							6
Separación (apertura)							1 mm
Rango de valores	Ninguno	< 0.1	0.1 - 1.0	1 - 5			> 5
Puntaje	6	5	4	1			0
Valoración :							1
Rugosidad							R
Condición	Muy rugosa VR	Rugosa R	Ligeramente rugosa SR	Lisa L			Superficie pulida SK
Puntaje	6	5	3	1			0
Valoración :							5
Relleno							1 mm
Rango de valores	Ninguno	Duro < 5	Duro > 5	Blando < 5			Blando > 5
Puntaje	6	4	2	2			0
Marque con X el tipo de relleno : Blando : <input type="checkbox"/> Duro : <input checked="" type="checkbox"/>							Valoración : 4
Meteorización							MW
Condición	No Intemperizada UW	Ligeramente intemperizada SW	Moderadamente Intemperizada MW	Altamente Intemperizada HW			Completamente Intemperizada CW
Puntaje	6	5	3	1			0
Valoración :							3

5.- CONDICIONES GENERALES DEL AGUA SUBTERRANEA							CD
Condición	Completamente seca CD	Húmeda DM	Mojada WT	Goteo DP			Flujo FW
Puntaje	15	10	7	4			0
Valoración :							15

6.- AJUSTE POR ORIENTACION DE LAS DISCONTINUIDADES							FR
Orientaciones del rumbo y buzamiento	Muy Favorable VF	Favorable FV	Regular FR	Desfavorable UF			Muy desfavorable VU
Puntaje según el tipo de trabajo	Túneles y minas (T)	0	-2	-5	-10	-12	
	Cimentaciones (F)	0	-2	-7	-15	-25	
	Taludes (S)	0	-5	-25	-50	-60	
Indique el tipo de trabajo : <input checked="" type="checkbox"/> F							Valoración : -7

VALOR DE RMR	
RMR Básico	62
RMR Ajustado	55
RMR89 (condiciones secas y muy favorables)	62
Cohesión (c)	310 KPa
Angulo de fricción interna (°)	36°



ANEXOS ESTACIÓN

GEOMECÁNICA 02



“ESTUDIO GEOLOGICO- GEOTECNICO PARA LA CONSTRUCCION DE LA PRESA CHOCAYHUA DEL DISTRITO DE QUEHUE-CANAS-CUSCO 2022”



		VALORACIÓN MACIZO ROCOSO CLASIFICACIÓN GEMECÁNICA DE BIENAWSKI - RMR		Rev 1.0
CODIGO DEL PROYECTO :	1232-AL-SR-01	FECHA :	9/06/2023	
PROYECTO :	Estudio Geológico Geotécnico para la Construcción de la Presa de Chocayhua del distrito de Quehue - provincia de Canas - departamento de	REALIZADO :		
UBICACIÓN :	Quehue, Canas , Cusco	REVISADO :		
		EG02 - Familia 01		

DETERMINACION DEL VALOR DE RMR (ROCK MASS RATING)

1.- RESISTENCIA DE LA ROCA INTACTA (Ensayo de Carga Puntual)						81.5 Mpa	
Rango de valores	> 250	100 - 250	50 - 100	25 - 50	5 - 25	1 - 5	< 1
Puntaje	15	12	7	4	2	1	0
Valoración :							6

2.- VALOR DE RQD (Rock Quality Index)						87 %	
Rango de valores	90 - 100	75 - 90	50 - 75	25 - 50	< 25		
Puntaje	20	17	13	8	3		
Valoración :							16

3.- ESPACIADO DE LAS DISCONTINUIDADES						0.30 m	
Rango de valores	> 2	0.6 - 2	0.2 - 0.6	0.06 - 0.2	< 0.06		
Puntaje	20	15	10	8	5		
Valoración :							9

