

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



**TESIS**

**ESTUDIO GEOLÓGICO Y GEOTÉCNICO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA  
PRESA COLLINI, DISTRITO DE PITUMARCA, PROVINCIA CANCHIS,  
DEPARTAMENTO DEL CUSCO**

**Presentado por:**

-Br. Rafael Nelson Esquivel Chañi

-Br. Yessy Ruiz Peralta

**Para optar al título profesional de:**

Ingeniero Geólogo

**Asesor:**

Dra. Josefina Escalante Gutierrez

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 Geológico Geotécnico para la Construcción de la Presa Collini, Distrito de Pitumarca, Provincia Canchis, Departamento del Cusco,  
presentado por: Rafael Nelson Esquivel Charú con DNI Nro.: 70903083  
presentado por: Yassy Ruiz Paralta con DNI Nro.: 70094677  
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 10 %.

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

Porcentaje	Evaluación y Acciones	Marque con una (X)
Del 1 al 10%	No se considera plagio.	<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, 10 de Enero de 2024

Escalante

Firma

Post firma Josquina Escalante Guillén

Nro. de DNI 23809533

ORCID del Asesor 0000-0001-9329-0481

Se adjunta:

- Reporte de Plagio
- Entace generado por el sistema Antiplagio id. 27 259 302601252

NOMBRE DEL TRABAJO

**Estudio Geologico y Geotecnico para la construcción de la Presa Collini, Distrito P  
itumarca, Prov.Ca**

AUTOR

**Esquivel, R.- Ruiz Y.**

RECUENTO DE PALABRAS

**33562 Words**

RECUENTO DE CARACTERES

**176032 Characters**

RECUENTO DE PÁGINAS

**130 Pages**

TAMAÑO DEL ARCHIVO

**2.5MB**

FECHA DE ENTREGA

**Jan 9, 2024 9:05 PM GMT-5**

FECHA DEL INFORME

**Jan 9, 2024 9:07 PM GMT-5****● 10% de similitud general**

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

- 10% Base de datos de Internet

**● Excluir del Reporte de Similitud**

- Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref
- Material bibliográfico
- Bloques de texto excluidos manualmente
- Base de datos de Crossref
- Base de datos de trabajos entregados
- Coincidencia baja (menos de 30 palabras)



## DEDICATORIA

A Dios porque su amor es incondicional. Me envolviste y me sostuviste en los momentos más difíciles. Fuiste tan bueno conmigo, y me mostraste el camino justo en los momentos precisos para poder seguir aprendiendo y creciendo como persona.

A mi Esposa Yessy Ruiz P. porque pasar el resto de mi vida a tu lado fue la mejor decisión que tome y porque una vida sin ti no vale la pena.

A mi hijo Nelson Matthew, fuiste mi mayor motivación que llegaste en tiempos difíciles, pero con propósitos grandes. Siempre te amare sin importar nada, eres mi orgullo y lo mejor de mi vida.

A mis padres (Rafael - Rosa), hermanos (Maribel, Milan Nancy, Celia) fueron quienes creyeron en mí, por lo que me encuentro eternamente agradecido.

### **Rafael Nelson Esquivel Chañi**

A Dios por dame las fuerzas para superar aquellos momentos en los que me sentía desistir, de todo corazón a mis padres Francisco y Eufemia por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad; sabiendo que no existirá forma de agradecer una vida de esfuerzo y sacrificio. Me formaron con reglas y con algunas libertades, pero al final me motivaron constantemente para alcanzar mis anhelos.

A mi querido esposo Rafael Nelson por su sacrificio y esfuerzo y por creer en mí, a nuestro amado hijo Nelson Matthew que es el motivo más grande para seguir logrando cada sueño, por su paciencia y por su compañía.

A mis hermanos Maycol, Fernando, Gonzalo, Paloma, porque sin darse cuenta, también significaron motivación para mí. Todos ustedes son lo que más amo en la vida.

### **Yessy Ruiz Peralta**



## INDICE GENERAL

RESUMEN .....	11
ABSTRACT.....	12
INTRODUCCION .....	13
CAPITULO I. ASPECTOS GENERALES .....	14
1.1. UBICACIÓN Y ACCESIBILIDAD.....	14
1.1.1. UBICACIÓN POLÍTICA .....	14
1.1.2. UBICACIÓN GEOGRÁFICA.....	14
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	17
1.2.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	17
1.2.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	18
1.2.3. PROBLEMAS ESPECIFICOS.....	18
1.3. OBJETIVOS .....	18
1.3.1. OBJETIVO GENERAL.....	18
1.3.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS .....	18
1.4. IMPORTANCIA Y JUSTIFICACION.....	18
1.5. HIPOTESIS.....	19
1.6. ASPECTOS GEOGRAFICOS.....	19
1.6.1. CLIMA.....	19
1.6.2. VEGETACIÓN.....	19
1.7. VARIABLES DE LA INVESTIGACION .....	20
1.8. MARCO TEORICO.....	20
1.9. MARCO CONCEPTUAL .....	22
1.10. MARCO REFERENCIAL.....	34
1.10.1 REFERENCIAS INTERNACIONALES .....	34



1.10.2. REFERENCIAS NACIONALES .....	34
1.10.3, REFERENCIAS LOCALES.....	34
1.11. METODOLOGIA Y DISEÑO DE INVESTIGACION .....	34
1.11.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN .....	34
1.11.2. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN .....	35
1.11.3. MÉTODO DE TRABAJO.....	35
CAPITULO II. GEOMORFOLOGIA .....	37
2.1. UNIDADES GEOMORFOLOGICAS REGIONALES .....	37
2.1.1. ALTIPLANO .....	37
2.1.2. CORDILLERA ORIENTAL .....	38
2.2. GEOMORFOLOGIA LOCAL .....	39
2.2.1. PENDIENTE.....	39
2.2.2. GEOMORFOLOGIA DEL VASO PROPUESTO .....	40
2.2.3. GEOMORFOLOGIA DEL DIQUE PROPUESTO DE LA PRESA .....	40
CAPITULO III. GEOLOGIA .....	43
3.1. GEOLOGIA REGIONAL .....	43
3.1.1. GRUPO MITU .....	43
3.1.2. GRUPO COPACABANA .....	43
3.2. GEOLOGIA LOCAL.....	45
CAPITULO IV. GEOLOGIA ESTRUCTURAL .....	50
4.1. GEOLOGIA ESTRUCTURAL REGIONAL.....	50
4.1.1. FALLAMIENTO .....	50
4.1.2. PLEGAMIENTO .....	51
4.2. ESTRUCTURAS LOCALES .....	51
CAPITULO V. HIDROLOGIA.....	54



5.1. HIDROLOGIA DE LA MICROCUENCA COLLINI .....	54
5.1.1. MICROCUENCA COLLINI.....	54
5.1.2. PARÁMETROS GEOMORFOLÓGICOS .....	54
5.2. HIDROLOGIA EN LA PRESA COLLINI .....	59
5.2.1. PRECIPITACION.....	59
5.2.1.1. ANALISIS DE REGIONALIZACION .....	60
5.2.1.2. PRECIPITACIÓN EN LA MICROCUENCA COLLINI-PITUMARCA ..	65
5.2.2. TEMPERATURA .....	68
5.2.3. EVAPOTRANSPIACION .....	71
5.2.3.1. EVAPOTRANSPIRACION REAL.....	71
5.2.4. ESCORRENTIA.....	72
5.2.5. INFILTRACIÓN.....	73
5.2.6. BALANCE HÍDRICO .....	73
5.2.7. CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO TOPOGRAFICO.....	74
CAPITULO VI. HIDROGEOLOGIA .....	76
6.1. PARÁMETROS HIDRÁULICOS.....	76
6.1.1. POROSIDAD EFICAZ (ne) .....	76
6.1.2. POROSIDAD SECUNDARIA EN ROCAS (nf) .....	76
6.1.3. PERMEABILIDAD O CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA (K).....	77
6.1.4. COEFICIENTE DE ALMACENAMIENTO (S) .....	81
6.1.5. RENDIMIENTO ESPECIFICO (Sy) .....	81
CAPITULO VII. GEODINÁMICA.....	84
7.1. GEODINÁMICA INTERNA .....	84
7.2. SISMICIDAD DE LA ZONA DE INFLUENCIA .....	84



7.3. SISMICIDAD HISTÓRICA DEL ÁREA DE INFLUENCIA DE LA ZONA DE ESTUDIO .....	84
7.3.1. MAPA DE ZONIFICACIÓN SÍSMICA .....	86
7.3.2. MAPA DE MÁXIMAS INTENSIDADES .....	87
7.3.3. MAPA DE ACELERACIONES SÍSMICAS .....	88
7.4. EVALUACIÓN DEL PELIGRO SÍSMICO .....	90
7.5. GEODINÁMICA EXTERNA .....	90
CAPITULO VIII. GEOTECNIA .....	92
8.1. PROSPECCION GEOTECNIA.....	92
8.1.1. PROSPECCIÓN A TRAVÉS DE CALICATAS .....	92
8.2. PROSPECCION A TRAVES DE PERFORACION DIAMANTINA .....	101
8.2.1. PROGRAMA DE PERFORACIONES .....	102
8.2.2 PERFORACIONES Y PRUEBAS REALIZADAS .....	103
8.2.3 ENSAYO DE PERMEABILIDAD .....	106
8.3. GEOMECANICA DE ROCAS .....	107
8.3.1. VALORACIÓN DEL MACIZO ROCOSO .....	108
8.3.2. SISTEMAS Y FRECUENCIA DE DIACLASAS .....	115
8.4. CONDICIONES GEOTÉCNICAS DE LA CIMENTACIÓN .....	118
8.4.1. CONDICIONES GEOTÉCNICAS EN EL ESTRIBO IZQUIERDO .....	120
8.5. MODELO GEOTÉCNICO .....	121
8.5.1. MODELO GEOTÉCNICO EN LA PRESA PROPUESTA.....	121
8.6. CANTERAS Y FUENTES DE AGUA .....	127
8.6.1. ENSAYOS DE LABORATORIO .....	127
8.6.2. AGREGADOS PARA CONCRETO.....	127
8.6.3. CANTERA DE ROCAS .....	128



8.6.4. FUENTES DE AGUA .....	130
CONCLUSIONES .....	132
RECOMENDACIONES .....	133
BIBLIOGRAFÍA .....	134



## INDICE DE CUADROS

<i>Cuadro 1: Delimitación política de la microcuenca Collini.</i>	14
<i>Cuadro 2: Ubicación geográfica de la microcuenca Collini.</i>	14
<i>Cuadro 3: Acceso a la zona de estudio.</i>	16
<i>Cuadro 4: Matriz de operacionalización de variables. Fuente: Propia.</i>	20
<i>Cuadro 5: Valores de porosidad según el tipo de material.</i>	27
<i>Cuadro 6: La clasificación de calidad de la roca según el RQD.</i>	29
<i>Cuadro 7: Espaciamiento entre discontinuidades según Bienawsky.</i>	30
<i>Cuadro 8: Clasificación RMR Geomecánica de Bieniawski 1989.</i>	32
<i>Cuadro 9: Valoración del estado de las discontinuidades.</i>	32
<i>Cuadro 10: Parámetros morfométricos de la cabecera de la microcuenca Collini.</i>	55
<i>Cuadro 11: Clasificación del Índice de Gravelius.</i>	56
<i>Cuadro 12: Índice de alargamiento de Horton.</i>	57
<i>Cuadro 13: Clasificación de las cuencas de acuerdo a la pendiente. FUENTE: Gaspari et al., (2012).</i>	58
<i>Cuadro 14: Ubicación de estaciones meteorológicas con coordenadas Geograficas.</i>	59
<i>Cuadro 15: Estaciones patrones en el ámbito de estudio y precipitación media anual. FUENTE: Elaboración propia.</i>	59
<i>Cuadro 16: Registro de precipitación mensual de la Estación Meteorológica La Raya.</i>	61
<i>Cuadro 17: Precipitación media mensual de la microcuenca Collini.</i>	66
<i>Cuadro 18: Resultados de precipitación dividida en tres zonas por el polígono de Thiessen. FUENTE: Elaboración propia.</i>	67
<i>Cuadro 19: Registro de regionalización de temperatura media mensual.</i>	68
<i>Cuadro 20: Temperatura máxima media de la cuenca Collini.</i>	69
<i>Cuadro 21: Regionalización de la temperatura mínima media mensual de la cuenca Collini.</i>	70
<i>Cuadro 22: Método Thornthwaite aplicado a la evapotranspiración.</i>	72
<i>Cuadro 23: Datos para el cálculo de la curva Altura-Área-Volumen.</i>	74
<i>Cuadro 24: Volumen de agua calculado en m<sup>3</sup>. Fuente: Elaboración propia.</i>	75
<i>Cuadro 25: Cálculo de la porosidad secundaria. FUENTE: Elaboración propia.</i>	77
<i>Cuadro 26: Valores de permeabilidad. FUENTE: E. Custodio y M. R. Lllamas 2001.</i>	77
<i>Cuadro 27: Cálculo de conductividad k-01. FUENTE: Propia.</i>	79
<i>Cuadro 28: Cálculo de conductividad k-02. FUENTE: Propia.</i>	80
<i>Cuadro 29: Grado de conductividad y permeabilidad. FUENTE: Propia.</i>	80
<i>Cuadro 30: Parámetros para el cálculo del coeficiente de almacenamiento. FUENTE: Propia.</i>	82
<i>Cuadro 31: Clasificación del tipo de acuífero de acuerdo al rendimiento Sy. FUENTE: Asociación Internacional de Hidrogeólogos (AIH) 1983.</i>	82
<i>Cuadro 32: Valores de Sy en las unidades hidrogeológicas. FUENTE: Propia.</i>	82



Cuadro 33: Sismos que afectaron la zona de estudio. FUENTE: IGP (Instituto Geofísico del Perú). .....	85
Cuadro 34: Evaluación de peligro sísmico. FUENTE: Elaboración propia.....	90
Cuadro 35: Norma NTP 339.151; para la extracción y transporte de muestras. ....	92
Cuadro 36: Ubicación y profundidad de las calicatas realizadas en la zona de estudio. Fuente propia. ....	93
Cuadro 37: Perfil estratigráfico de la calicata 01. ....	96
Cuadro 38: Perfil estratigráfico de la calicata 02. ....	97
Cuadro 39: Perfil estratigráfico de la calicata 03. ....	98
Cuadro 40: Perfil estratigráfico de la calicata 04. ....	99
Cuadro 41: Propiedades físicas del suelo con su clasificación según SUCS. ....	100
Cuadro 42: Programa de perforaciones diamantinas (SDHI). ....	103
Cuadro 43: Perforaciones Diamantinas Ejecutadas. ....	104
Cuadro 44: Tipo de ensayo de permeabilidad en las perforaciones. ....	106
Cuadro 45: Ubicación de cada estación geomecánica. FUENTE: Propia. ....	108
Cuadro 46: Clasificación del macizo rocoso de la EGM-01. FUENTE: Elaboración propia. ....	108
Cuadro 47: Clasificación del macizo rocoso de la EGM-02. FUENTE: Elaboración propia. ....	111
Cuadro 48: Clasificación del macizo rocoso de la EGM-03. FUENTE: Elaboración propia. ....	113
Cuadro 49: Registro del logueo geotécnico. ....	119
Cuadro 50: Puntajes para calcular el valor de RMR. ....	119
Cuadro 51: Características Geotécnicas del Estribo Izquierdo-Derecho.....	120
Cuadro 52: Resultados de la capacidad de carga. Fuente: Elaboración propia. ....	121
Cuadro 53: Resumen de las características de los agregados, cantera Rio Pitumarca. FUENTE: Resultados de laboratorio.....	128
Cuadro 54: Límites permisibles para el agua, según norma NTP 339.088.....	131
Cuadro 55: Resultados de fuente de agua. ....	131



## INDICE DE FOTOS

<i>Foto 1: Se muestra la Cordillera Oriental. FUENTE: Propia.</i>	38
<i>Foto 2: Vaso de almacenamiento. FUENTE: Propia.</i>	40
<i>Foto 3: Estribos izquierdo y derecho del dique de la presa Collini.</i>	40
<i>Foto 4: Afloramiento del Grupo Mitu.</i>	46
<i>Foto 5: Anticlinal del grupo Copacabana.</i>	47
<i>Foto 6: Calizas fosilíferas del grupo Copacabana. FUENTE: Propia.</i>	47
<i>Foto 7: Depósitos morrénicos</i>	48
<i>Foto 8: Depósitos aluviales.</i>	48
<i>Foto 9: Depósitos coluviales</i>	48
<i>Foto 10: Falla normal ubicada al sureste a 100 metros de la fundación de la presa proyectada. FUENTE: Propia.</i>	51
<i>Foto 11: Pliegue anticlinal al sureste de la laguna Collini. Fuente propia.</i>	52
<i>Foto 12: Microcuenca Collini. FUENTE: Propia.</i>	54
<i>Foto 13: Ensayo de permeabilidad K-01.</i>	78
<i>Foto 14: Prospección a través de calicatas manuales. FUENTE: Propia.</i>	93
<i>Foto 15: Ensayo de granulometría realizado en el laboratorio.</i>	100
<i>Foto 16: Ensayo de humedad.</i>	100
<i>Foto 17: Cantera de rocas.</i>	129



## INDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1: Unidades litológicas.....</i>	<i>23</i>
<i>Figura 2: Dirección de fuerzas.....</i>	<i>23</i>
<i>Figura 3: Tipos de diaclasas.....</i>	<i>23</i>
<i>Figura 4: Tipos de fallas.....</i>	<i>24</i>
<i>Figura 5: Circo glaciar.....</i>	<i>24</i>
<i>Figura 6: Clasificación del coeficiente de permeabilidad según (Icherwood, 1979) para el ensayo de Lefranc y Lugeon.....</i>	<i>33</i>
<i>Figura 7: Columna estratigráfica de la zona de estudio.....</i>	<i>44</i>
<i>Figura 8: Perfil longitudinal de la microcuenca Collini. FUENTE: Propia.....</i>	<i>55</i>
<i>Figura 9: Se muestra el Histograma de precipitación de la estación de La Raya.....</i>	<i>62</i>
<i>Figura 10: Se muestra el Histograma de precipitación de la estación de Pomacanchi.....</i>	<i>62</i>
<i>Figura 11: Se muestra el Histograma de precipitación de la estación CORPAC.....</i>	<i>63</i>
<i>Figura 12: Se muestra el Histograma de precipitación de la estación Pisac.....</i>	<i>63</i>
<i>Figura 13: Se muestra el Histograma de precipitación de la estación Kayra.....</i>	<i>64</i>
<i>Figura 14: Se muestra el Histograma de precipitación de la estación Paucartambo.....</i>	<i>64</i>
<i>Figura 15: Se muestra las curvas de variación estándar.....</i>	<i>65</i>
<i>Figura 16: temperatura media anual de la microcuenca Collini.....</i>	<i>69</i>
<i>Figura 17: Variación mensual de la temperatura máxima, mínima y media. Fuente propia.....</i>	<i>70</i>
<i>Figura 18: Modelo conceptual Proyecto Collini.....</i>	<i>83</i>
<i>Figura 19: Zonificación sísmica. Fuente IGP.....</i>	<i>87</i>
<i>Figura 20: Mapa de intensidades máximas en la escala de Mercalli. Fuente: IGP.....</i>	<i>88</i>
<i>Figura 21: Sistemas y frecuencia de diaclasas en las EMT del área del dique. FUENTE: Elaboración propia.....</i>	<i>116</i>
<i>Figura 22: Sistemas y frecuencia de diaclasas en las EMT lateral sur de laguna. FUENTE: Elaboración propia.....</i>	<i>116</i>
<i>Figura 23: Sistemas y frecuencia de diaclasas en las EMT lateral sur de laguna. FUENTE: Elaboración propia.....</i>	<i>117</i>
<i>Figura 24: Diagrama de polos del área del dique con la dirección de flujo (flecha roja). FUENTE: Elaboración propia.....</i>	<i>118</i>
<i>Figura 25: Modelo de tipo de presa que se construirá en la laguna Collini- Pitumarca.....</i>	<i>122</i>
<i>Figura 26: Plano en planta de la presa. FUENTE: Propia.....</i>	<i>124</i>
<i>Figura 27: Sección tipo de presa y el nivel de cimentación propuesta. FUENTE: Propia.....</i>	<i>124</i>
<i>Figura 28: Esquema del empuje hidrostático de la presa.....</i>	<i>125</i>



## INDICE DE MAPAS

<i>Mapa 1:Ubicación Política de la zona de estudio.....</i>	<i>15</i>
<i>Mapa 2:Acceso a la zona de estudio. FUENTE: Elaboración propia.....</i>	<i>17</i>
<i>Mapa 3:Pendientes de la zona de estudio. ....</i>	<i>41</i>
<i>Mapa 4:Mapa geomorfológico de la zona de estudio. FUENTE: Elaboración propia.....</i>	<i>42</i>
<i>Mapa 5:Mapa geológico de la zona de estudio. FUENTE: Elaboración propia.....</i>	<i>49</i>
<i>Mapa 6:Mapa estructural de la zona de estudio. FUENTE: Elaboración propia.....</i>	<i>53</i>
<i>Mapa 8: Aceleraciones sísmicas en el área de estudio. FUENTE: IGP.....</i>	<i>89</i>
<i>Mapa 8:Ubicación de las calicatas. Elaboración propia.....</i>	<i>94</i>
<i>Mapa 10:Mapa de la ubicación de las calicatas. Elaboración propia.....</i>	<i>94</i>



## RESUMEN

La presente investigación titulada "ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA PRESA COLLINI, DISTRITO DE PITUMARCA, PROVINCIA DE CANCHIS, DEPARTAMENTO DEL CUSCO" comprende en conocer las condiciones geotécnicas del macizo rocoso en el eje de la presa Collini y también verificar la estabilidad física de la zona de estudio, así como, determinar la capacidad portante la de zona de cimentación de la presa y obras hidráulicas.

La presa se construirá en la unidad geomorfológica de un valle glaciar en forma U, formado por el desplazamiento de cuerpos glaciares donde se forma la laguna Collini, ambiente perteneciente al Altiplano. En términos de sismos, el área se encuentra en la Zona de Intensidad Sísmica VI y la Zona de Peligro Sísmico Nivel 2 y es una zona de sismos moderados.

La cimentación de la presa será sobre los afloramientos rocosos del Grupo Mitu, consistentes en un conjunto de estratos de areniscas arcósicas de grano medio a conglomerádicas emplazados en los niveles inferiores y seguidos hacia arriba por afloramientos de lavas andesíticas y dacíticas, así como de brechas y basaltos de colores rojizos y violáceos). Al sur del dique proyectado se presenta una falla normal, de rumbo N86°E, buzamiento 71°SE, al norte se tiene lineamientos que cortan al Grupo Mitu en dirección NO-SE.

Hidrológicamente la microcuenca tiene un área de 0.59 km<sup>2</sup>, topográficamente el vaso de almacenamiento a un nivel de 5 m de altura, puede almacenar un volumen de 201583.65 m<sup>3</sup> de agua aproximadamente. Desde el punto de vista de permeabilidad se puede indicar los depósitos fluvio-glaciares y las rocas volcanosedimentaria del grupo Mitu que conforman el eje proyectado de la presa son acuíferos de tipo libre, por tanto, el coeficiente de almacenamiento (S) es igual al rendimiento específico (Sy). Los resultados obtenidos de los estudios geológicos y geotécnicos nos indican que es recomendable un diseño de presa de concreto tipo Gravedad  $f'c = 210 \text{ Kkg/cm}^2$ .

**Palabras clave:** Presa, Permeabilidad, Hidrología y Perforación Diamantina.



## ABSTRACT

The present investigation entitled "GEOLOGICAL AND GEOTECHNICAL STUDY FOR THE CONSTRUCTION OF THE COLLINI DAM, DISTRICT OF PITUMARCA, PROVINCE OF CANCHIS, DEPARTMENT OF CUSCO" includes knowing the geotechnical conditions of the rock mass in the axis of the Collini dam and also verifying the stability physics of the study area, as well as determining the bearing capacity of the dam foundation area and hydraulic works.

The dam will be built in the geomorphological unit of a U-shaped glacial valley, formed by the displacement of glacial bodies where the Collini lagoon is formed, an environment belonging to the Altiplano. The flanks of the middle and northern area of the lagoon present rockfall phenomena that generally do not represent a threat to the dam. In terms of earthquakes, the area is located in the Seismic Intensity Zone VI and the Level 2 Seismic Hazard Zone and is an area of moderate earthquakes.

The foundation of the dam will be on the rock outcrops of the Mitu Group, consisting of a set of strata of medium-grained arkosic to conglomeratic sandstones located at the lower levels and followed upwards by outcrops of andesitic and dacitic lavas, as well as breccia and basalts of reddish and violet colors). To the south of the projected dam there is a normal fault, trending N86°E, dip 71°SE, to the north there are lineations that cut the Mitu Group in a NW-SE direction.

Hydrologically, the microbasin has an area of 0.59 km<sup>2</sup>, topographically the storage basin at a level of 5 m high, can store a volume of 201583.65 m<sup>3</sup> of water..From the point of view of permeability, it can be indicated that the fluvio-glacial deposits and the volcanosedimentary rocks of the Mitu group that make up the projected axis of the dam are free-type aquifers, therefore, the storage coefficient (S) is equal to the specific yield ( Sy). The results obtained from the geological and geotechnical studies indicate that a concrete dam design of type Gravity  $f'c = 210 \text{ Kkg/cm}^2$  is recommended.



## INTRODUCCION

El estudio geológico y geotécnico es una fase fundamental en el proceso de construcción de una presa. Se trata de un análisis exhaustivo del terreno donde se va a edificar la estructura, con el objetivo de conocer sus características geológicas y geotécnicas. Este tipo de estudio permite determinar la idoneidad del lugar para la construcción de una presa, así como también establecer las medidas de seguridad y estabilidad necesarias.

Durante el estudio geológico, se examinan las formaciones geológicas presentes en la zona, como rocas, suelos y sedimentos. Se busca identificar posibles fallas geológicas o zonas con debilidades que podrían comprometer la estabilidad de la presa. Además, se evalúa la porosidad y permeabilidad del terreno, así como su capacidad de soporte y resistencia.

Por otro lado, el estudio geológico y geotécnico se enfoca en determinar la geología de la zona, así como las propiedades físicas y mecánicas del suelo y roca. También se realizan pruebas de laboratorio para calcular su capacidad de carga, deformación, debido a que el eje proyectado de la presa se encuentra en un macizo rocoso. Estos datos son fundamentales para diseñar los cimientos adecuadas.

En el área de estudio de la presa Collini se han determinado estudios de geología y geotecnia estos se determinaron en las conclusiones y recomendaciones. Como primer punto básico corresponde a la base de la estructura, pero en diferentes condiciones, las condiciones de cimentación de la estructura proyectada de la presa Collini están constituidas por afloramiento rocoso del grupo Mítu. El segundo tema que surge son las elecciones de los materiales necesarios para la construcción de diversas estructuras (materiales granulares, materiales impermeables y enrocado).

Uno de los factores de aceptación más importantes. De hecho, para que la solución sea factible, los materiales tienen que estar ubicados a poca distancia y la calidad debe ser buena. Se ha realizado una investigación geotécnica.

Con el fin que ha permitido establecer las condiciones geotécnicas del eje de la presa estructuras relacionadas, trasvase y líneas de conducción para riego y así determinar los parámetros geotécnicos de la cimentación y las propiedades físico mecánicas de los materiales de préstamos agregados, relleno y canteras de roca.



## CAPITULO I. ASPECTOS GENERALES

### 1.1. UBICACIÓN Y ACCESIBILIDAD

#### 1.1.1. UBICACIÓN POLÍTICA

La laguna Collini se ubica en la parte alta de la microcuenca Collini del Distrito de Pitumarca, Provincia de Canchis, Región de Cusco.

*Cuadro 1: Delimitación política de la microcuenca Collini.*

DELIMITACION POLITICA DE LA MICROCUENCA COLLINI	
<b>Norte</b>	Montaña Hatun Ch'aqu
<b>Sur</b>	Distrito de Pitumarca
<b>Oeste</b>	Montaña Yuraq Q'asa
<b>Este</b>	Distrito de Cusipata

*FUENTE: Elaboración propia.*

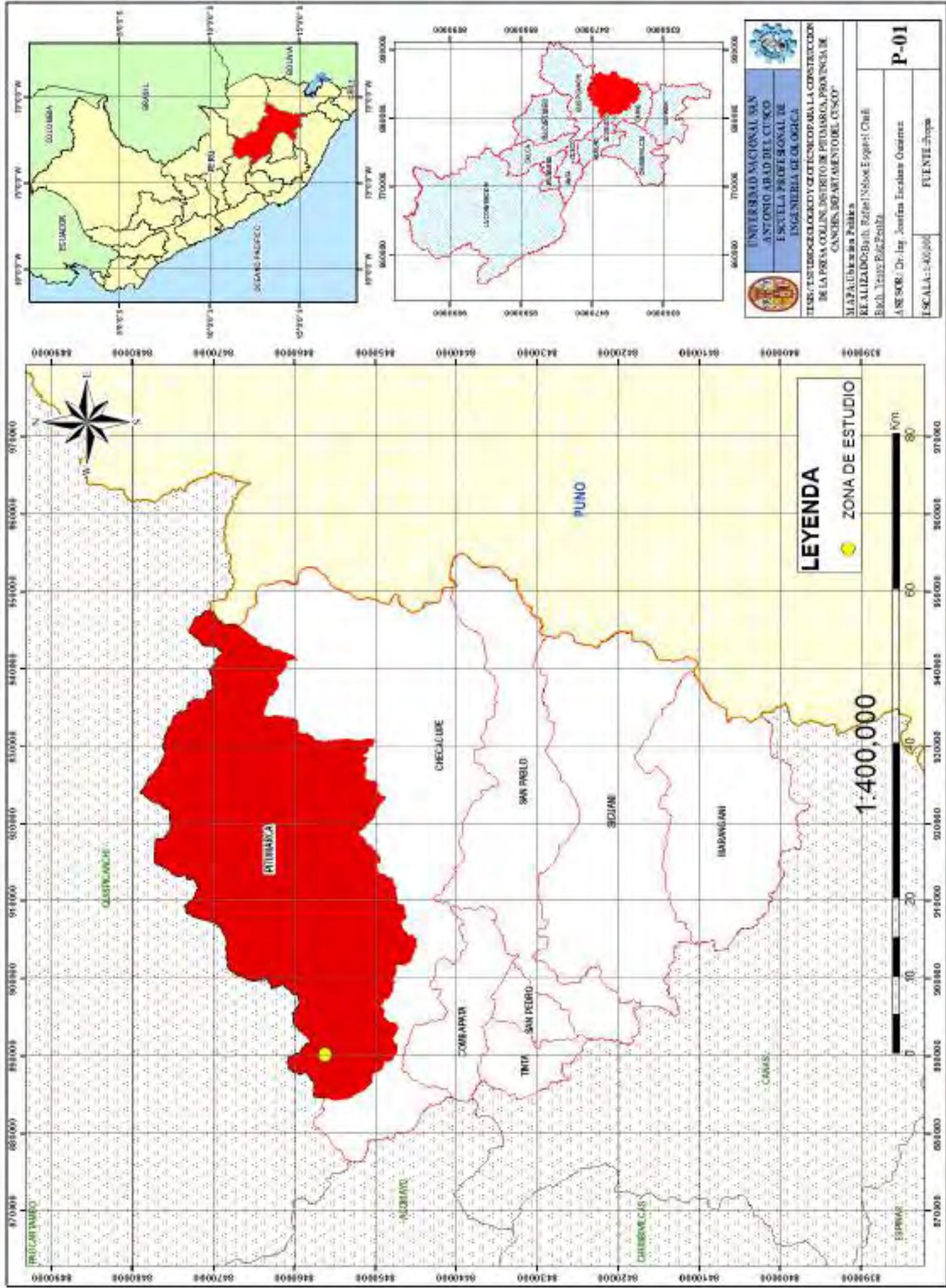
#### 1.1.2. UBICACIÓN GEOGRÁFICA

La zona de estudio se encuentra al Noroeste del centro poblado de Huito del distrito de Pitumarca, provincia de Canchis de la Región de Cusco. La cuenca está en la zona 19L, con Datum WGS\_1984 y coordenadas UTM que se especifican a continuación.

*Cuadro 2: Ubicación geográfica de la microcuenca Collini.*

UBICACIÓN GEOGRAFICA							
Microcuenca Collini	COORDENADAS GEOGRAFICAS			COORDENADAS UTM		HOJAS IGN	ZONA
	Longitud Sur	Latitud Oeste	Altitud	X(Este)	Y(Norte)		
	13°57'40"	71°23'56"	3657	240827	8455238	Ocongate 18-t	19L

*FUENTE: Elaboración propia.*



Mapa 1: Ubicación Política de la zona de estudio.



### 1.1.3. UBICACIÓN HIDROGRÁFICA

La Microcuenca Collini se encuentra dentro del distrito de Pitumarca, de la Provincia de Canchis, Región Cusco.