4.- CONDICION DE LAS DISCONTINUIDADES							
Persistencia de las discontinuidades						4 m	
Rango de valores	< 1	1 - 3	3 - 10	10 - 20	> 20		
Puntaje	6	4	2	1	0		
Valoración :							2
Separación (apertura)						1 mm	
Rango de valores	Ninguno	< 0.1	0.1 - 1.0	1 - 5	> 5		
Puntaje	6	5	4	1	0		
Valoración :							1
Rugosidad						SR	
Condición	Muy rugosa VR	Rugosa R	Ligeramente rugosa SR	Lisa L	Superficie pulida SK		
Puntaje	6	5	3	1	0		
Valoración :							3
Relleno						1 mm	
Rango de valores	Ninguno	Duro < 5	Duro > 5	Blando < 5	Blando > 5		
Puntaje	6	4	2	2	0		
Marque con X el tipo de relleno : Blando : <input type="checkbox"/> Duro : <input checked="" type="checkbox"/>						Valoración :	
4							
Meteorización						MW	
Condición	No Intemperizada UW	Ligeramente intemperizada SW	Moderadamente Intemperizada MW	Altamente Intemperizada HW	Completamente Intemperizada CW		
Puntaje	6	5	3	1	0		
Valoración :							3

5.- CONDICIONES GENERALES DEL AGUA SUBTERRANEA						CD	
Condición	Completamente seca CD	Húmeda DM	Mojada WT	Goteo DP	Flujo FW		
Puntaje	15	10	7	4	0		
Valoración :							15

6.- AJUSTE POR ORIENTACION DE LAS DISCONTINUIDADES						FR
Orientaciones del rumbo y buzamiento	Muy Favorable VF	Favorable FV	Regular FR	Desfavorable UF	Muy desfavorable VU	
Puntaje según el tipo de trabajo	Túneles y minas (T)	0	-2	-5	-10	-12
	Cimentaciones (F)	0	-2	-7	-15	-25
	Taludes (S)	0	-5	-25	-50	-60
Indique el tipo de trabajo : <input checked="" type="checkbox"/> F						Valoración :
-7						

VALOR DE RMR	
RMR Básico	: 59
RMR Ajustado	: 52
RMR89 (condiciones secas y muy favorables)	: 59
Cohesión (c)	: 295 KPa
Angulo de fricción interna (°)	: 35°



“ESTUDIO GEOLOGICO- GEOTECNICO PARA LA CONSTRUCCION DE LA PRESA CHOCAYHUA DEL DISTRITO DE QUEHUE-CANAS-CUSCO 2022”



		VALORACIÓN MACIZO ROCOSO CLASIFICACIÓN GEMECÁNICA DE BIENAWSKI - RMR		Rev 1.0
CODIGO DEL PROYECTO :	1232-AL-SR-01	FECHA :	9/06/2023	
PROYECTO :	Estudio Geológico Geotécnico para la Construcción de la Presa de Chocayhua del distrito de Quehue - provincia de Canas - departamento de		REALIZADO :	
UBICACIÓN :	Quehue, Canas , Cusco		REVISADO :	
			EG02 - Familia 02	

DETERMINACION DEL VALOR DE RMR (ROCK MASS RATING)

1.- RESISTENCIA DE LA ROCA INTACTA (Ensayo de Carga Puntual)						81.5 Mpa	
Rango de valores	> 250	100 - 250	50 - 100	25 - 50	5 - 25	1 - 5	< 1
Puntaje	15	12	7	4	2	1	0
Valoración :							6

2.- VALOR DE RQD (Rock Quality Index)						73 %	
Rango de valores	90 - 100	75 - 90	50 - 75	25 - 50	< 25		
Puntaje	20	17	13	8	3		
Valoración :							13

3.- ESPACIADO DE LAS DISCONTINUIDADES						0.20 m	
Rango de valores	> 2	0.6 - 2	0.2 - 0.6	0.06 - 0.2	< 0.06		
Puntaje	20	15	10	8	5		
Valoración :							8

4.- CONDICION DE LAS DISCONTINUIDADES							
Persistencia de las discontinuidades						3 m	
Rango de valores	< 1	1 - 3	3 - 10	10 - 20	> 20		
Puntaje	6	4	2	1	0		
Valoración :							2
Separación (apertura)						1 mm	
Rango de valores	Ninguno	< 0.1	0.1 - 1.0	1 - 5	> 5		
Puntaje	6	5	4	1	0		
Valoración :							1
Rugosidad						SR	
Condición	Muy rugosa VR	Rugosa R	Ligeramente rugosa SR	Lisa L	Superficie pulida SK		
Puntaje	6	5	3	1	0		
Valoración :							3
Relleno						1 mm	
Rango de valores	Ninguno	Duro < 5	Duro > 5	Blando < 5	Blando > 5		
Puntaje	6	4	2	2	0		
Marque con X el tipo de relleno : Blando : <input type="checkbox"/> Duro : <input checked="" type="checkbox"/>							
Valoración :							4
Meteorización						MW	
Condición	No Intemperizada UW	Ligeramente intemperizada SW	Moderadamente Intemperizada MW	Altamente Intemperizada HW	Completamente Intemperizada CW		
Puntaje	6	5	3	1	0		
Valoración :							3