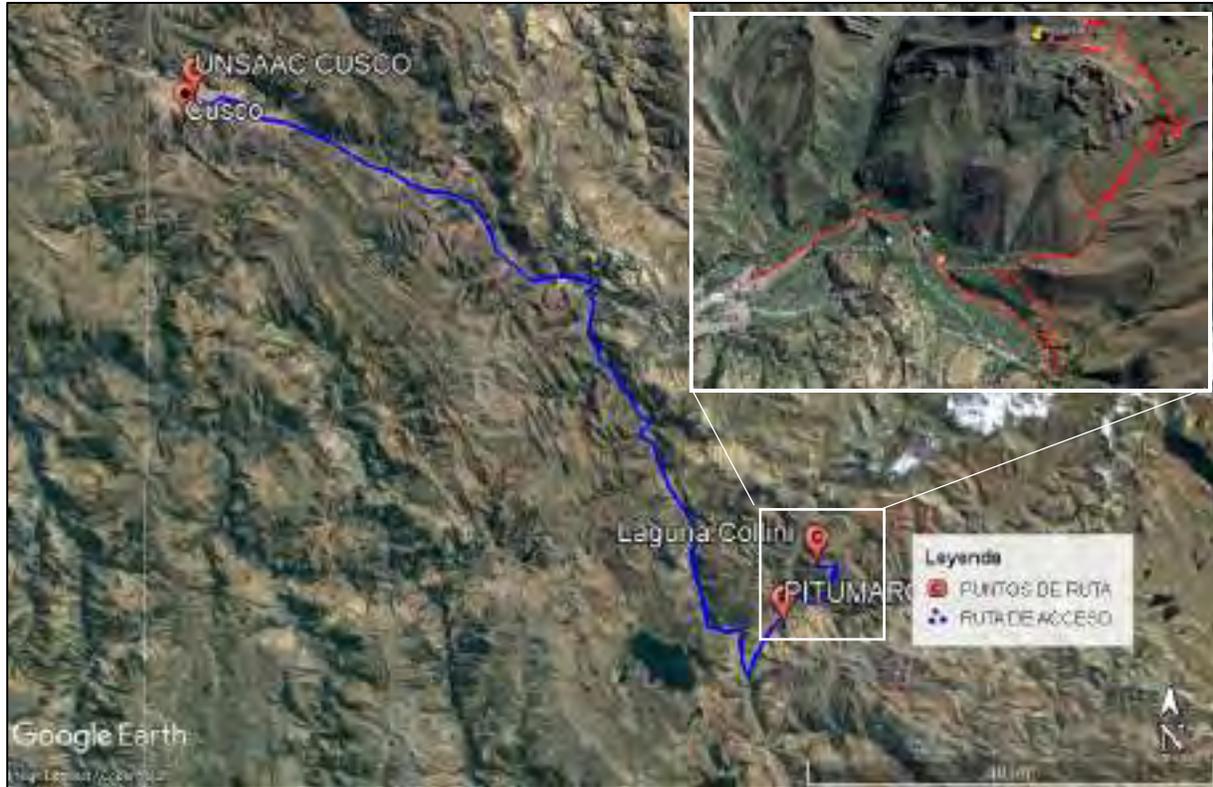
- Vertiente hidrográfica: océano atlántico
- Cuenca: Vilcanota
- Subcuenca: Pitumarca
- Microcuenca: Collini

### 1.1.4. ACCESIBILIDAD

Para llegar a la Presa de Collini se parte de la Ciudad del Cusco, por la carretera asfaltada 107 Kilómetros hasta el Centro poblado de Checacupe, para posteriormente dirigirse al poblado de Pitumarca con un tiempo de viaje de aproximadamente 2.5 horas. Luego se continúa por una trocha carrozable de 13 kilómetros hasta llegar a la microcuenca de Collini en un tiempo aproximado de 1 hora, de donde se continúa por un camino de herradura de 1 kilómetro aproximadamente que conduce hasta la presa de Collini. Con una duración total de viaje de 4 horas.

*Cuadro 3: Acceso a la zona de estudio.*

Desde	Hasta	Distancia	Tipo de Vía	Tiempo (hrs)	Vehículo
Cusco	Pitumarca	107 km	Asfaltada	2.5	Camioneta
Pitumarca	Microcuenca Collini	13 km	Trocha carrozable	1	Camioneta
Microcuenca Collini	Presa Collini	1 km	Camino Herradura	0.5	A pie



Mapa 2: Acceso a la zona de estudio. FUENTE: Elaboración propia.

## 1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 1.2.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Los recursos hídricos disminuyen cada año y se vuelven insuficientes en diferentes provincias del departamento del Cusco debido a los cambios atmosféricos. El distrito de Pitumarca con sus centros poblados de Huito, Qeñayoc y comunidades aledañas presenta este fenómeno que no es nuevo en el periodo de estiaje. El agua para riego en zonas agrícolas y pastoriles es escasa, por lo que es necesario mejorar este recurso mediante el embalse de aguas superficiales con la construcción de una presa según **(PNUD, Perú)**.

La comunidad de Huito, cuenta con más de 500 has de áreas agrícolas aptas para la agricultura se alimenta solo de lluvias, de los cuales solo se aprovecha 135 has en la actualidad no se registran ninguna infraestructura con sistemas de riego, para la producción de los diferentes cultivos, ya que este recurso únicamente abastece a la ganadería y pequeñas áreas de pastizales, razón por la cual la agricultura en la zona es bajo seco en su mayoría, a pesar que cuentan con recurso hídrico disponible en las partes altas de la Comunidad de Huito los cuales se pretende



potenciar este recurso embalsando las aguas superficiales y subterráneas para su posterior aprovechamiento, mediante la construcción de una presa para ello se deben de conocer las situaciones geológicas y geotécnicas del lugar de emplazamiento para la presa y darle una seguridad física a las estructuras del proyecto; de esta manera lograr satisfacer las necesidades de su uso consuntivo del agua.

### **1.2.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

¿Cuáles son las condiciones geológicas y parámetros geotécnicos para la construcción de la presa Collini-Pitumarca-Canchis-Cusco?

### **1.2.3. PROBLEMAS ESPECIFICOS**

- a. ¿Cuál es la permeabilidad en la cimentación del eje de la presa?
- b. ¿Cuál es la capacidad portante en la cimentación del eje de la presa?
- c. ¿Cuáles son las características de los materiales de cantera para la construcción de la presa Collini?

## **1.3. OBJETIVOS**

### **1.3.1. OBJETIVO GENERAL**

Determinar las condiciones geológicas y parámetros geotécnicos para la construcción de la presa Collini- Pitumarca-Canchis-Cusco.

### **1.3.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- a. Determinar la permeabilidad en la cimentación del eje de la presa.
- b. Determinar la capacidad portante en la cimentación del eje de la presa.
- c. Determinar las características de los materiales de cantera para la construcción de la presa Collini.

## **1.4. IMPORTANCIA Y JUSTIFICACION**

Las condiciones geológicas y parámetros geotécnicos de la presa Collini son importantes para el diseño de la construcción de la presa, por lo tanto, se brindará seguridad y garantía del tiempo útil de vida del proyecto y coadyuvar con el abastecimiento hídrico para la irrigación de zonas agrarias y de pastoreo de los pobladores de la comunidad.



La construcción de esta infraestructura de riego para la zona permitirá mejorar las condiciones de vida del poblador, aumentando la producción y productividad agrícola y ganadera, con mejor uso intensivo del recurso agua, generando una menor inmigración de estas poblaciones a las capitales de provincias y departamentos. Esto sucederá siempre que la infraestructura sea terminada y puesta en funcionamiento.

## **1.5. HIPOTESIS**

### **1.5.1. HIPÓTESIS GENERAL**

El análisis de las condiciones geológicas y parámetros geotécnicos son favorables para la construcción de la presa Collini-Pitumarca-Canchis-Cusco.

### **1.5.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS**

- a) La permeabilidad en el eje de la presa presenta buenas condiciones para la estructura de la misma.
- b) La capacidad portante en la cimentación es adecuada para la presa.
- c) Las características de los materiales de cantera para la construcción de la presa Collini son apropiadas para su uso.

## **1.6. ASPECTOS GEOGRAFICOS**

### **1.6.1. CLIMA**

El distrito de Pitumarca, presenta un clima lluvioso y frío durante los meses de enero a abril (temperaturas que varían entre 2°C a 10°C), con humedad en todas las estaciones del año y semifrígido entre los meses de mayo a setiembre (temperaturas que varían entre los -1.5°C a 10°C).

### **1.6.2. VEGETACIÓN**

Los factores climáticos condicionan la flora y fauna en la microcuenca Collini, en la parte alta de la microcuenca Collini, la flora que predomina son arbustos de pequeño tamaño como el ichu y asociaciones de gramíneas y poáceas conocidas como pastizal y una vegetación de tipo cespitosa y rala conocida como césped de puna, en la parte baja de la microcuenca se tiene especies arboleas de eucalipto, pino, papa y maíz. La fauna que predomina son las especies de ovino, vacuno y camélido.



## 1.7. VARIABLES DE LA INVESTIGACION

- Geología y Geotécnia
- Construcción de la presa Collini.

*Cuadro 4: Matriz de operacionalización de variables. Fuente: Propia.*

VARIABLES		INDICADORES	INDICES	DATOS
Geología	Geomorfología	Pendiente	Clasificación	<5, 5-15, 15-25, 25-35,>35
	Geología Estructural	Formas estructurales	Fallas, lineamientos	Metros, centímetros
		Deformaciones	Pliegues	Kilómetros, metros
	Hidrología	Parámetros hidrológicos	Caudal	m3/s
			Precipitación	mm/h
	Hidrogeología	Parámetros hidrogeológicos	Permeabilidad	m3/s
			Porosidad	mm/h
Geodinámica	Geodinamica interna- Geodinamica externa	Sismicidad, caída de roca	Factor de seguridad	
Geotecnia	Geomecanica de Suelos	Propiedades físico mecánicas	Límites de consistencia, Granulometría	%, Clasificación sucs, kg/cm3
	Geomecanica de Rocas	Propiedades físico mecánicas	Clasificación geomecanica del macizo rocoso, RMR, RQD, Permeabilidad de lugeon y lefranc.	%, Puntuación, clase, calidad
<b>Construccion de la presa Collini</b>				

## 1.8. MARCO TEORICO

### 1.8.1. GEOLOGÍA DE LOS CUADRÁNGULOS DE OCONGATE Y SICUANI

Este estudio de los dos cuadrángulos de Ocongate y Sicuani abarcan parte de la Cordillera Oriental y del Valle del Vilcanota, al Este-Sureste de la ciudad del Cusco. Cubren aproximadamente 6,000 km<sup>2</sup>, comprendidos dentro de las provincias de Canchis, Quispicanchis y Canas del departamento del Cuzco. El mapa geológico a la escala de 1:100,000 publicadas por el Instituto Geográfico Militar. Dicha información es descargada del INGEMMET, cuadrángulo de Ocongate y Sicuani, con el objetivo de usar esta información como guía para realizar el



cartografiado geológico. (Audebaud, Abril 1973) *Boletín Serie A: Carta Geológica Nacional, N°25 “Geología de los cuadrángulos de Ocongate y Sicuani 28t y 29t”*

### **1.8.2. GEOLOGÍA DEL CUADRÁNGULO DE OCONGATE (HOJAS 28T1, 28T2, 28T3,28T4)**

El presente estudio corresponde a los trabajos de cartografiado geológico del cuadrángulo de Ocongate hojas 28t1, 28t2, 28t3 y 28t4 a escala 1:50 000, en el marco de la actualización de la carta geológica nacional llevada a cabo por el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET). El área de estudio se ubica en la Cordillera Oriental del Sur del Perú. Políticamente se encuentra en la región de Cusco, provincias de Canchis y Quispicanchis; en los distritos de Ocongate, Marcapata, Pitumarca, Cusipata, Quiquijana y Ccarhuayo, entre las coordenadas geográficas siguientes: 71° 00' - 71° 30' longitud oeste y 13° 30' - 14° 00' latitud sur. La extensión del cuadrángulo es aproximadamente de 3000 km<sup>2</sup>. Toda esta información relevante a nuestra zona de estudio que es la hoja 28t3 es descargada del INGEMMET para tener información necesaria y actualizada para nuestra investigación. (Soaña, Atencio, & Martínez, 2022).

### **1.8.3. MANUAL GEOTÉCNICO PARA EL DISEÑO DE PRESAS**

Este manual está enfocado, principalmente, al aspecto geotécnico del diseño de presas. En él se incluyen criterios hidráulicos, hidrológicos y geológicos que son necesarios para la correcta selección del sitio y tipo de presa, así como aspectos relacionados con la operación, mantenimiento, instrumentación y seguridad de este tipo de obras y su interacción con el entorno y otras estructuras. (Bonola Alonso & Jaime Paredes, 2007) *Nombre del libro “Manual geotécnico para el diseño de presas”*.

### **1.8.4. INGENIERIA GEOLOGICA**

Este libro constituye una relación básica para el ingeniero geólogo, el ingeniero geotécnico, en general para estudios relacionados a cimentaciones, excavación de taludes, túneles, minería, presas, obras de tierras, etc., abarcando desde los estudios geotécnicos para la cimentación de edificios hasta las grandes obras públicas y de infraestructura. El capítulo 11 trata de presas, donde se muestra contenido como; tipos de presas, estudios geológicos y geotécnicos, criterios geológicos y geotécnicos de selección de presas, materiales geológicos para la construcción de presas, estanqueidad de embalses, permeabilidad, condiciones de cimentación de presas,



sismicidad, entre otras. (González de Vallejo, Ferrer, Ortuño, & Oteo, 2002) *Nombre del libro: “Ingeniería Geológica”*.

### 1.8.5. PRINCIPLES OF ENGINEERING GEOLOGY AND GEOTECHNICS

Este libro describe la Geología, Mecánica de suelos y rocas y otras ciencias de la Tierra como se utiliza en ingeniería, así como la aplicación de las ciencias de la tierra a la solución de problemas de ingeniería civil, o geotecnia. El punto de vista es el del ingeniero, y las ciencias de la tierra, particularmente la geología, han sido incorporados al patrón de ingeniería sólo cuando han relación directa con los problemas en discusión. El objetivo de los autores es presentar sólo aquellos principios geotécnicos básicos que pueden proporcionar una base sólida para la solución de problemas relacionados con el entorno natural de una estructura de ingeniería particularmente el terreno circundante. (Krynine, D. P., Judd, W. R., & Krynine, D. P., 1957).

## 1.9. MARCO CONCEPTUAL

### 1.9.1. GEOLOGIA

Según (Rivera Mantilla, 2015) La geología es la ciencia que estudia la tierra, su composición, su estructura los fenómenos que han ocurrido y ocurren en la actualidad, su evolución como planeta, su relación con los astros del universo, así como la evolución de la vida registradas en las rocas. Así mismo el estudio geológico se realiza en diferentes escalas siendo las más importantes: la escala regional y local.

**Geología regional:** La geología regional es la rama de las ciencias geológicas que se ocupa de la configuración geológica de cada continente, país, región o de zonas determinadas de la tierra. Marco que contiene varias estructuras y litologías.

**Geología local:** La geología local se refiere a un lugar en particular y la estructura es la arquitectura o distribución de materiales afectados por tectonismo.

**Unidades litológicas:** Una unidad litológica es un cuerpo rocoso que presenta características de composición química y mineralógica más o menos homogéneas, tiene límites definidos con otras unidades y una edad de formación determinada.

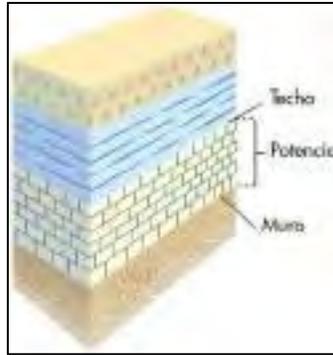


Figura 1: Unidades litológicas.

**Estructuras geológicas:** Según Mantilla, (2015) las deformaciones dependen de factores como intensidad de esfuerzo, de presión, temperatura, composición de la roca y del tiempo de formación.

**Fracturas:** Las fracturas son el resultado de los esfuerzos que son tensionales, compresionales y de aplastamiento. Sobrepasando los límites de resistencia donde la roca deja de ser una sustancia plástica; estos límites varían de acuerdo al tipo de roca en algunos aparece y en otras no.



Figura 2: Dirección de fuerzas.

**Diaclasas:** Son estructuras que presenta grietas o aberturas en la roca, sin presentar un desplazamiento entre los bloques rocosos. Se divide en 4 tipos las cuales son: no sistemáticas, sistemáticas, ortogonales y conjugadas.

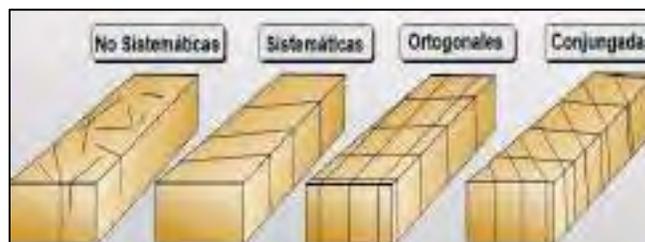


Figura 3: Tipos de diaclasas.



**Fallas:** Es una estructura en la cual se produce una fractura y un desplazamiento relativo entre dos bloques separados por la fractura. Se dividen en 4 tipos: fallas normales, horizontales, inversa y mixtas.

### 1.9.2. GEOMORFOLOGIA

Según (Muñoz Jimenez, 1995) la geomorfología es la disciplina científica que estudia el reconocimiento, clasificación y la explicación de las diferentes configuraciones que presenta la superficie externa de la litosfera.

**Formas de relieve estructurales:** Estas formas del relieve dependen de los agentes externos las cuales modelan y otras cuyos caracteres reflejan los factores internos como la naturaleza, forma del yacimiento y disposición tectónica del raqueado recibiendo el nombre de forma estructural.

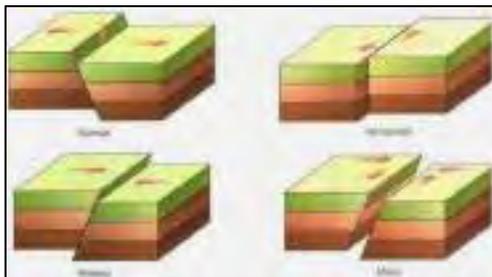


Figura 4: Tipos de fallas.

**Cerros:** Corresponde a elevaciones naturales del terreno con menor altura que las montañas, compuestas por rocas y suelos controladas por los esfuerzos presentando diferentes direcciones.

**Valles de Glaciares:** Es un valle por donde se evidencia que ha circulado un glaciar con dimensiones considerables y que deja una geomorfología de glaciario. Estos glaciares a medida que se desplazan por gravedad van provocando desgaste del relieve donde deja superficies lisas.

**Circo Glaciar:** El circo glaciar es una depresión semicircular de paredes escarpadas y fondo cóncavo que se ha formado que se forma por acción erosiva del hielo del glaciar.

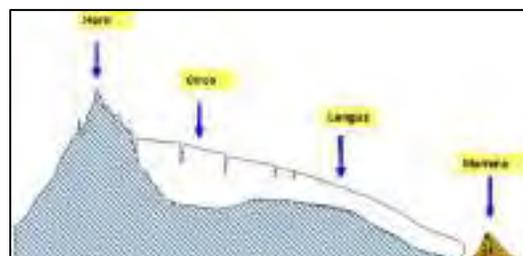


Figura 5: Circo glaciar.



**Quebradas:** Son geoformas de formas estrechas y con flancos empinados con fondos muy cortos de manera que, si tienen cursos de agua permanentes el espacio es para este curso, y los cambios de pendiente a lo largo de estas geoformas.

**Colinas:** En general son superficies estables, con acciones erosivas poco significativas o localizadas. En su mayor parte corresponden a las zonas de altiplanicies y en menor medida a los fondos de valle, conformados a poca profundidad por el basamento rocoso.

**Lagunillas y humedales:** Los humedales se encuentran en los alrededores de las lagunillas, como resultado de cambios de coeficientes de permeabilidad que mediante pequeños manantes que fluyen de acuíferos que lo constituyen los macizos rocosos fracturados del área.

**Morrenas:** Son materiales como piedra, arena, barro y otros que un glaciar erosiona para luego transportarla y posteriormente acumularlo.

### 1.9.3. GEODINAMICA

**Proceso de Geodinámica Interna:** Según (Bazán Santa Cruz, 2013), la Cordillera de los Andes es un mega morfoestructura que se extiende paralela al borde Oeste de la placa Sudamericana con una extensión de 7000 km. y con alturas de hasta 6000 msnm. En el Perú, la Cordillera de los Andes se presenta bien definida, con una orientación NW-SE; sin embargo, es notoria la presencia de dos deflexiones importantes, coincidentes con los cerros de Illescas en el norte y península de Paracas en el sur, a la altura de 6° Sur, la deflexión de Huancabamba cambia la orientación de la cordillera a NE-SW y a los 14° Sur, la deflexión de Abancay cambia la orientación de la cordillera a WNW - ESE.

**Geodinámica externa:** Respecto a la geodinámica externa que precisa describir las características que presenta el suelo y los movimientos en masa (deslizamientos, caídas, flujos, etc.), que existen en determinada área. Luego de la revisión histórica de estos procesos de geodinámica, en el área de estudio se ha establecido que estos son escasos y de manera incipiente este tipo de procesos, sin embargo, se describe la tipología de procesos que tienen alguna presencia incipiente. (BAZAN SANTACRUZ, 2013)

**Pie de talud:** El pie corresponde al sitio de cambio brusco de la pendiente en la parte inferior del talud o ladera. La forma del pie de una ladera es generalmente cóncava. (Suarez Diaz, 1998)



**Reptación de rocas:** El movimiento cuesta abajo de bloques individuales de rocas. (Jaen la Torre & Taype Ramos, 1976)

**Reptación de glaciares de piedra:** el movimiento, cuesta abajo, de lengua de detritos rocosos. (Jaen la Torre & Taype Ramos, 1976)

#### 1.9.4. HIDROLOGIA E HIDROGEOLOGÍA

**Precipitación:** 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 en forma de: lluvias, granizadas, garúas, nevadas, desde el punto de vista de la ingeniería hidrológica, la precipitaciones 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 (Villón Béjar, 2002).

**Permeabilidad:** La permeabilidad puede ser definida como la capacidad del medio rocoso para que el agua fluya a través de sus huecos o vacíos interconectados, se representa por el coeficiente de permeabilidad (González de Vallejo, Ferrer, Ortuño, & Oteo, 2002).

**Porosidad:** La porosidad es la relación entre el volumen de huecos y el volumen total de una roca. Es un parámetro adimensional y depende únicamente de la constitución de la roca o suelo, es decir de su textura características, sin que intervenga la forma geométrica ni la potencia de la formación o su mecanismo de funcionamiento hidráulico en la naturaleza (González de Vallejo, Ferrer, Ortuño, & Oteo, 2002).

**Escurrimiento:** El escurrimiento se define como el agua proveniente de la precipitación que circula sobre o bajo la superficie terrestre y que llega a una corriente para finalmente ser drenada hasta la salida de la cuenca (Mijares & Aparicio).

**Infiltración:** El agua de las precipitaciones pluviales, después de haber sufrido pérdidas por evapotranspiración y absorción de la capa vegetal, se divide en dos partes: escorrentía superficial e infiltración del suelo (Mijares & Aparicio).

**Porosidad eficaz (ne):** Es el cociente entre el volumen de poros conectados que presenta el acuífero por donde puede circular efectivamente el agua subterránea referidos al volumen total del mismo. Así tenemos algunos valores representativos según el cuadro 16:

Cuadro 5: Valores de porosidad según el tipo de material.

Material	Tipo	Descripción	Porosidad total (%)					Porosidad Eficaz (%)			Observaciones
			Media	Normal		Extraordinario		Media	Máxima	Mínima	
				Máxima	Mínima	Máxima	Mínima				
Rocas máficas	Granito		0.3	4	0.2	9	0.05	< 0.2	0.5	0	A
	Calizas masivas		8	15	0.5	20		< 0.5	1	0	B
	Dolomía		5	10	2			< 0.5	1	0	B
Rocas metamórficas			0.5	3	0.2			< 0.5	1	0	A
Rocas volcánicas	Fluodastos y tebas		30	50	10	60	5	< 5	20	0	C,E
	Escorias		25	80	10			20	50	1	C,E
	Pumitas		85	90	50			< 5	20	0	D
	Basaltos densos, fonolitas		7	5	0.1			< 1	2	0.1	A
	Basaltos vacuolares		12	30	5			5	10	1	C
Rocas sedimentarias consolidadas (ver rocas máficas)	Pizarras sedimentarias		5	15	2	30	0.5	< 2	5	0	E
	Ariscas		15	25	1	10	0.5	10	20	0	F
	Creta blanca		20	50	10			1	5	0.2	B
	Caliza detritica		10	30	1.5			5	20	0.5	
Rocas sedimentarias sueltas	Alufiles		25	40	20	45	15	15	35	5	E
	Dunas		35	40	30			20	30	10	
	Gravas		30	40	25	40	20	25	35	15	
	Loess		45	55	40			< 5	10	0.1	E
	Arenas		35	45	20			25	35	10	
	Depósitos glaciares		25	35	15			15	10	5	
	Limos		40	50	35			10	20	1	E
	Arcillas sin compactar		45	60	40	85	30	2	10	0	E
Suelos superiores		50	60	30			10	20	1	E	

A = Aumentar y n, por mineralización  
 B = Aumentar y n, por fracturas de fracturación  
 C = Aumentar y n, con la edad  
 D = Disminuye y puede convertirse n, con la edad  
 E = n, muy variable según circunstancias y tiempo  
 F = Variable según el grado de cementación y su solubilidad

FUENTE: Custodio y llamas, A. 1983. Hidrología subterránea.

**Porosidad secundaria en rocas (nf):** Las fracturas que se producen en una roca compacta son fracturas producidas por esfuerzos tectónicos denominado porosidad secundaria el cual depende del grado de fracturamiento, abertura, extensión de las discontinuidades y su relleno, este término llega a ser el correlativo de la porosidad efectiva en los depósitos no consolidados y/o consolidados según **B. B. S. Singhal, R. P. Gupta, Applied Hydrogeology of Fractured Rocks.** (Ver imagen N° 1)

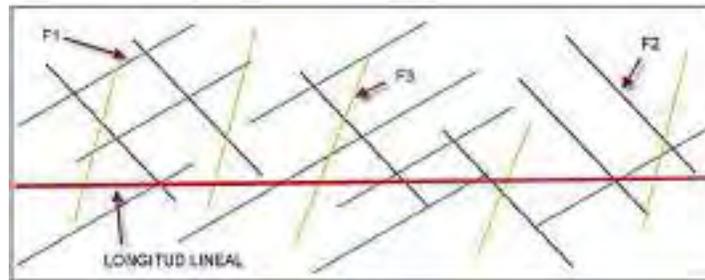


Imagen 1: Representación para el cálculo de la porosidad en macizos fracturados.

### 1.9.5. PRESAS

Según CIGB, (2007) Una presa es una barrera o una estructura construida cortando un curso de agua o río para contener el agua y controlar el aforo. Las presas varían de tamaño y



necesidad de la población, pudiendo ser de tierra o estructuras de hormigón las cuales cumplen la función de almacenar y distribuir el agua.

**Volumen útil de embalse:** Es el volumen total del embalse menos el volumen muerto por cota de captación. Volumen susceptible de descargarse íntegramente por la estructura de servicio de acuerdo al plan de operación anual de embalse. (ANA & MINAGRI, 2017)

**Dimensionamiento hidrológico de presas de almacenamiento:** Para la realización de un diseño hidrológico de la capacidad útil de una presa de almacenamiento, es necesario que se cuente con una serie de registros históricos hidrometeorológicos del sitio en cuestión. Aunque generalmente éstos son insuficientes para el diseño de proyectos hidráulicos, sólo sirven únicamente para ver el proyecto desde una sola perspectiva. Es por ello que, a partir de los registros históricos, se crean los registros sintéticos, que son datos que permitirán mirar el proyecto bajo varias perspectivas o bajo diferentes escenarios. No se debe descartar el hecho de la presencia de las pérdidas y volúmenes sobrantes, que dicho depósito de almacenamiento pueda tener, es por ello que la simulación hidrológica es una herramienta útil cuando se tienen este tipo de situaciones. (MVOTMA; DINAGUA, 2011)

#### 1.9.6. GEOTECNIA

**Sistema de clasificación AASHTO:** Este sistema de clasificación de suelos fue desarrollado en 1929 como el Sistema de Clasificación de Administración de Carreteras. Ha sido objeto de varias revisiones, con la actual versión propuesta por la Comisión de Clasificación de Materiales para los Tipos de Carreteras Subrasantes y Granulares de la Junta de Investigación de Carreteras en 1945 (Norma ASTM D-3282; método AASHTO M145).

**Sistema unificado de clasificación de suelo (SUCS):** La forma original de este sistema fue propuesta por Casagrande en 1948 para su uso en los trabajos de construcción del aeródromo realizado por el Cuerpo de Ingenieros del Ejército durante la Segunda Guerra Mundial. En colaboración con el U.S. Bureau of Reclamation, este sistema fue revisado en 1952. En la actualidad, es ampliamente utilizado por los ingenieros (Norma ASTM D-2487). El Sistema Unificado de Clasificación se presenta en la tabla 4.2 y clasifica los suelos en dos grandes categorías: (DAS, 2013)

**Capacidad de carga de suelo:** Se denomina como capacidad de carga admisible de una cimentación aquella carga que al ser aplicada no provoque falla o daños en la estructura soportada, con la aplicación de un factor de seguridad. La capacidad de carga no solo está en función de las



características del suelo, sino que depende del tipo de cimentación y del factor de seguridad adoptado. (Nij Patzán, 2009).

**Mecánica de rocas:** Se define Roca como agregado sólido, formado por uno o varios minerales, que se encuentra ocupando grandes extensiones de la corteza terrestre. En mecánica de rocas se habla en muchas ocasiones de ROCA o ROCA INTACTA para referirse a un elemento (trozo, bloque, probeta) de roca que no presenta discontinuidades observables.

En la naturaleza las rocas aparecen muy comúnmente atravesadas por distintos caracteres geológicos estructurales y discontinuidades de variado origen geológico, como la estratificación, esquistosidad, pliegues, fallas y juntas o diaclasas. Al conjunto de estas discontinuidades que atraviesan la roca se le suele denominar Estructura del macizo rocoso. (Ramirez Oyanguren & Alejano Monge, 2004)

**Sistema RMR de Bienawsky (1989):** El sistema de clasificación fue desarrollado por el profesor Z.T. Bienawsky, en 1973 y modificado en 1989.

**Resistencia de roca intacta:** Bienawsky basa sus valuaciones en rangos de Resistencia Compresiva Uniaxial de la roca intacta, o de acuerdo al índice de la Carga Puntual (PLT).

**Designación de la calidad de roca (RQD):** El RQD, propuesto por DEERE (1967), a menudo se usa como un indicador de la calidad del testigo de perforación, en función del fracturamiento del macizo. El RQD se define como la suma de las longitudes de testigos sin fracturas de 10 cm. a más, respecto a la longitud total perforada.

$$RQD = \frac{\text{Longitud de Testigos } > 10 \text{ cm}}{\text{Longitud Total Perforada}}$$

Cuadro 6: La clasificación de calidad de la roca según el RQD.

Clase	Calidad	Variación RMR	Cohesión	Angulo De Rozamiento
I	Muy buena	100 – 81	>4 kg/cm <sup>2</sup>	>45°
II	Buena	80 – 61	3 – 4 kg/cm <sup>2</sup>	35° – 45°
III	Media	60 – 41	2 – 3 kg/cm <sup>2</sup>	25° – 35°
IV	Mala	40 – 21	1 – 2 kg/cm <sup>2</sup>	15° – 25°
V	Muy mala	<20	<1 kg/cm <sup>2</sup>	<15°

**Espaciamiento de discontinuidades:** En la caracterización del macizo rocoso, Bienawsky en su clasificación RMR modificada de 1979, respeta los rangos recomendados por la Sociedad



Internacional de Mecánica de Rocas, para el estado de las discontinuidades. Para la valoración de este parámetro, toma en cuenta la separación o abertura de la discontinuidad, extensión, rugosidad y grado de alteración de las paredes, y el tipo de material de relleno.

### Estado de las discontinuidades

- Espaciamiento entre Discontinuidades

Cuadro 7: *Espaciamiento entre discontinuidades según Bienawsky.*

CLASES	ESPACIAMIENTO
A	Más de 2 m
B	Entre 2 y 0.60 m
C	Entre 0.60 y 0.20 m
D	Entre 0.20 y 0.06 m
E	Entre 0.06 y 0.00 m

Establece otro factor de evaluación geomecánica de la roca, en la cual se mide la longitud del espaciamiento de la roca sana entre una fractura y otra, (fallas, fracturas o fisuras). Por la magnitud de dichos espaciamientos, la roca se clasifica en las siguientes clases:

- Condiciones juntas
  - Superficies muy rugosas: Las juntas son continuas no hay separación entre las paredes de las juntas. Roca resistente en las paredes de las Juntas.
  - Superficies ligeramente o suave rugosas: Separación menor de 1 mm. Roca resistente en las paredes de las Juntas.
  - Superficies ligeramente o suave rugosas: Separación menor de 1 mm. Roca alterada y/o blanda en las paredes de las Juntas.
  - Superficies deslizadas o relleno con espesor menor de 5 mm o Juntas abiertas 1 a 5 mm.
  - Relleno con espesor mayor de 5 mm o Juntas abiertas más de 5 mm.
- Condiciones de la Napa
  - Completamente seco
  - Húmedo o Semi Seco
  - Baja presión



- Mediana presión
- Alta presión

#### **Roca moderadamente alterada**

- La meteorización se extiende a través de toda la masa rocosa, pero conserva suficiente resistencia para no ser desmenuzable con la mano.
- Menos de la mitad de la roca esta desintegrada y/o descompuesta en forma de suelo. Se presentan zonas de roca sana o ligeramente decolorada, bien formando un marco continuo o bien como bloques o núcleos sanos.

#### **Roca muy alterada**

- La meteorización se extiende a través de toda la masa rocosa, se desmenuza a mano.
- Más de la mitad de la roca esta desintegrada y/o descompuesta en forma de suelo.
- Pueden presentarse zonas de roca sana o ligeramente decolorada formando bloques o núcleos sanos.

#### **Roca completamente alterada**

- Toda la masa de roca esta desintegrada y/o descompuesta en forma de suelo en el cual se puede reconocer la estructura de la roca original.

**Suelo residual:** Suelo donde no aparece la textura, ni la estructura, ni la mineralogía de la roca original. El suelo no ha sido transportado en modo significativo.

**Determinación de RMR (ROCK MASS RATING):** Para determinar el RMR (ROCK MASS RATING) o clasificación del macizo rocoso se utilizó el cuadro de clasificación Geomecánicas de Bieniawski 1989.



Cuadro 8: Clasificación RMR Geomecánica de Bieniawski 1989.

PARAMETRO		ESTIMACION Y ESCALA DE VALORES							
1	Resistencia de la roca sana	Carga puntual MPa ⇔ Kg/cm <sup>2</sup> (aprox) ⇔	> 10	4 - 10	2 - 4	1 - 2	Únicamente Compresión Simple		
		Compr. Simple MPa ⇔ Kg/cm <sup>2</sup> (aprox) ⇔	> 250	100 - 250	50 - 100	25 - 50	5-25 50-100	1-5 10-50	<1 <10
	Valoración	15	12	7	4	2	1	0	
2	RQD %		90 - 100	75 - 90	50 - 75	25 - 50	< 25		
	Valoración		20	17	13	8	3		
3	Separación de discontinuidades		> 2 m	0,6 - 2 m	0,2 - 0,6 m	0,06 - 0,2 m	< 0,06 m		
	Valoración		20	15	10	8	5		
4	Estado de las discontinuidades (ver guía especial)	Muy rugosas Discontinuas Sin separaciones Borde duro y duro.	Ligeramente rugosas Abertura < 1 mm Bordes duros.	Ligeramente rugosas Abertura: 1mm Bordes blandos	Espesor de falla o zona de falla < 5 mm o abiertas 1 - 5 mm, Dióclasis continuas	Relleno blando < 5 mm o abiertas > 5 mm Dióclasis Continua			
		Valoración	30	25	20	10	0		
5	Presencia de agua	Caudal por 10 m de tnel	Nulo	< 10 L/min	10 - 25 L/min	25 - 125 L/min	> 125 L/min		
		Relación entre la presión de agua y la mayor del terreno $\sigma_w / \sigma_1$	0	0 - 0,1	0,1 - 0,2	0,2 - 0,5	> 0,5		
		Estado general	Seco	Ligeramente Húmedo	Húmedo	Goteando	Fluyendo		
	Valoración		15	10	7	4	0		
Corrección por orientación de las discontinuidades (ver guía especial)									
6	Dirección y buzamiento		Muy favorable	Favorable	Medio o regular	Desfavorable	Muy desfavorable		
	Valoración para:	Túneles	0	-2	-5	-10	-12		
		Cimentación	0	-2	-7	-15	-25		
	Taludes	0	-5	-25	-50	-60			

Cuadro 9: Valoración del estado de las discontinuidades.