5.- CONDICIONES GENERALES DEL AGUA SUBTERRANEA						CD	
Condición	Completamente seca CD	Humeda DM	Mojada WT	Goteo DP	Flujo FW		
Puntaje	15	10	7	4	0		
Valoración :							15

6.- AJUSTE POR ORIENTACION DE LAS DISCONTINUIDADES						UF	
Orientaciones del rumbo y buzamiento		Muy Favorable VF	Favorable FV	Regular FR	Desfavorable UF	Muy desfavorable VU	
Puntaje según el tipo de trabajo	Túneles y minas (T)	0	-2	-5	-10	-12	
	Cimentaciones (F)	0	-2	-7	-15	-25	
	Taludes (S)	0	-5	-25	-50	-60	
Indique el tipo de trabajo <input checked="" type="checkbox"/> F							
Valoración :							-15

VALOR DE RMR	
RMR Básico	55
RMR Ajustado	40
RMR89 (condiciones secas y muy favorables)	55
Cohesión (c)	275 KPa
Angulo de fricción interna (°)	33°



“ESTUDIO GEOLOGICO- GEOTECNICO PARA LA CONSTRUCCION DE LA PRESA CHOCAYHUA DEL DISTRITO DE QUEHUE-CANAS-CUSCO 2022”



		VALORACIÓN MACIZO ROCOSO CLASIFICACIÓN GEMECÁNICA DE BIENAWSKI - RMR		Rev 1.0
CODIGO DEL PROYECTO :	1232-AL-SR-01	FECHA :	9/06/2023	
PROYECTO :	Estudio Geológico Geotécnico para la Construcción de la Presa de Chocayhua del distrito de Quehue - provincia de Canas - departamento de	REALIZADO :		
UBICACIÓN :	Quehue, Canas , Cusco	REVISADO :		
		EG02 - Familia 03		

DETERMINACION DEL VALOR DE RMR (ROCK MASS RATING)

1.- RESISTENCIA DE LA ROCA INTACTA (Ensayo de Carga Puntual)						81.5 Mpa	
Rango de valores	> 250	100 - 250	50 - 100	25 - 50	5 - 25	1 - 5	< 1
Puntaje	15	12	7	4	2	1	0
Valoración :							6

2.- VALOR DE RQD (Rock Quality Index)						73 %	
Rango de valores	90 - 100	75 - 90	50 - 75	25 - 50	< 25		
Puntaje	20	17	13	8	3		
Valoración :							13

3.- ESPACIADO DE LAS DISCONTINUIDADES						0.40 m	
Rango de valores	> 2	0.6 - 2	0.2 - 0.6	0.06 - 0.2	< 0.06		
Puntaje	20	15	10	8	5		
Valoración :							9

4.- CONDICION DE LAS DISCONTINUIDADES							
Persistencia de las discontinuidades						0.4 m	
Rango de valores	< 1	1 - 3	3 - 10	10 - 20	> 20		
Puntaje	6	4	2	1	0		
Valoración :							6
Separación (apertura)						1 mm	
Rango de valores	Ninguno	< 0.1	0.1 - 1.0	1 - 5	> 5		
Puntaje	6	5	4	1	0		
Valoración :							1
Rugosidad						R	
Condición	Muy rugosa VR	Rugosa R	Ligeramente rugosa SR	Lisa L	Superficie pulida SK		
Puntaje	6	5	3	1	0		
Valoración :							5
Relleno						1 mm	
Rango de valores	Ninguno	Duro < 5	Duro > 5	Blando < 5	Blando > 5		
Puntaje	6	4	2	2	0		
Marque con X el tipo de relleno : Blando : <input type="checkbox"/> Duro : <input checked="" type="checkbox"/>						Valoración :	
							4
Meteorización						MW	
Condición	No Intemperizada UW	Ligeramente intemperizada SW	Moderadamente Intemperizada MW	Altamente Intemperizada HW	Completamente Intemperizada CW		
Puntaje	6	5	3	1	0		
Valoración :							3

5.- CONDICIONES GENERALES DEL AGUA SUBTERRANEA						CD	
Condición	Completamente seca CD	Húmeda DM	Mojada WT	Goteo DP	Flujo FW		
Puntaje	15	10	7	4	0		
Valoración :							15