Parámetro	Valoración				
Longitud de la discontinuidad (Persistencia)	< 1 m	1 - 3 m	3 - 10 m	10 - 20 m	> 20 m
	6	4	2	1	0
Abertura	Nada	< 0,1 mm	0,1 - 1,0 mm	1 - 5 mm	> 5 mm
	6	5	3	1	0
Rugosidad	Muy rugosa	Rugosa	Ligeramente rugosa	Ondulada	Suave
	6	5	3	1	0
Relleno	Ninguno	Relleno duro	Relleno duro	Relleno blando	Relleno blando
		< 5 mm	> 5 mm	< 5 mm	> 5 mm
	6	4	2	2	0
Alteración	Inalterado	Ligeramente alterado	Moderadamente alterado	Muy alterado	Descompuesto
		6	5	3	1



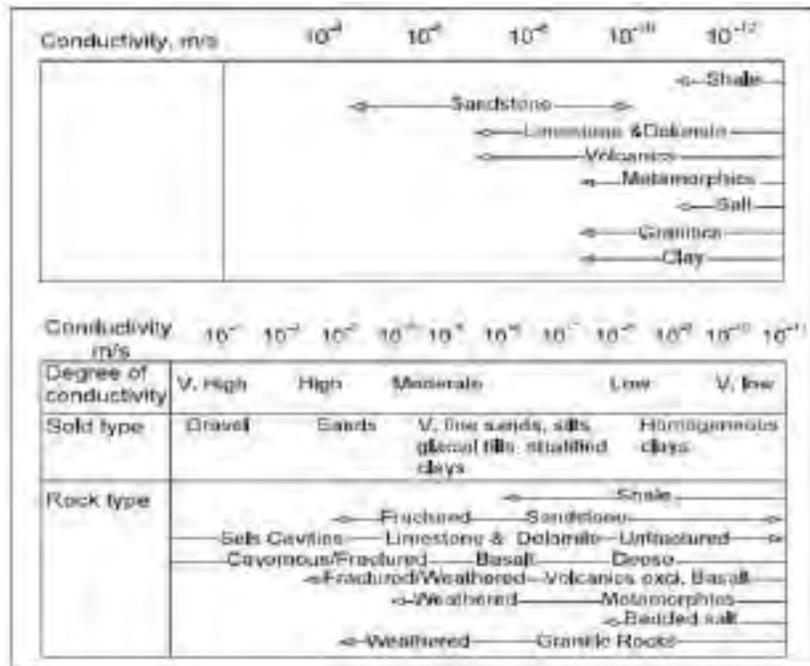
### Lugeon y Lefranc

Las pruebas de permeabilidad de campo son ensayos que sirven para medir la velocidad del flujo de agua a través de los vacíos del suelo o fracturas de roca, que se encuentran dentro de la perforación.

La permeabilidad constituye una de las propiedades de los macizos que presentan mayor variación dentro de una misma formación rocosa. Por ello, cuando se cuantifica la permeabilidad de un macizo rocoso es más propio hablar de un orden de magnitud (exponente en una base 10) que de valores precisos.

En macizos rocosos sanos, la permeabilidad puede ser muy baja, del orden del  $10^{-8}$  –  $10^{-10}$  cm/s, aunque si el macizo rocoso está formado por matriz rocosa porosa y permeable, arenisca, por ejemplo, sus valores pueden alcanzar hasta  $10^{-3}$  cm/s. La permeabilidad de un macizo rocoso fracturado, puede llegar a  $10^{-2}$  y  $10^{-3}$  cm/s. El ensayo más extendido para determinar la permeabilidad de un macizo rocoso es el ensayo Lugeón, mientras en un macizo rocoso fracturado se efectúa el ensayo Lefranc. (Gutiérrez Fernández, 2016)

Figura 6: Clasificación del coeficiente de permeabilidad según (Icherwood,1979) para el ensayo de Lefranc y Lugeon.





## 1.10. MARCO REFERENCIAL

### 1.10.1. REFERENCIAS INTERNACIONALES

La primera parte ofrece un breve panorama de las actividades realizadas, con especial énfasis en el desarrollo de la mecánica de rocas en los primeros años (incluso antes de su surgimiento como disciplina teórica en el mundo) con el objeto de garantizar la resistencia, rigidez e impermeabilidad de los macizos rocosos que sirven de apoyo para las presas de gravedad. Se constata el enorme desarrollo tenido de este ámbito de la mecánica de rocas, en España de (Olalla Marañón, 2017). *La mecánica de rocas y las cimentaciones de grandes presas.*

### 1.10.2. REFERENCIAS NACIONALES

El presente proyecto tiene varios estudios, el más significativo para nuestra investigación es el estudio geológico y geotécnico para la construcción de la presa Collini en la microcuenca de Qeñayoc. (IMA) *Proyecto: “adecuamiento al cambio climático: cosecha de agua en las microcuencas lacustres de Pumachapi, Quillayoc, Soclla, Soraccota, Qeñayoc, Canta Canta, Casuira y Laranmayu de la cuenca del rio Vilcanota”*

### 1.10.3. REFERENCIAS LOCALES

El estudio se ubica en la microcuenca denominado Quishuarani políticamente se encuentra dentro de la jurisdicción de la comunidad Songaña, distrito de San pablo, Provincia de Canchis, Departamento del Cusco, es una laguna natural cuyo aporte principalmente es por escorrentía en épocas de lluvias por parte de las vertientes montañosas empinadas que circundan a la laguna producto de las precipitaciones que se genera en los meses de noviembre a abril, este estudio tomamos como referencia debido a que se represara una laguna del mismo nombre, tomamos información de este estudio para tomar en cuenta la evaluación geomecánica de macizos rocosos en el vaso de la presa. (Quispe Gallegos, 2016); *Tesis: “Estudio geológico geotécnico para el represamiento de la laguna de Ccomercchocha del distrito de San Pablo, provincia de Canchis – Cusco”.*

## 1.11. METODOLOGIA Y DISEÑO DE INVESTIGACION

### 1.11.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

- **Hipotético:** Procedimiento metodológico que consiste en tomar unas aseveraciones en calidad de hipótesis y en comprobar tales Hipótesis deduciendo de ellas, junto con



conocimientos de que ya disponemos, conclusiones que confrontamos con los hechos (Mejía, 2005).

- **Deductivo:** según (Mejía, 2005), el método deductivo, parte de la razón inherente a cada fenómeno, para establecer conclusiones lógicas
- **Inductivo:** Recolección de datos de las variables independientes (geología y geotecnia), partiendo de las observaciones de hechos y fenómenos, para clasificar y estudiar los datos recaudados, con lo cual finalmente llegaremos a una conclusión.

### 1.11.2. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

No experimental

### 1.11.3. MÉTODO DE TRABAJO.

El método de trabajo consiste en las siguientes etapas:

#### ETAPA DE GABINETE

- Se realizará una exhaustiva revisión de la documentación existente relacionada con la laguna Collini, centrada principalmente en las investigaciones geológico -estructurales y geotécnicas realizadas.
- De forma previa al inicio de los trabajos de campo se ha revisado bibliografía de la zona
- de estudio con el fin de poder caracterizar fielmente todos los aspectos que pueden afectar a la ejecución y vida del proyecto.
- Procesamiento y corrección de la información de Campo; comprobación de la Hipótesis, obtención de resultados finales. Redacción del informe

#### ETAPA DE CAMPO

Inspección y visita técnica del área de estudio del proyecto presa Collini, con la finalidad de realizar un reconocimiento global de las áreas de influencia, según plano existente.

- Evaluación de los aspectos geológicos geotécnicos de la zona de cimentación del eje de la presa Collini, así como del área del vaso y de las obras conexas. Investigación e identificación de las zonas de canteras de materiales locales.
- Se realizará un mapeo geológico y topográfico local a detalle; para caracterizar geológica y morfológicamente la zona, sobre el mapa base resultante se caracterizará el control estructural de la zona.



- Evaluación de resultados y tipificación de las características geotécnicas de los materiales de la cimentación del vaso, cuerpo de la presa.

### **ETAPA DE LABORATORIO**

- Preparación de equipos de laboratorio y de campo.
- Se realizará ensayos especiales de laboratorio que comprendieron ensayos de mecánica de suelos, mecánica de rocas.

### **ETAPA FINAL**

- Con la información existente de campo y resultados obtenidos de los ensayos de laboratorio de mecánica de suelos y mecánica de rocas; en cooperación con los registros y trabajos desarrollados, durante el proceso de investigación se realizó planos geológico y geomorfológico, finalmente con el análisis de resultados y parámetros de cálculos de diseño, son para la ejecución de la presa Collini.
- Finalmente, el presente estudio y/o trabajo de investigación, es para la obtención de Ingeniero Geólogo.



## CAPITULO II. GEOMORFOLOGIA

### 2.1. UNIDADES GEOMORFOLOGICAS REGIONALES

La zona de estudio regionalmente es accidentada se ubica en la unidad geomorfológica del altiplano. Hacia el norte la Cordillera Oriental de los andes con rumbo paralelo a la Cordillera Occidental, mientras hacia el sur la Cordillera Occidental de los andes con rumbo SSE - NNW se extiende cambiando hacia un rumbo EES – WNW produciendo la denominada Deflexión de Abancay.



Imagen 2: *Unidades geomorfológicas regionales y ubicación de la zona de estudio (Carlotto, 2010).*

#### 2.1.1. ALTIPLANO

Esta unidad geomorfológica predomina a lo largo de la zona de estudio teniendo una mayor amplitud hacia el este, se caracteriza por presentar relieves relativamente suaves con variaciones de altitud que varían de 3000 a 3500 m.s.n.m. predominando alturas que varían 3800 y 4300m.s.n.m. (Audebaud, Abril 1973).



### 2.1.2. CORDILLERA ORIENTAL

La cordillera oriental ocupa la parte norte de la microcuenca Collini, presentan relieves relativamente sobresalientes de montañas predominando en la parte noreste, presentan relieves empinadas cuya variación de altitud varían de 4400 a 5000 msnm. geomorfologicamente esta compuesta por:



*Foto 1: Se muestra la Cordillera Oriental. FUENTE: Propia.*

**Morrenas (Mo):** Conformado por relieves acolinados bajos por bolonería grande envueltos en matriz fina de naturaleza volcanosedimentaria.

**Montaña en roca sedimentaria (RM-rs):** Está conformada por altas cumbres de las montaña baja o alta las cumbres Huayna Urpuña y Uyayocmina, conformado por las rocas sedimentarias de calizas del grupo Copacabana.

**Montaña en roca volcanosedimentaria (RM-rvs):** Está conformada por las montañas bajas y altas de las cumbres de Yana Orjo y Collini, con lavas de naturaleza andesítica del grupo Mitu, presentan flujo de detritos en la zona de estudio.

**Vertiente o pie de monte aluvio-torrencial (P-at):** Está constituido por las acumulaciones de material movilizado que modifican localmente la dirección de los cursos del rio se ubica en la desembocadura de la quebrada.

**Vertiente o piedemonte coluvio-deluvial (V-cd):** Está constituido por laderas de montaña recubiertas por depósitos de suelo coluvial de potencia variable.

**Valle glaciario (VII-gl):** Está constituido por la erosión glaciario en su superficie que puede o no tener glaciares en su parte superior. (Morales, 2014)



## 2.2. GEOMORFOLOGIA LOCAL

La geomorfología local de la zona de estudio se formó debido a la elevada tasa de erosión laminar en la parte alta, donde las superficies rocosas han sido meteorizadas y craqueladas con el retiro glaciario dejado descubierta la superficie. Por medio de estos procesos se formó el valle glaciario de montaña la laguna Collini. Los factores y agentes que han formado este relieve son:

Los procesos tectónicos, a través de las fallas epirogenéticas y la glaciación ha formado el área del espacio. Si bien hoy en día, concurre una paz geológica, por lo que las distribuciones físicas marchan como inspectores pacientes en los métodos morfodinámicos presentes.

**Incidencia de procesos hidro climáticos:** Todo el modelado de la cordillera de los andes se da desde su origen el final de la era mesozoica, a finales del cretácico tardío). Consecuencia de la inclinación de la afinidad de la placa de nazca debajo de la placa sudamericana en el que se ha podido distinguir la glaciación muy intensa que sucedió hace 65 millones de años, en la última etapa se la época mesozoica. En esta época se registraron 4 glaciaciones y que al deshielarse produjeron desplazamientos de grandes masas de suelo en morrenas, estos cambios bruscos del clima produjeron periodos climáticos de altas precipitaciones.

**Procesos eólicos:** La altitud en la que se encuentra la zona de estudio de 4500 y la cuenca Collini 3600-4300m.s.n.m., este factor es muy sustancial, ya que los afloramientos rocosos y el suelo desnudo se encuentran expuestos a los tifones que presentan las altiplanicies, con corrientes formadas en el transcurso del día haciendo de este un lugar influyente a la erosión laminar de laderas rocosas y suelos descubiertos.

**Procesos antropomórficos:** El hombre interviene por medio del sobrepastoreo e incendios naturales, esto genera la degradación de la cobertura vegetal dejando como resultado suelos descubiertos a expensas de los agentes erosivos.

### 2.2.1. PENDIENTE

El mapa de pendientes se realizó considerando la base de datos del Perú-Shapefile, información libre que fue tomada del GEO GPS PERÚ.

Las pendientes observadas en la zona de estudio van entre los rangos de ligeramente plano ( $<5^\circ$ ), inclinado ( $5^\circ-15^\circ$ ), fuertemente inclinado ( $15^\circ-25^\circ$ ), fuertemente quebrado ( $25^\circ-35^\circ$ ) y escarpado ( $>35^\circ$ ), siendo la pendiente de ligeramente plano las que abarcan en mayor extensión.



En nuestra zona de estudio prevalece más un pendiente inclinado ligeramente plano ( $<5^\circ$ ) e inclinado ( $5^\circ-15^\circ$ ). Ver mapa N° 3.

### 2.2.2. GEOMORFOLOGIA DEL VASO PROPUESTO

La zona del vaso corresponde a la depresión del circo glaciar que posterior al retroceso glaciar ha quedado en forma de valle en U con la zona más profunda en la laguna y elevada hacia la salida de la laguna. Localmente se encuentra rodeada de macizo rocoso de calizas del grupo Copacabana de fuertes a moderadas pendientes y andesitas del grupo Mitu.



Foto 2: Vaso de almacenamiento. FUENTE: Propia.