6.- AJUSTE POR ORIENTACION DE LAS DISCONTINUIDADES						FR
Orientaciones del rumbo y buzamiento		Muy Favorable VF	Favorable FV	Regular FR	Desfavorable UF	Muy desfavorable VU
Puntaje según el tipo de trabajo	Túneles y minas (T)	0	-2	-5	-10	-12
	Cimentaciones (F)	0	-2	-7	-15	-25
	Taludes (S)	0	-5	-25	-50	-60
Indique el tipo de trabajo <input checked="" type="checkbox"/>		Valoración :				
		-7				

VALOR DE RMR	
RMR Básico	: 62
RMR Ajustado	: 55
RMR89 (condiciones secas y muy favorables)	: 62
Cohesión (c)	: 310 KPa
Angulo de fricción interna (°)	: 36°



ANEXOS ESTACIÓN

GEOMECÁNICA 03



	VALORACIÓN MACIZO ROCOSO CLASIFICACIÓN GEMECÁNICA DE BIENAWSKI - RMR	Rev 1.0
CODIGO DEL PROYECTO :	1232-AL-SR-01	FECHA : 9/06/2023
PROYECTO :	Estudio Geologico Geotecnico para la Construcción de la Presa Chocayhua del distrito de Quehue - provincia de Canas - departamento de	REALIZADO :
UBICACIÓN :	Quehue, Canas , Cusco	REVISADO :
		EG03 - Familia 01

DETERMINACION DEL VALOR DE RMR (ROCK MASS RATING)

1.- RESISTENCIA DE LA ROCA INTACTA (Ensayo de Carga Puntual)							47.8 Mpa
Rango de valores	>250	100 - 250	50 - 100	25 - 50	5 - 25	1 - 5	<1
Puntaje	15	12	7	4	2	1	0
Valoración :							4

2.- VALOR DE RQD (Rock Quality Index)						70 %
Rango de valores	90 - 100	75 - 90	50 - 75	25 - 50	<25	
Puntaje	20	17	13	8	3	
Valoración :						12

3.- ESPACIADO DE LAS DISCONTINUIDADES						0.14 m
Rango de valores	> 2	0.6 - 2	0.2 - 0.6	0.06 - 0.2	<0.06	
Puntaje	20	15	10	8	5	
Valoración :						7

4.- CONDICION DE LAS DISCONTINUIDADES						
Persistencia de las discontinuidades						4 m
Rango de valores	< 1	1 - 3	3 - 10	10 - 20	>20	
Puntaje	6	4	2	1	0	
Valoración :						2
Separación (apertura)						1 mm
Rango de valores	Ninguno	<0.1	0.1 - 1.0	1 - 5	>5	
Puntaje	6	5	4	1	0	
Valoración :						1
Rugosidad						SR
Condición	Muy rugosa VR	Rugosa R	Ligeramente rugosa SR	Lisa L	Superficie pulida SK	
Puntaje	6	5	3	1	0	
Valoración :						3
Relleno						1 mm
Rango de valores	Ninguno	Duro < 5	Duro > 5	Blando < 5	Blando > 5	
Puntaje	6	4	2	2	0	
Marque con X el tipo de relleno : Blando : <input type="checkbox"/> Duro : <input checked="" type="checkbox"/>						Valoración :
						4
Meteorización						MW
Condición	No Intemperizada UW	Ligeramente intemperizada SW	Moderadamente Intemperizada MW	Altamente Intemperizada HW	Completamente Intemperizada CW	
Puntaje	6	5	3	1	0	
Valoración :						3

5.- CONDICIONES GENERALES DEL AGUA SUBTERRANEA						FW
Condición	Completamente seca CD	Humeda DM	Mojada WT	Goteo DP	Flujo FW	
Puntaje	15	10	7	4	0	
Valoración :						0

6.- AJUSTE POR ORIENTACION DE LAS DISCONTINUIDADES						UF
Orientaciones del rumbo y buzamiento		Muy Favorable VF	Favorable FV	Regular FR	Desfavorable UF	Muy desfavorable VU
Puntaje según el tipo de trabajo	Túneles y minas (T)	0	-2	-5	-10	-12
	Cimentaciones (F)	0	-2	-7	-15	-25
	Taludes (S)	0	-5	-25	-50	-60
Indique el tipo de trabajo F		Valoración :				-15