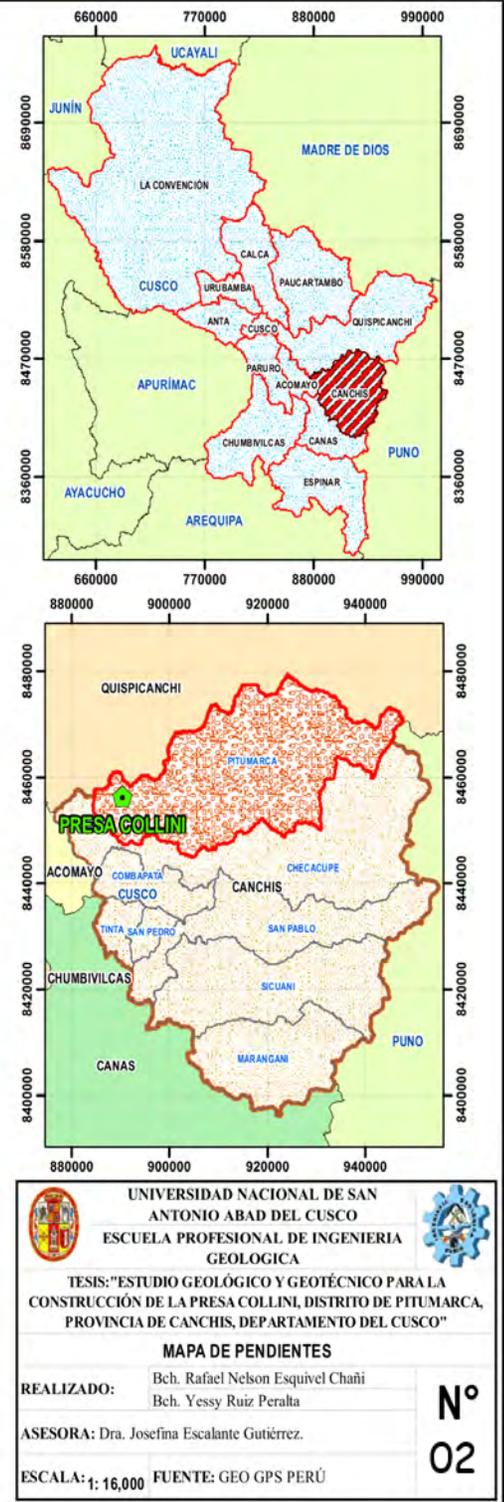
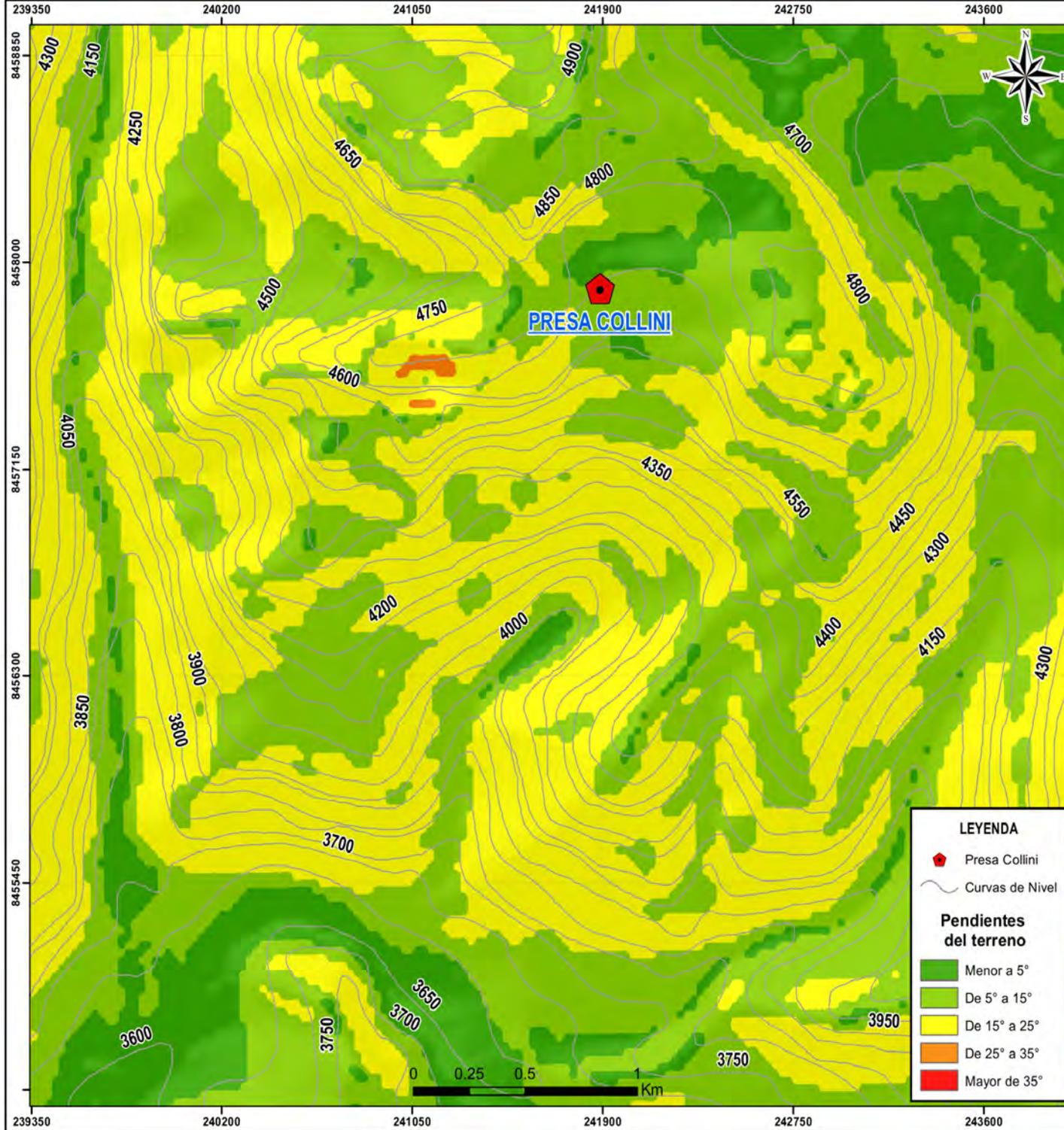
### 2.2.3. GEOMORFOLOGIA DEL DIQUE PROPUESTO DE LA PRESA

El estribo Izquierdo del dique: Está constituido por un relieve escarpado del macizo rocoso del grupo Mitu, con una pendiente fuerte de  $50^\circ$  aproximadamente y hasta 12 m de altura, litológicamente está compuesto de areniscas de origen volcánico.

El estribo derecho del dique: Está constituido por un relieve escarpado del macizo rocoso del grupo Mitu, con una pendiente baja de  $20^\circ$  y hasta una altura de 10 m de altura. Litológicamente está compuesto de aglomerado volcánico del grupo Mitu.

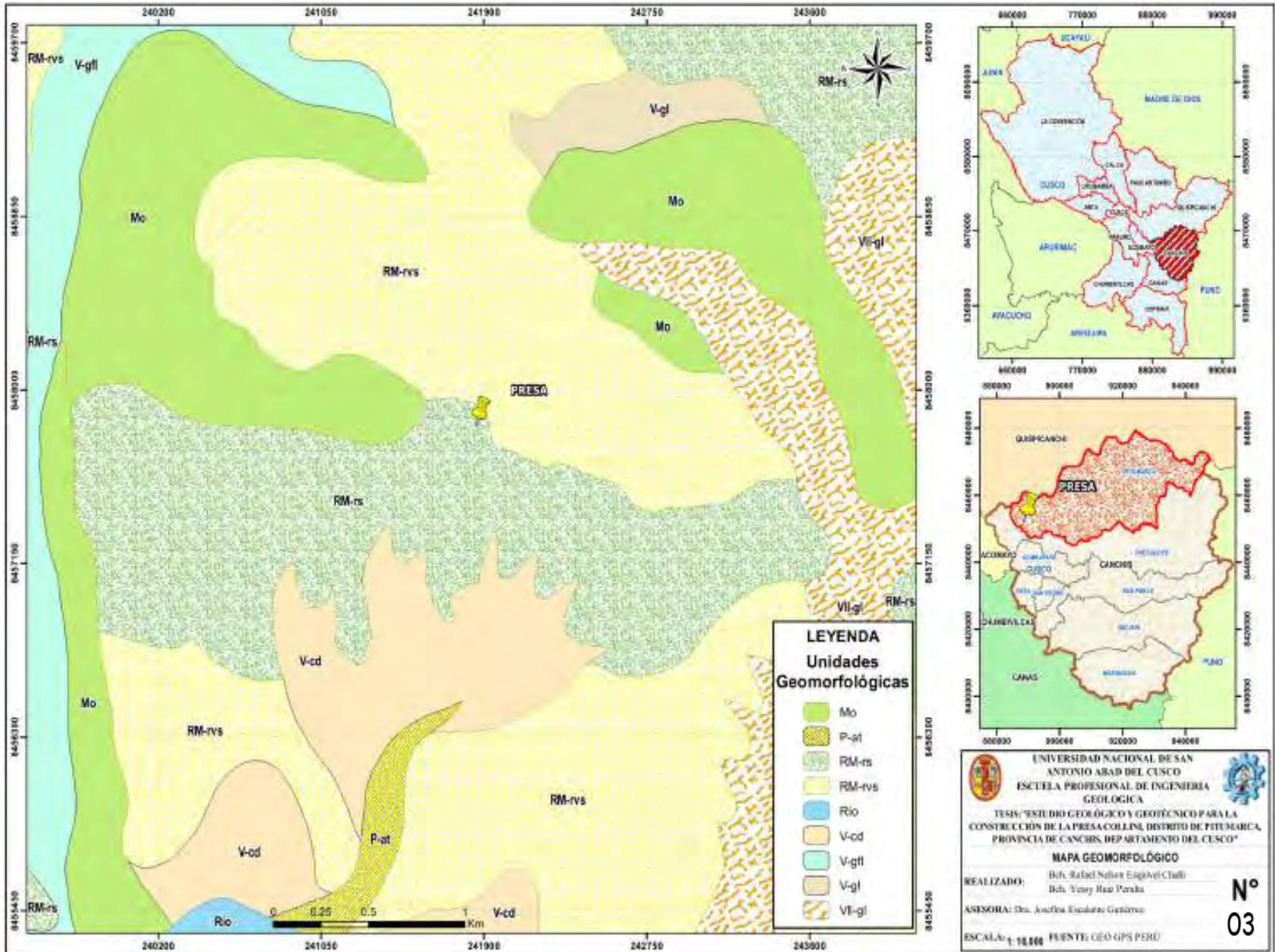


Foto 3: Estribos izquierdo y derecho del dique de la presa Collini.



Bach. Yessy Ruiz Peralta.

Mapa 3: Pendientes de la zona



Mapa 4: Mapa geomorfológico de la zona de estudio. FUENTE: Elaboración propia.



## CAPITULO III. GEOLOGIA

### 3.1. GEOLOGIA REGIONAL

La geología regional se encuentra a una escala de 1/50000 del INGEMMET, donde encontramos las siguientes unidades lito estratigrafías.

#### 3.1.1. GRUPO MITU

Según (Audebaud, Abril 1973) es descrito como una serie continental del Pérmico superior compuesto por un manto detrítico volcánico, sirve como horizonte guía a los niveles. Por sus características litológicas observadas y registradas en campo, predominan los afloramientos de rocas volcánicas; los afloramientos sedimentarios son más restringidos, por tal motivo, es dividido en tres miembros. En el cuadrángulo de Ocongate, no se cuenta con dataciones del Grupo Mitu, sin embargo, se registran afloramientos que sobreyacen al Grupo Copacabana y Formación Catcca e infrayace por sectores a la Formación Muni. Por sus características litológicas y posición estratigráfica, se la considera aún de edad Pérmico superior – Jurásico inferior medio.

En tectónica, este grupo sirve no solamente como horizonte guía, gracias a sus grandes escarpas rojizas y masivas, sino que también define un horizonte resistente que condiciona y sirve de molde a todas las tectónicas de los niveles cretáceos.

#### 3.1.2. GRUPO COPACABANA

Según (Soaña, Atencio, & Martínez, may-2022) denominan a los estratos de calizas y areniscas como parte del Grupo Tarma – Copacabana. En la parte inferior del cerro Uutu Ujana y a orillas del río Chillihuani, afloran estratos delgados y gruesos de limolitas y areniscas finas de coloración rojiza dispuestos en estratos centimétricos, seguidos por un nivel de aglomerados y lavas de composición riolítica a andesítica de coloración rojiza violácea. Inicialmente se consideró como parte del Grupo Mitu, sin embargo, estudios anteriores reportan que el Grupo Copacabana presenta a la base secuencias sedimentarias rojizas.

Al suroeste de la laguna Chinchaycocha, en el cerro Palcachayoc. Afloran calizas mudstone, packstone grises con presencia de venillas de calcita, en estratos gruesos y medianos (0.5 a 5 m), se caracteriza porque predominan los estratos gruesos; en esta zona se aprecia el contacto litológico con el Grupo Mitu que es discordante,

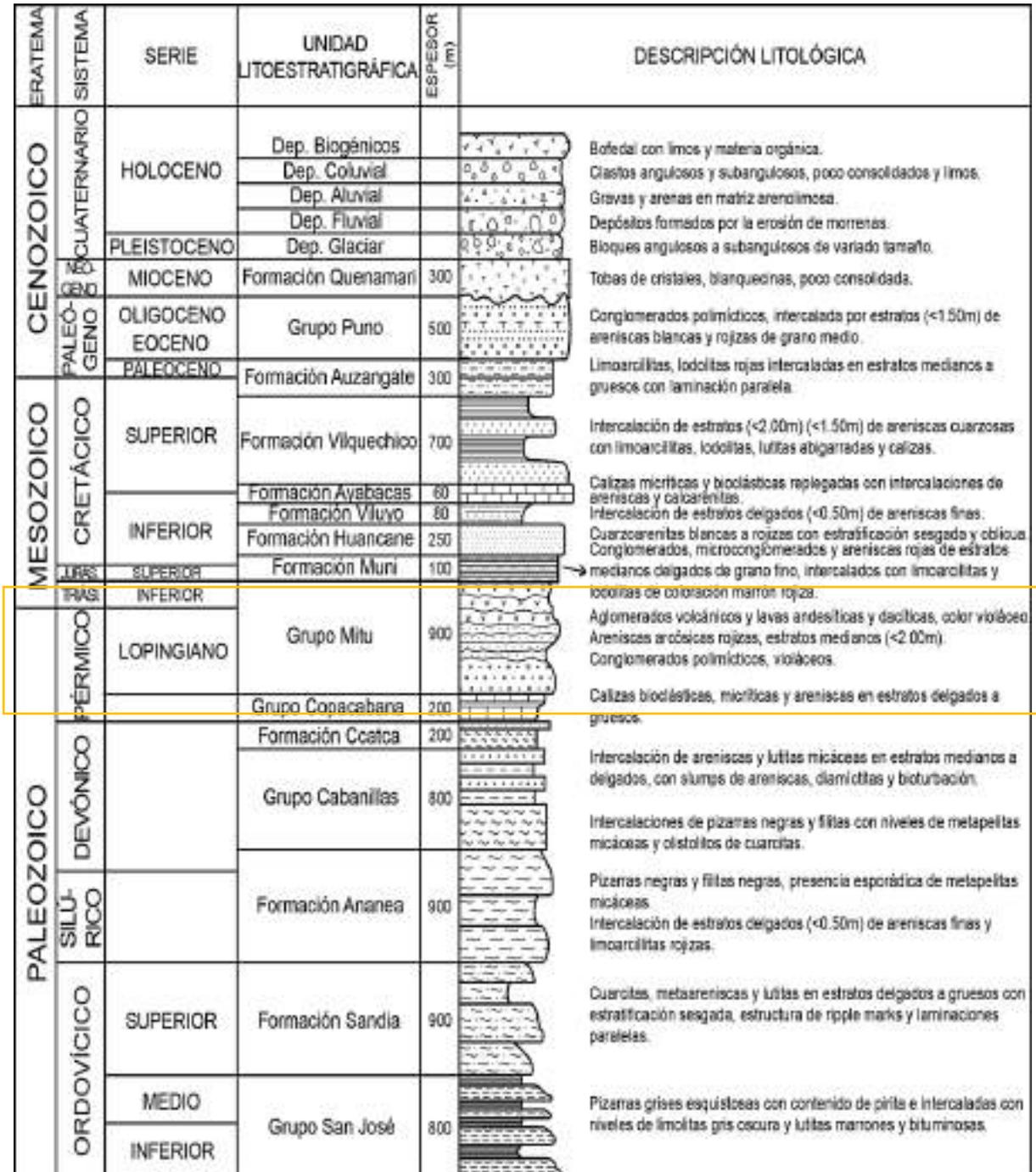


Figura 7: Columna estratigráfica de la zona de estudio.



## 3.2. GEOLOGIA LOCAL

### 3.2.1. GRUPO MITU (PsT-mi)

Esta formación pertenece al periodo Pérmico superior lopingiano y triásico inferior, se emplaza en toda la zona de estudio de la laguna Collini aflora al norte de la presa proyectada, litológicamente está compuesto por areniscas arcósicas de grano medio a conglomerádicas en los niveles inferiores seguidas hacia arriba de lavas andesíticas y dacíticas, brechas y lavas basálticas de colores rojizos y violáceos con rumbo N 310° W, con un buzamiento de 86° Noreste, esta formación infrayace a la formación Muni y suprayacente a la formación Copacabana.

#### **Miembro sedimentario conglomerados (inferior)**

Aflora al SW del cuadrángulo de Ocongate, en la quebrada Pucacocha, al suroeste de la laguna Vinococha en el distrito de Pitumarca, provincia de Quispicanchi con una extensión de 1300 m de largo a 700 m de ancho aproximadamente.

Podría considerarse como la base del Grupo Mitu, el grosor del afloramiento es aproximadamente >100 m, son conglomerados polimícticos compactos, color violáceo, compuestos por fragmentos líticos de variado tamaño (3 – 25 cm), presenta venillas de sílice, <5 mm, sobreyace a la Formación Catcca e infrayace a depósitos de lavas andesíticas del mismo Grupo (Mendivil & Dávila, 1994).

#### **Miembro sedimentario areniscas**

Los afloramientos sedimentarios solo son registrados, al extremo noroeste de 28t2, al este y suroeste de la quebrada Caicochuayjo, cerro Jatun Punta. En las laderas del nevado María Huamantilla, está constituido por estratos paralelos de areniscas arcósicas de grano medio a fino color rojo brunáceo a violáceo, el grosor de los estratos varía de 0.20 a 1.00 m. Así mismo, camino al caserío Jampa afloran areniscas blancas silicificadas y pardas de grano medio con venillas de cuarzo y niveles de areniscas y limolitas color rojo brunáceo, también se evidencia que está en contacto con el miembro volcánico del Grupo Mitu.

#### **Miembro volcánico (superior)**

Este miembro Aflora en mayor proporción en el cuadrángulo de Ocongate, la litología es variable, en algunas zonas afloran lavas de textura porfirítica con fenocristales de plagioclasa y en otras zonas aglomerados volcánicos con líticos. Por sectores, presentan débil alteración por clorita y epidota.