VALOR DE RMR		
RMR Básico	:	36
RMR Ajustado	:	21
RMR89 (condiciones secas y muy favorables)	:	51
Cohesión (c)	:	180 KPa
Angulo de fricción interna (°)	:	23°



	VALORACIÓN MACIZO ROCOSO CLASIFICACIÓN GEMECÁNICA DE BIENAWSKI - RMR	Rev 1.0
CODIGO DEL PROYECTO :	1232-AL-SR-01	FECHA : 9/06/2023
PROYECTO :	Estudio Geologico Geotecnico para la Construcción de la Presa Chocayhua del distrito de Quehue - provincia de Canas - departamento de	REALIZADO :
UBICACIÓN :	Quehue, Canas , Cusco	REVISADO :
		EG03 - Familia 02

DETERMINACION DEL VALOR DE RMR (ROCK MASS RATING)

1.- RESISTENCIA DE LA ROCA INTACTA (Ensayo de Carga Puntual)							47.8 Mpa
Rango de valores	> 250	100 - 250	50 - 100	25 - 50	5 - 25	1 - 5	< 1
Puntaje	15	12	7	4	2	1	0
Valoración :							4

2.- VALOR DE RQD (Rock Quality Index)							70 %
Rango de valores	90 - 100	75 - 90	50 - 75	25 - 50			< 25
Puntaje	20	17	13	8			3
Valoración :							12

3.- ESPACIADO DE LAS DISCONTINUIDADES							0.20 m
Rango de valores	> 2	0.6 - 2	0.2 - 0.6	0.06 - 0.2			< 0.06
Puntaje	20	15	10	8			5
Valoración :							8

4.- CONDICION DE LAS DISCONTINUIDADES							
Persistencia de las discontinuidades							0.3 m
Rango de valores	< 1	1 - 3	3 - 10	10 - 20			> 20
Puntaje	6	4	2	1			0
Valoración :							6
Separación (apertura)							1 mm
Rango de valores	Ninguno	< 0.1	0.1 - 1.0	1 - 5			> 5
Puntaje	6	5	4	1			0
Valoración :							1
Rugosidad							SR
Condición	Muy rugosa VR	Rugosa R	Ligeramente rugosa SR	Lisa L	Superficie pulida SK		
Puntaje	6	5	3	1	0		
Valoración :							3
Relleno							1 mm
Rango de valores	Ninguno	Duro < 5	Duro > 5	Blando < 5	Blando > 5		
Puntaje	6	4	2	2	0		
Marque con X el tipo de relleno : Blando : <input type="checkbox"/> Duro : <input checked="" type="checkbox"/>							Valoración :
							4
Meteorización							MW
Condición	No Intemperizada UW	Ligeramente intemperizada SW	Moderadamente Intemperizada MW	Altamente Intemperizada HW	Completamente Intemperizada CW		
Puntaje	6	5	3	1	0		
Valoración :							3

5.- CONDICIONES GENERALES DEL AGUA SUBTERRANEA							FW
Condición	Completamente seca CD	Humeda DM	Mojada WT	Goteo DP	Flujo FW		
Puntaje	15	10	7	4	0		
Valoración :							0

6.- AJUSTE POR ORIENTACION DE LAS DISCONTINUIDADES							FR
Orientaciones del rumbo y buzamiento		Muy Favorable VF	Favorable FV	Regular FR	Desfavorable UF	Muy desfavorable VU	
Puntaje según el tipo de trabajo	Túneles y minas (T)	0	-2	-5	-10	-12	
	Cimentaciones (F)	0	-2	-7	-15	-25	
	Taludes (S)	0	-5	-25	-50	-60	
Indique el tipo de trabajo <input checked="" type="checkbox"/> F		Valoración :					-7

VALOR DE RMR	
RMR Básico	41
RMR Ajustado	34
RMR89 (condiciones secas y muy favorables)	56
Cohesión (c)	205 KPa
Angulo de fricción interna (°)	26°



“ESTUDIO GEOLOGICO- GEOTECNICO PARA LA CONSTRUCCION DE LA PRESA CHOCAYHUA DEL DISTRITO DE QUEHUE-CANAS-CUSCO 2022”



		VALORACIÓN MACIZO ROCOSO CLASIFICACIÓN GEMECÁNICA DE BIENAWSKI - RMR		Rev 1.0
CODIGO DEL PROYECTO :	1232-AL-SR-01	FECHA :	9/06/2023	
PROYECTO :	Estudio Geologico Geotecnico para la Construcción de la Presa Chocayhua del distrito de Quehue - provincia de Canas - departamento de	REALIZADO :		
UBICACIÓN :	Quehue, Canas , Cusco	REVISADO :		
		EG03 - Familia 03		

DETERMINACION DEL VALOR DE RMR (ROCK MASS RATING)

1.- RESISTENCIA DE LA ROCA INTACTA (Ensayo de Carga Puntual)						47.8 Mpa	
Rango de valores	> 250	100 - 250	50 - 100	25 - 50	5 - 25	1 - 5	< 1
Puntaje	15	12	7	4	2	1	0
Valoración :							4

2.- VALOR DE RQD (Rock Quality Index)						70 %	
Rango de valores	90 - 100	75 - 90	50 - 75	25 - 50	< 25		
Puntaje	20	17	13	8	3		
Valoración :							12

3.- ESPACIADO DE LAS DISCONTINUIDADES						0.10 m	
Rango de valores	> 2	0.6 - 2	0.2 - 0.6	0.06 - 0.2	< 0.06		
Puntaje	20	15	10	8	5		
Valoración :							6

4.- CONDICION DE LAS DISCONTINUIDADES						0.5 m	
Persistencia de las discontinuidades							
Rango de valores	< 1	1 - 3	3 - 10	10 - 20	> 20		
Puntaje	6	4	2	1	0		
Valoración :							6
Separación (apertura)						1 mm	
Rango de valores	Ninguno	< 0.1	0.1 - 1.0	1 - 5	> 5		
Puntaje	6	5	4	1	0		
Valoración :							1
Rugosidad						SR	
Condición	Muy rugosa VR	Rugosa R	Ligeramente rugosa SR	Lisa L	Superficie pulida SK		
Puntaje	6	5	3	1	0		
Valoración :							3
Relleno						1 mm	
Rango de valores	Ninguno	Duro < 5	Duro > 5	Blando < 5	Blando > 5		
Puntaje	6	4	2	2	0		
Marque con X el tipo de relleno : Blando : <input type="checkbox"/> Duro : <input checked="" type="checkbox"/>						Valoración : 4	
Meteorización						MW	
Condición	No Intemperizada UW	Ligeramente intemperizada SW	Moderadamente Intemperizada MW	Altamente Intemperizada HW	Completamente Intemperizada CW		
Puntaje	6	5	3	1	0		
Valoración :							3

5.- CONDICIONES GENERALES DEL AGUA SUBTERRANEA						FW	
Condición	Completamente seca CD	Humeda DM	Mojada WT	Goteo DP	Flujo FW		
Puntaje	15	10	7	4	0		
Valoración :							0

6.- AJUSTE POR ORIENTACION DE LAS DISCONTINUIDADES						UF
Orientaciones del rumbo y buzamiento		Muy Favorable VF	Favorable FV	Regular FR	Desfavorable UF	Muy desfavorable VU
Puntaje según el tipo de trabajo	Túneles y minas (T)	0	-2	-5	-10	-12
	Cimentaciones (F)	0	-2	-7	-15	-25
	Taludes (S)	0	-5	-25	-50	-60
Indique el tipo de trabajo <input checked="" type="checkbox"/>		Valoración : -15				

VALOR DE RMR	
RMR Básico	: 39
RMR Ajustado	: 24
RMR89 (condiciones secas y muy favorables)	: 54
Cohesión (c)	: 195 KPa
Angulo de fricción interna (°)	: 25°



		VALORACIÓN MACIZO ROCOSO	
		CLASIFICACIÓN GEMECÁNICA DE BIENAWSKI - RMR	
CODIGO DEL PROYECTO : 1232-AL-SR-01		FECHA :	9/06/2023
PROYECTO :	Estudio Geologico Geotecnico para la Construccion de la Presa Chocayhua del distrito de Quehue - provincia de Canas - departamento de		REALIZADO :
UBICACIÓN :	Quehue, Canas , Cusco		REVISADO :
			EG03 - Familia 04

DETERMINACION DEL VALOR DE RMR (ROCK MASS RATING)