Al SW del cuadrángulo de Ocongate, el Grupo Mitu aflora ampliamente al noreste del cuadrante, se extiende al sur de Patacocha en los cerros China Pirhuate y Leclehuachana. También aflora al noreste del nevado Ausangate, la unidad presenta un grosor aproximado de 500 m, (Soaña, Atencio, & Martínez, may-2022)



*Foto 4: Afloramiento del Grupo Mitu*

### **3.2.2. GRUPO COPACABANA (CsPi-tc)**

Esta formación pertenece al periodo Pérmico guadalupiano y cisuraliano aflora al sureste de la presa proyectada, específicamente al sur de la laguna Collini. Litológicamente está compuesta por estratos grueso de calizas y calizas fosilíferas (ver foto 6) color gris claro, se presenta formando un anticlinal, esta formación infrayace al grupo Mitu y suprayace a la formación Ccacta. También se observa una discordancia angular con el grupo Mitu. (Ver foto 5).



*Foto 5: Anticlinal del grupo Copacabana.*



*Foto 6: Calizas fosilíferas del grupo Copacabana. FUENTE: Propia.*

### 3.2.3. DEPOSITOS CUATERNARIOS

#### Depósitos fluvioglaciares

Pertenecen al periodo cuaternario de la época pleistocena. Se observa adyacentes a la laguna Collini producto de la abrasión física de las masas de glaciación sobre las rocas, litológicamente está compuesto por fragmentos y bloques de rocas de areniscas y andesitas, provenientes del grupo Mitu, entre otros con grados de redondez de anguloso a subanguloso con diámetros comprendidos entre 1-15 cm, envueltos en una matriz limoarenosa de coloración rojiza a violáceo.

#### Depósitos Morrénico (Qpl-mo)

Sobreyaciendo en discordancia erosional, a las rocas del basamento del Grupo Mitu, se emplazan los materiales morrénico constituyentes del piso del Valle. Formando la base del glaciar y piso estructural de la laguna.

Están constituidos por materiales areno-limosos y arcillosos que engloban como matriz a fragmentos rocosos de diversa litología areniscas y andesitas, de diferentes tamaños que van desde los 10 cm hasta 2 a 3 m de diámetro, angulosos e indistintamente distribuidos dentro de la masa morrénico. Estos depósitos morrénicos han sufrido poco transporte, siendo producto de la meteorización de la roca madre por procesos de congelamiento y descongelamiento de las aguas procedentes de los nevados, así como de los deslizamientos de grandes masas rocosas procedentes de los nevados adyacentes. Su origen data de la Era Cuaternaria y son los materiales que en forma



de aluviones se han desplazado por las laderas de la laguna Collini hasta confluír aguas abajo con otros ríos.

### Depósitos Aluviales (Qh-al)

La formación de estos suelos fue afectada por factores internos y externo. Se emplazan en algunas áreas pequeñas de los cauces del río hacia aguas abajo de la laguna, y consisten en pequeñas explanadas de arenas limpias, gruesas a finas con potencias variables 2 a 3 m.



*Foto 7: Depósitos morrénicos*



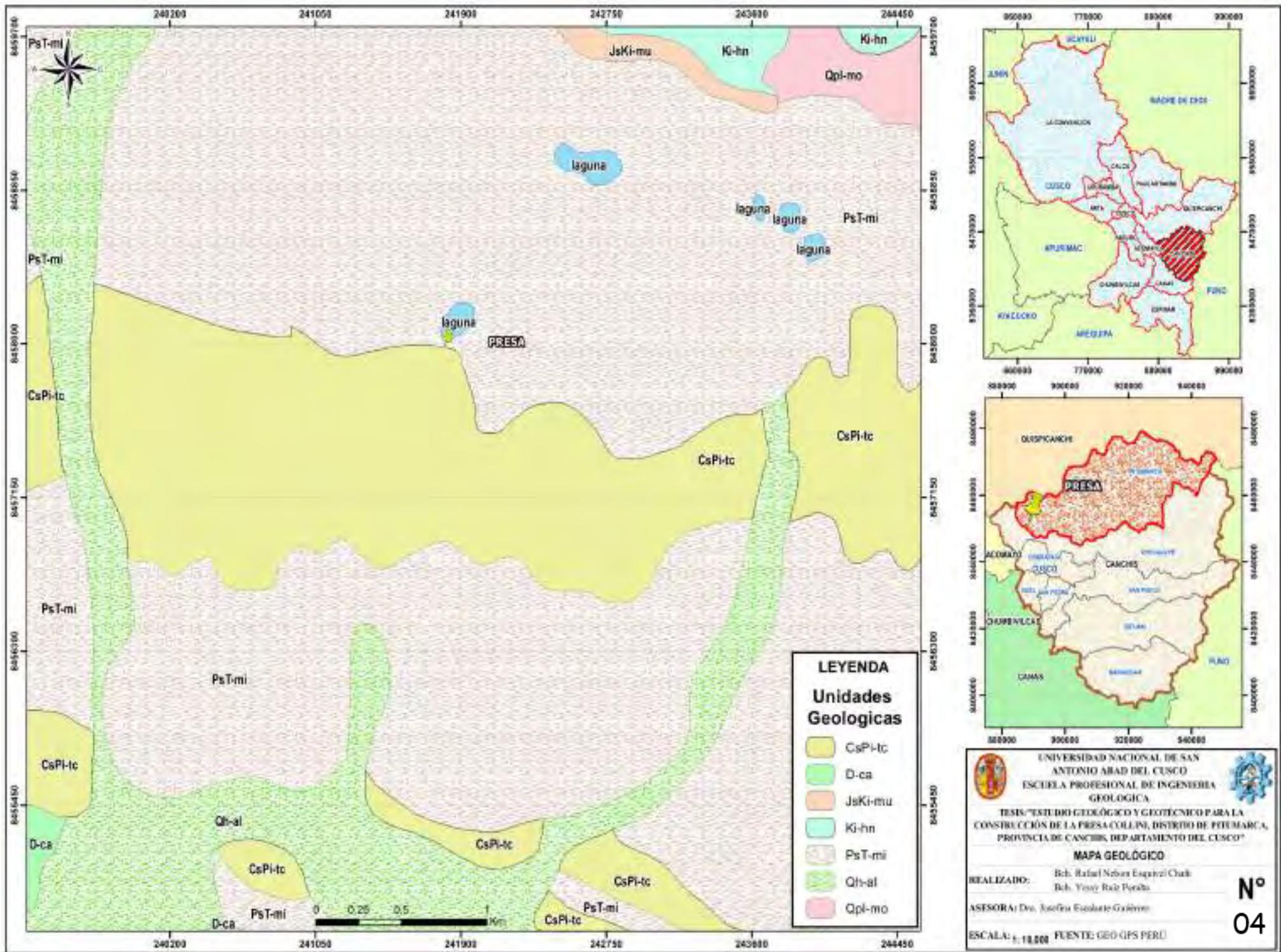
*Foto 8: Depósitos aluviales.*

### Depósitos Coluviales

Son materiales transportados por gravedad, la acción del hielo – deshielo y, principalmente, por el agua. Su origen es local, producto de la alteración insitu de las rocas y posterior transporte como derrubios de ladera o depósitos de soliflucción, en la zona de estudio estos depósitos están conformados por gravas con fragmentos heterométricos (Bloques), angulosos y subangulosas en una matriz arenosa y limosa.



*Foto 9: Depósitos coluviales*



Mapa 5: Mapa geológico de la zona de estudio. FUENTE: Elaboración propia.



## CAPITULO IV. GEOLOGIA ESTRUCTURAL

### 4.1. GEOLOGIA ESTRUCTURAL REGIONAL

La zona de estudio regionalmente se encuentra rodeado de 3 dominios estructurales, los cuales son; por el este, el sistema de fallas de la cordillera real en dirección NO-SE, por el oeste el sistema de fallas Urcos-Sicuani-Ayaviri en dirección NO-SE, dentro del bloque altiplano oriental.

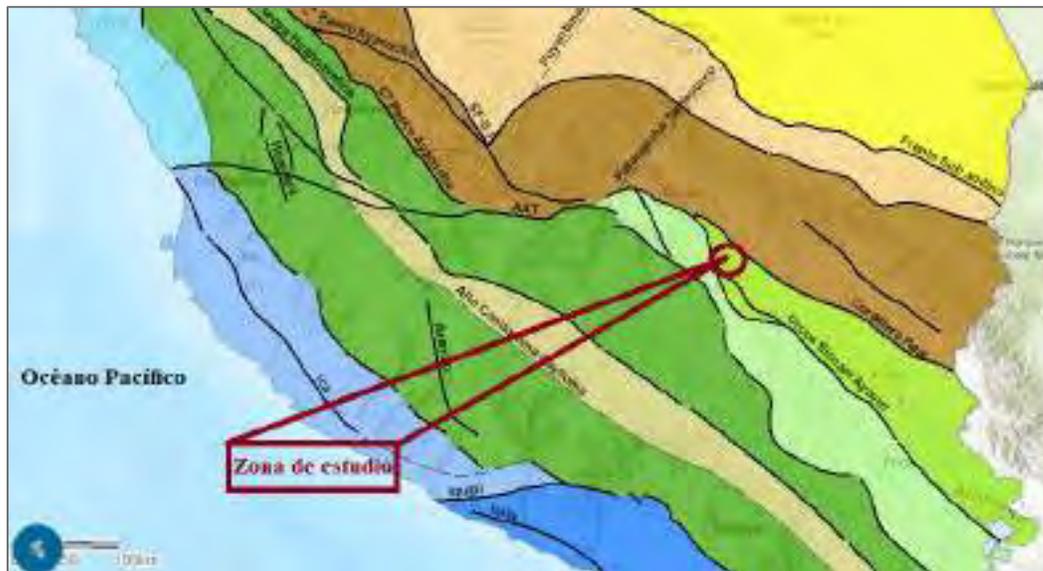


Imagen 3: Dominios geotectónicos en el sur del Perú. Fuente (GEOCADMIN).

#### 4.1.1. FALLAMIENTO

La historia geológica del sistema de fallas de la región, de acuerdo a estudios estratigráficos y estructurales efectuados indican tres fases tectónicas (Tectónica zócalo, intermedia y de grandes conjuntos litológicos). la primera y principal exhumó a las rocas del paleozoico con dirección  $N30^{\circ}$  O; está representada por los lineamientos y fallas inversas.

Como segundo evento de deformación se considera los contactos de falla inversa entre las rocas del Pérmico y del Ordovícico y están representadas por fallas y lineamientos con dirección  $N60^{\circ}$  E y fallas inversas. Posterior a este sistema de fallas, predominan las fallas dextrales e inversas de dirección  $N40^{\circ}$  O, las cuales afectan a las rocas del Mesozoico y generan la formación de anticlinales y sinclinales, (Audebaud, Abril 1973).



#### 4.1.2. PLEGAMIENTO

Según (Audebaud, Abril 1973) en el sector norte del cuadrángulo de Ocongate, las rocas del Paleozoico inferior conformadas por el Grupo San José y las formaciones Ananea y Sandia muestran estratos invertidos que forman anticlinales y sinclinales, así como en el cuadrante 28t3, las rocas del Cretácico superior conformada por la formaciones Vilquechico y Auzangate, muestran estratos invertidos formando anticlinales y sinclinales tumbados.

### 4.2. ESTRUCTURAS LOCALES

#### 4.2.1. FALLAS LOCALES

Al sur de la fundación proyectada de la presa, aproximadamente a unos 100 metros existe una falla normal que posee dirección este -oeste el cual posee un azimut  $N 86^\circ$ , rumbo  $N 86^\circ E$ , buzamiento  $71^\circ SE$  y un ángulo de pitch  $51^\circ$ , posee una longitud de aproximadamente de 1,3 km. Las fallas probablemente se desarrollaron en el periodo cretácico y terciario inferior.



Foto 10: *Falla normal ubicada al sureste a 100 metros de la fundación de la presa proyectada. FUENTE: Propia.*

*Nota: Se observa el espejo de falla.*

#### 4.2.2. LINEAMIENTOS ESTRUCTURALES

Al noreste de la laguna Collini se presenta lineamientos estructurales con dirección NW – SE, estos cortan al grupo Mitu que predomina más en la laguna Collini, Estos lineamientos estructurales fueron generados por esfuerzos de compresión.



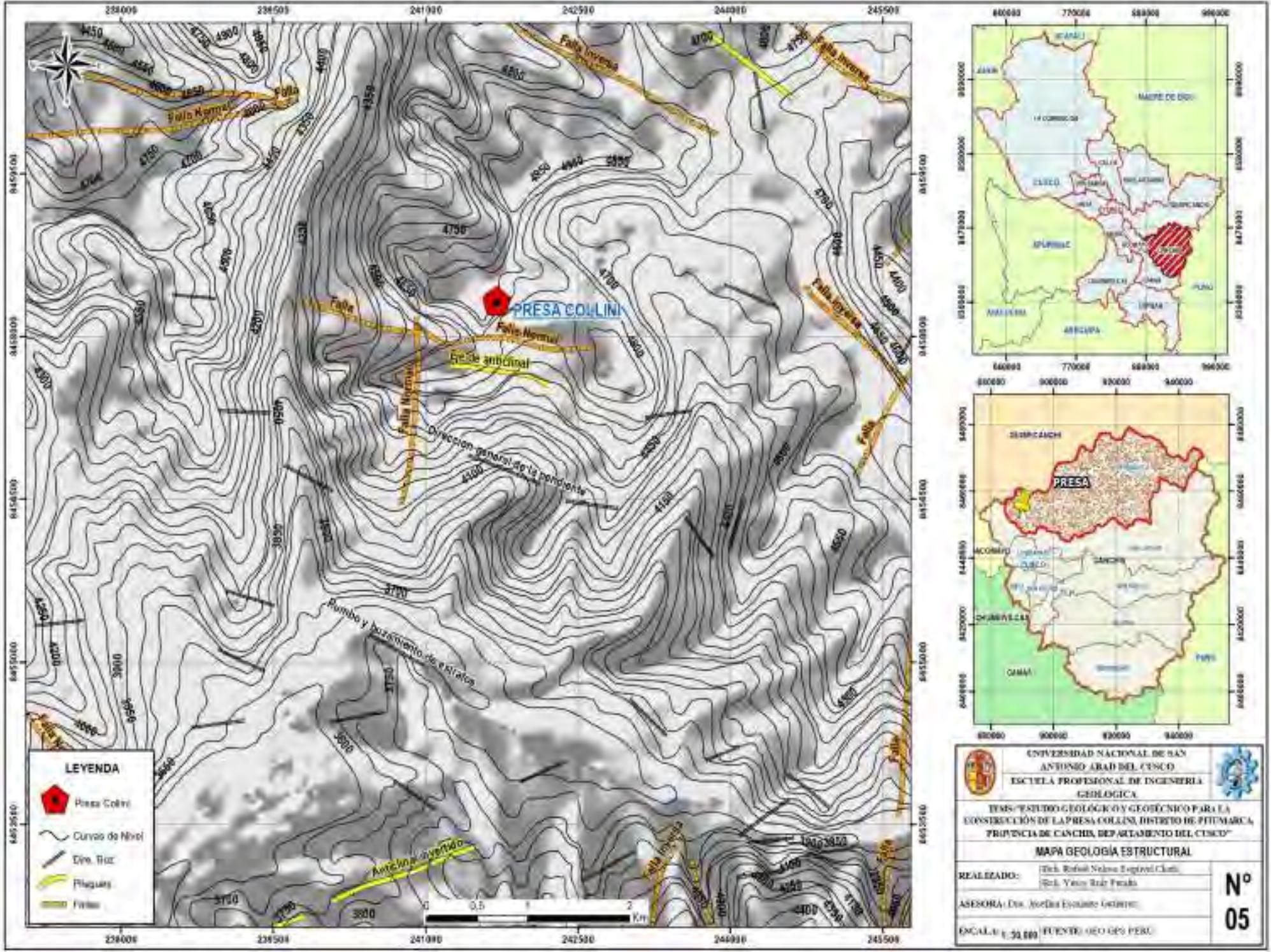
Imagen 4: *Lineamientos estructurales con dirección NW – SE, línea roja falla normal proyectada. FUENTE: Elaboración propia.*

#### 4.2.3. PLIEGUES ESTRUCTURALES

En la microcuenca Collini se evidencia un anticlinal en dirección al sur su plano axial, que probablemente se generó en las fases andinas del cretácico y terciario inferior a superior, estos pliegues se encuentran al sureste del eje proyectado de la presa Collini, totalmente erosionado, no tienen ninguna incidencia en las condiciones del eje proyectado de la presa. Estos pliegues muestran una orientación de NO-SE con buzamiento de 75°, esta estructura se observa a simple vista en las calizas del grupo Copacabana.



Foto 11: *Pliegue anticlinal al sureste de la laguna Collini. Fuente propia.*



Mapa 6: Mapa estructural de la zona de estudio. FUENTE: Elaboración propia.



## CAPITULO V. HIDROLOGIA

### 5.1. HIDROLOGIA DE LA MICROCUENCA COLLINI

Mediante el Estudio Hidrológico en la microcuenca Collini podemos conocer y valorar sus características físicas y geomorfológicas de la cuenca, analizar y tratar la información hidrometeorológica existente de la microcuenca, analizar y evaluar la escorrentía mediante registros históricos y obtener caudales, encontrar el funcionamiento del hidrológico de la microcuenca, encontrar el balance hídrico de la microcuenca.