1.- RESISTENCIA DE LA ROCA INTACTA (Ensayo de Carga Puntual)							47.8 Mpa
Rango de valores	> 250	100 - 250	50 - 100	25 - 50	5 - 25	1 - 5	< 1
Puntaje	15	12	7	4	2	1	0
Valoración :							4

2.- VALOR DE RQD (Rock Quality Index)							70 %
Rango de valores	90 - 100	75 - 90	50 - 75	25 - 50	< 25		
Puntaje	20	17	13	8	3		
Valoración :							12

3.- ESPACIADO DE LAS DISCONTINUIDADES							0.10 m
Rango de valores	> 2	0.6 - 2	0.2 - 0.6	0.06 - 0.2	< 0.06		
Puntaje	20	15	10	8	5		
Valoración :							6

4.- CONDICION DE LAS DISCONTINUIDADES							
Persistencia de las discontinuidades							0.5 m
Rango de valores	< 1	1 - 3	3 - 10	10 - 20	> 20		
Puntaje	6	4	2	1	0		
Valoración :							6
Separación (apertura)							1 mm
Rango de valores	Ninguno	< 0.1	0.1 - 1.0	1 - 5	> 5		
Puntaje	6	5	4	1	0		
Valoración :							1
Rugosidad							SR
Condición	Muy rugosa VR	Rugosa R	Ligeramente rugosa SR	Lisa L	Superficie pulida SK		
Puntaje	6	5	3	1	0		
Valoración :							3
Relleno							1 mm
Rango de valores	Ninguno	Duro < 5	Duro > 5	Blando < 5	Blando > 5		
Puntaje	6	4	2	2	0		
Valoración :							4
Marque con X el tipo de relleno : Blando : <input checked="" type="checkbox"/> Duro : <input checked="" type="checkbox"/>							
Meteorización							MW
Condición	No Intemperizada UW	Ligeramente intemperizada SW	Moderadamente Intemperizada MW	Altamente Intemperizada HW	Completamente Intemperizada CW		
Puntaje	6	5	3	1	0		
Valoración :							3

5.- CONDICIONES GENERALES DEL AGUA SUBTERRANEA							FW
Condición	Completamente seca CD	Humeda DM	Mojada WT	Goteo DP	Flujo FW		
Puntaje	15	10	7	4	0		
Valoración :							0

6.- AJUSTE POR ORIENTACION DE LAS DISCONTINUIDADES							UF
Orientaciones del rumbo y buzamiento		Muy Favorable VF	Favorable FV	Regular FR	Desfavorable UF	Muy desfavorable VU	
Puntaje según el tipo de trabajo	Túneles y minas (T)	0	-2	-5	-10	-12	
	Cimentaciones (F)	0	-2	-7	-15	-25	
	Taludes (S)	0	-5	-25	-50	-60	
Indique el tipo de trabajo : <input checked="" type="checkbox"/> F							
Valoración :							-15

VALOR DE RMR	
RMR Básico	: 39
RMR Ajustado	: 24
RMR89 (condiciones secas y muy favorables)	: 54
Cohesión (c)	: 195 KPa
Angulo de fricción interna (°)	: 25°



CÁLCULO DE LÍMITE DE CARGA

B =	73.00	[m]	$\phi =$	24.33	[°]	$\alpha =$	0.00
L =	135.00	[m]	$\beta =$	0.00	[°]	$\gamma =$	22.56 [kN/m ³]
D =	3.00	[m]	$\beta_0 =$	0.00	[°]	$q_u =$	0.00 [kN/m ²]
ecc.B =	0.00	[m]	$\eta =$	0.00	[°]	$q_b =$	0.00 [kN/m ²]
ecc.L =	0.00	[m]	$c =$	193.29	[kN/m ²]	FS =	3.00

Meyerhof

Nq =	9.939127584
Nc =	19.77036594
Ng =	6.043501916

Los factores de forma

Fca =	1.35779
Fqs = Fql =	1.12889

Factores de profundidad

Fcd =	1.01274
Fqd = Fgd =	1.00637

Factor de inclinación

Fci = Fqi =	1
Fgi =	1

$K_p =$ **2.40131**

Vesic:

Nq =	9.939127584
Nc =	19.77036594
Ng =	9.892205072

Los factores de forma

Fca =	1.26985
Fqs =	1.2427
Fgs =	0.78529
D/B =	0.0411

Factores de profundidad

Fcd =	1.01644
Fqd =	1.03085
Fgd =	1
K =	0.0411

Factor de inclinación

Fci =	1
Fqi =	1
Fgi =	1

m =	1.65072
Af =	9928

F. inclin. Clasificación

ic =	1
iq = ig =	1

Fact. d'inclin. Terzaghi

gc =	1
gq = gg =	1

Hansen

Nq =	9.939127584
Nc =	19.77036594
Ng =	6.062710386

Los factores de forma

sc =	1.26985
sq =	1.2427
sg =	0.78529
D/B =	0.0411

Factores de profundidad

dc =	1.01644
dq =	1.03085
dg =	1
K =	0.0411

$\phi > \phi_0 \text{ y } \beta > \beta_0 \rightarrow A/c =$	FALSO
--	-------

Factor de inclinación

ic =	1
iq =	1
ig =	1

Af =	9928
------	------

$\beta < \beta_0$	VERDADERO
-------------------	-----------

F. inclin. Clasificación

ic =	1
iq =	1
ig =	1

Fact. d'inclin. Terzaghi

gc =	1
gq = gg =	1

$i_q, i_g > 0$	VERDADERO
----------------	-----------

$\beta + \eta < \beta_0$	VERDADERO
--------------------------	-----------

Terzaghi:

Nq =	11.401
Nc =	23.361
Ng =	11.043

Tipo de la Clasificación

Distorsión, i) factorización

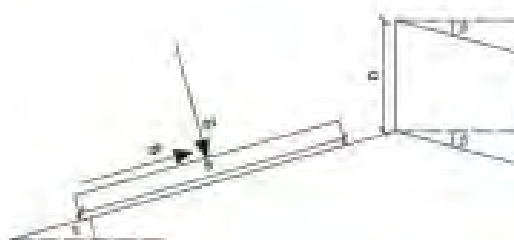
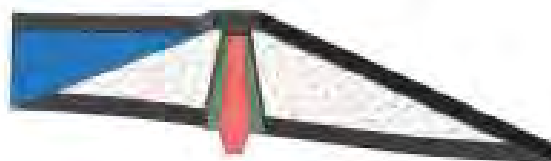
Los factores de forma

sc =	1
sq =	1



Legenda:

- B = Ancho de la cimentación
- L = Longitud de la cimentación
- D = Profundidad de la cimentación
- ecc.B = Excentricidad en B
- ecc.L = Excentricidad en L
- ϕ = Ángulo de fricción
- δ = A, inclinación del terreno de fundación
- β = A, inclinación de la carga
- η = Inclinación de la cimentación
- c = Cohesión
- ca = Adhesión a la base de la fundación
- γ = Peso específico del suelo
- q_v = Comp. Vertical de la carga
- q_h = Comp. Horizontal de la carga
- Kp = Coeficiente de empuje pasivo
- Af = Área efectiva de la cimentación
- FS = Factor de seguridad
- q = Capacidad portante



Capacidad portante según Meyerhoff:

	[kN/m ²]	[kN]	[kN/m ²]
q _{ult} =	11395,73	112044798,39	3761,91
	[t/m ²]	[t]	[t/m ²]
q _{ult} =	1160,91	11423206,01	38,38
	[Kg/cm ²]	[Kg]	[Kg/cm ²]
q _{ult} =	115,08	11423206,011,97	38,38

Capacidad portante según Vesic:

	[kN/m ²]	[kN]	[kN]
q _{ult} =	6077,45	60338937,84	3005,88
	[t/m ²]	[t]	[t/m ²]
q _{ult} =	619,74	6132761,49	30,06
	[Kg/cm ²]	[Kg]	[Kg/cm ²]
q _{ult} =	61,97	6152762,491,23	30,06

Capacidad portante según Hansen:

	[kN/m ²]	[kN]	[kN/m ²]
q _{ult} =	6099,11	60254073,04	3002,94
	[t/m ²]	[t]	[t/m ²]
q _{ult} =	618,97	6104103,34	30,02
	[Kg/cm ²]	[Kg]	[Kg/cm ²]
q _{ult} =	61,89	6104103,34,07	30,02

Capacidad portante según Terzaghi:

	[kN/m ²]	[kN]	[kN/m ²]
q _{ult} =	14380,32	142767730,39	4706,44
	[t/m ²]	[t]	[t/m ²]
q _{ult} =	1466,38	14558025,33	48,38
	[Kg/cm ²]	[Kg]	[Kg/cm ²]
q _{ult} =	146,64	14558025,33,30	48,38