#### 5.1.1. MICROCUENCA COLLINI

La microcuenca Collini tiene una forma alargada cuya cota mínima es de 3600 m.s.n.m. y su cuota superior es de 4950 m.s.n.m. se trata de una microcuenca en forma de “U” y algunos sectores en forma de “V”, con taludes moderadamente empinado, empinado y en algunas zonas fuertemente empinados y un valle profundo y angosto.



*Foto 12:Microcuenca Collini. FUENTE: Propia.*

#### 5.1.2. PARÁMETROS GEOMORFOLÓGICOS

##### 5.1.2.1. Elementos de área y superficie

- **Área de la microcuenca (Ac):** Esta fue delimitada por imagen satelital con programa ArcGIS siguiendo las cumbres de Divortium aquarum, obteniendo un área de 4.313 km<sup>2</sup>.



- **Perímetro de la microcuenca (P):** El perímetro de la microcuenca, fue medida automáticamente a través del sistema ArcGIS de todo el borde de área delimitada anteriormente, obteniendo una longitud de 8.68Km.

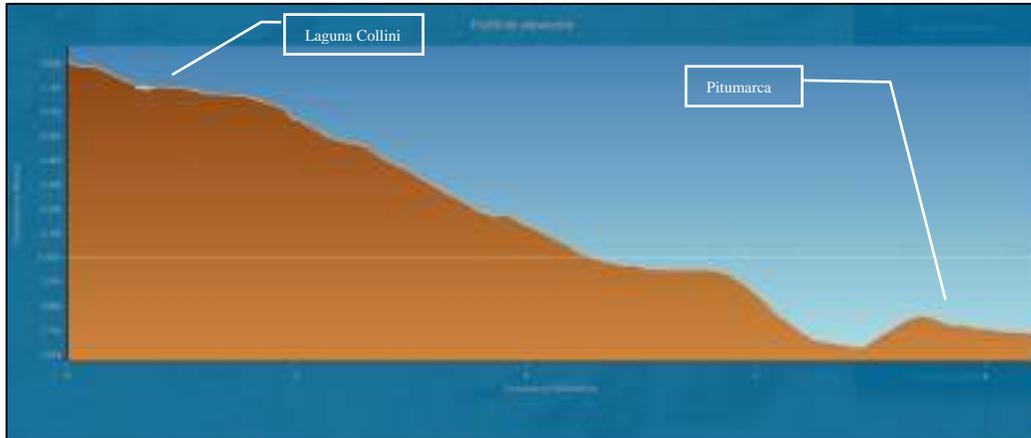


Figura 8: Perfil longitudinal de la microcuenca Collini. FUENTE: Propia.

Cuadro 10: Parámetros morfométricos de la cabecera de la microcuenca Collini.

PARAMETROS MORFOMETRICOS DE LA CABECERA DE LA MICROCUENCA COLLINI		
DESCRIPCION	UND	VALOR
AREA	km2	0.59
PERIMETRO	km2	3.12
COTAS		
Cota máxima	msnm	5000
Cota mínima	msnm	4678.120
Centroide (WGS 1984 UTM Zona 19S)		
X centroide	msnm	4828.236
Y centroide	msnm	8458208.633
Z centroide	msnm	4828.236
<b>Altitud</b>		
Altitud media	msnm	4828.236
Altitud más frecuente	msnm	4936.164
Altitud de frecuencia media (1/2)	msnm	4828.236

Nota: Se muestra el cuadro de parámetros morfométricos específicamente de la cabecera de la microcuenca Collini, se utilizó el software ARCGIS.



### 5.1.2.2. Índice de Compacidad O Índice de Gravelius

Este parámetro describe la geometría de la cuenca en base a rangos, relacionada estrechamente con el tiempo de concentración del sistema hidrológico.

*Cuadro 11: Clasificación del Índice de Gravelius.*

CLASE	RANGO	DESCRIPCION
1	1 a 1.25	Forma casi redonda a oval - Redonda
2	1.25 a 1.5	Forma oval - Oblonga
3	> 1.5	Forma oval -Oblonga a rectangular - Oblonga

La fórmula:

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

Donde:

Kc: coeficiente de compacidad

P: perímetro

A: área

En la laguna de Collini según los cálculos realizados nos da los resultados siguientes:

$$Kc = \frac{(0.282)(8.68\text{Km.})}{\sqrt{4.313 \text{ km}^2}} = Kc = 1.18$$

De acuerdo con el índice de Gravelius (Kc), la cuenca Collini, tiene forma casi redonda a oval con un valor de **1.18 de Kc**, la cual hace que sea poco susceptible a las crecidas máximas.

### 5.1.2.3. Factor de forma según Horton (1945)

#### Altitud máxima y mínima de la cuenca

De acuerdo al mapa orográfico de la cuenca altitud máxima es de 5000msnm lugar donde se ubica zona de recarga de acuífero y la altitud mínima es de 3600msnm ubicada el punto de salida natural de drenaje.

#### Índice de alargamiento

Se refiere a la longitud de los canales que se encuentran en la cuenca y su ancho máximo. Esto determina si la cuenca es alargada si su valor es muy superior a 1, o si es muy achatada si su valor es inferior a 1.



Las cuencas con factores de forma más bajos son menos propensas a inundaciones que las cuencas con la misma área y factores de forma más altos. Básicamente, los factores geológicos determinan la topografía de una región y la forma de su cuenca. Un valor de  $K_f$  superior a 1 indica el grado de aplanamiento de un río o de un cauce corto y seco, por lo que tiende a concentrar precipitaciones intensas y es propenso a grandes crecidas.

*Cuadro 12: Índice de alargamiento de Horton.*

$K_f$	CARACTERISTICAS
$I > 1$	Cuenca alargada
$I < 1$	Cuenca achatada por lo tanto el cauce principal es corto

$$I = \frac{L}{A}$$

Donde

L: Longitud.

A: Ancho de la cuenca

$$I = \frac{3.08KM}{2.22KM} = I = 1.39$$

De acuerdo a los cálculos en la microcuenca Collini se define como cuenca alargada por el resultado que nos da **1.39** relación que nos indica que la cuenca posee un sistema de drenaje que se asemeja a una espiga ensanchada, denotando un alto grado de evolución del sistema en capacidad de absorber mejor una alta precipitación sin generar una crecida de grandes proporciones.

#### **5.1.2.4. Pendiente media de la cuenca**

La determinación de la pendiente de la microcuenca es importante para definir el comportamiento de la cuenca en términos de deslizamientos (erosión o sedimentación) puesto que, ya que en zonas de mayor pendiente se presentan problemas de drenaje y sedimentación.



Cuadro 13: Clasificación de las cuencas de acuerdo a la pendiente. FUENTE: Gaspari et al., (2012).

Pendiente media (%)	Tipo de relieve
0-3	Plano
3-7	Suave
7-12	Medianamente accidentado
12-20	Accidentado
20-35	Fuertemente accidentado
35-50	Muy fuertemente accidentado
50-75	Escarpado
>75	Muy escarpado

La pendiente promedio de la cuenca se calcula en base a un plano topográfico que contenga las curvas de nivel o en el modelo de elevación digital de 8 x 8 metros utilizando el método de Alvord.

Se obtiene la pendiente media de la cuenca al ponderar la pendiente hallada para cada franja en función a su área.

$$Sm = \frac{LxD}{A}$$

Donde:

Sm: pendiente media de la cuenca

D: diferencia entre curvas de nivel

L: longitud total de las curvas

A: área de la cuenca

$$Sm = \frac{LxD}{A} = \frac{49.89 \times 50}{4.313} = \frac{2494.5 \times 100\%}{4.313} = Sm = 57.83\%$$

Haciendo los cálculos de pendiente media de la cuenca tenemos el resultado de **57.83%** eso se clasifica como cuenca mayor rio joven escarpado.



## 5.2. HIDROLOGIA EN LA PRESA COLLINI

Para la caracterización climática del área de estudio se empleó informaciones meteorológicas regionales de estaciones compatibles con características altitudinales y geográficas similares al área de estudio, se contaron con 49 años de registros, entre 1964 y 2013. Luego regionalizar la información, para finalmente obtener la precipitación en la laguna Collini desde su área de aporte hídrico.

*Cuadro 14: Ubicacion de estaciones meteorológicas con coordenadas Geograficas.*

Nº	Nombre de Estación	Latitud Sur (°)	Longitud Oeste (°)	Altitud(msnm)
1	La Raya	14°29'03"	70°59'05"	4120
2	Pomacanchi	14°01'41"	71°34'22"	3686
3	Corpac	13°32'00"	71°58'00"	3248
4	Kayra	13°33'25"	71°52'31"	3219
5	Pisac	13°25'40"	71°50'29"	3147
6	Paucartambo	13°19'28"	71°35'26"	2924

*FUENTE: Datos obtenidos de SENAMHI.*

### 5.2.1. PRECIPITACION

En general, la precipitación se refiere a todas las formas de humedad emanadas de la atmósfera y se depositan en la superficie terrestre, y es el principal parámetro de entrada del ciclo hidrológico y el determinante de la liberación de partículas del suelo durante la erosión. Se presenta en forma líquida (lluvia y rocío) o sólida (nieve y granizo). Se origina a partir del vapor de agua de la atmósfera y sus propiedades están influenciadas por otros factores climáticos como el viento, la temperatura, la altitud, la radiación y la presión atmosférica.

Para calcular la precipitación media mensual de la microcuenca Collini-Pitumarca se hizo por regionalización de las estaciones mencionadas en el cuadro siguiente:

*Cuadro 15: Estaciones patrones en el ámbito de estudio y precipitación media anual. FUENTE:*

*Elaboración propia.*



N°	ESTACIÓN	Latitud Sur(°)	Longitud Oeste (°)	Altitud (m.s.n.m.)	Precipitacion media anual (mm)	Precipitacion media anual corregida (Lutz Sholz)
1	LA RAYA	14° 29' 03"	70 59 05	4120	944.7	943.3
2	POMACANCHI	14° 01' 41"	71° 34' 22"	3686	823.9	822.4
3	CORPAC	13° 32' 00"	71° 58' 00"	3248	691.9	678.9
4	KAYRA	13° 33' 25"	71° 52' 31"	3219	675.5	668.3
5	PISAC	13° 25' 40"	71° 50' 29"	3147	591.2	641.3
6	PAUCARTAMBO	13° 19' 28"	71° 35' 26"	2924	575.1	549.2

### 5.2.1.1. ANALISIS DE REGIONALIZACION

En el presente estudio se aplica el análisis regional, por método regresión lineal simple (lata Scholz) para la precipitación.



**ESTUDIO GEOLÓGICO Y GEOTÉCNICO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA PRESA COLLINI, DISTRITO DE PITUMARCA, PROVINCIA DE CANCHIS, DEPARTAMENTO DEL CUSCO.**



*Cuadro 16: Registro de precipitación mensual de la Estación Meteorológica La Raya.*

REGISTRO DE PRECIPITACION MENSUAL ACUMULADA ESTACION LA RAYA														
REGISTROS COMPLETADOS														
(mm)														
Estacion : LA RAYA			Latitud : 14°29'03" S			Departamento : Cusco			Provincia : Canchis			Distrito : Marangani		
Tipo: CP-884			Longitud : 70°59'05" W			Altitud : 4,120 msnm								
Nº REG	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1	1964	175.0	191.0	214.0	73.0	30.0	1.0	1.0	2.0	14.0	40.0	84.0	145.0	970.0
2	1965	110.0	181.0	154.0	99.0	8.0	0.0	18.0	15.0	23.0	45.0	82.0	162.0	897.0
3	1966	235.0	141.0	78.0	43.0	32.0	1.0	0.0	0.0	19.0	56.0	70.0	110.0	785.0
4	1967	131.0	167.0	145.0	52.0	0.0	1.0	54.0	63.0	27.0	89.0	163.0	160.0	1,052.0
5	1968	176.0	238.0	128.0	76.0	2.0	0.0	1.0	104.0	15.0	93.0	88.0	117.0	1,038.0
6	1969	148.0	226.0	208.0	156.0	17.0	102.0	0.0	3.0	26.0	29.0	11.0	39.0	965.0
7	1970	255.0	204.0	83.0	57.0	23.0	36.0	0.0	7.0	66.0	13.0	63.0	178.0	985.0
8	1971	200.0	188.0	149.0	99.0	0.0	0.0	0.0	4.0	25.0	93.0	34.0	130.0	922.0
9	1972	118.0	188.0	109.0	92.0	21.0	0.0	27.0	39.0	71.0	13.0	47.0	93.0	818.0
10	1973	265.3	150.8	161.2	69.9	20.4	0.0	6.8	5.6	46.4	73.4	77.2	88.5	965.5
11	1974	181.1	204.2	165.7	69.4	8.5	7.6	0.6	36.2	8.4	38.0	87.0	132.0	938.7
12	1975	110.3	146.7	166.0	58.2	15.9	0.0	0.0	1.2	37.8	54.7	67.1	146.2	804.1
13	1976	181.8	117.4	187.3	32.7	13.8	12.0	9.5	15.4	39.1	9.5	34.6	74.7	727.8
14	1977	112.4	243.1	129.8	24.7	16.0	0.0	5.0	0.0	33.1	37.5	215.2	117.5	934.3
15	1978	375.9	276.9	131.6	71.0	20.1	0.0	0.0	12.2	48.0	25.5	63.5	191.0	1,215.7
16	1979	206.7	131.1	179.4	94.8	133.0	0.0	0.0	0.0	11.5	56.5	71.6	178.7	1,063.3
17	1980	157.5	123.7	199.5	42.6	31.1	0.0	0.0	0.0	16.0	119.0	120.8	35.5	845.7
18	1981	54.8	37.5	48.1	21.2	1.2	0.0	0.0	1.0	16.8	78.9	105.5	128.4	493.4
19	1982	124.0	148.3	223.2	61.8	0.0	4.0	0.0	17.0	10.7	99.9	146.7	80.0	915.6
20	1983	124.2	148.3	100.6	83.0	5.0	7.8	0.0	1.5	8.3	28.4	12.7	83.8	603.6
21	1984	292.6	158.4	165.8	81.2	22.6	25.6	3.8	19.5	9.9	131.5	193.5	108.9	1,213.3
22	1985	196.5	166.6	163.3	108.7	43.2	9.1	1.0	0.0	92.5	56.6	148.7	148.0	1,134.2
23	1986	171.6	229.4	192.7	135.8	19.3	0.0	10.4	23.6	56.6	13.2	70.1	141.0	1,063.7
24	1987	270.0	90.2	95.0	44.5	12.2	0.0	17.0	3.5	8.8	55.1	159.0	153.3	908.6
25	1988	186.9	176.9	246.9	146.0	10.2	0.0	0.0	2.7	12.9	45.5	13.7	127.7	969.4
26	1989	244.6	135.4	178.0	79.2	27.7	19.3	0.0	36.6	37.6	48.5	43.9	143.8	994.6
27	1990	199.3	114.0	70.6	46.2	9.8	47.7	2.7	12.7	29.9	137.4	122.2	146.3	938.8
28	1991	195.5	97.8	137.2	43.3	27.7	22.9	0.0	1.3	27.7	74.7	51.8	155.4	835.3
29	1992	190.2	133.1	93.5	29.2	0.0	0.0	48.3	22.9	29.5	67.8	134.3	69.6	818.4
30	1993	240.7	35.7	162.3	122.4	4.8	10.2	13.5	32.8	52.1	70.0	187.5	182.3	1,114.3
31	1994	198.9	197.6	224.8	91.4	46.7	1.3	0.0	0.0	35.8	67.3	131.3	192.3	1,187.4
32	1995	213.0	74.0	101.0	46.0	4.0	0.0	82.0	201.0	8.0	53.0	157.0	169.0	1,108.0
33	1996	260.0	130.0	118.0	109.0	5.0	0.0	78.0	17.0	69.0	127.0	62.0	128.0	1,103.0
34	1997	234.0	240.0	210.0	185.0	16.0	0.0	3.0	3.0	14.0	72.0	205.0	86.0	1,268.0
35	1998	102.0	92.0	151.0	47.0	6.0	0.0	0.0	1.0	5.0	96.0	103.0	60.0	663.0
36	1999	238.0	181.0	117.0	22.0	57.0	1.0	0.0	0.0	30.0	25.0	27.0	130.0	828.0
37	2000	153.0	151.0	117.0	23.0	6.0	6.0	2.0	25.0	10.0	111.0	16.0	112.0	732.0
38	2001	169.0	170.0	180.0	44.0	3.0	1.0	6.0	14.0	19.0	78.0	103.0	150.0	937.0
39	2002	199.0	160.0	212.0	98.0	5.0	1.0	57.0	12.0	45.0	49.0	138.0	137.0	1,113.0
40	2003	119.0	138.0	176.0	92.0	17.0	8.0	1.0	6.0	9.0	55.0	26.0	113.0	760.0
41	2004	367.0	236.0	169.0	42.0	22.0	1.0	6.0	8.0	36.0	55.0	68.0	96.0	1,106.0
42	2005	72.0	37.0	133.0	87.0	9.0	1.0	1.0	13.0	15.0	64.0	124.0	94.0	650.0
43	2006	191.0	179.0	204.0	46.0	0.0	8.0	0.0	1.0	7.0	146.0	172.0	160.0	1,114.0
44	2007	201.0	98.0	188.0	85.0	23.0	0.0	2.0	2.0	2.0	98.0	77.0	90.0	866.0
45	2008	240.0	214.0	181.0	66.0	4.0	5.0	1.0	0.0	35.0	84.0	108.0	164.0	1,102.0
46	2009	158.0	95.0	49.0	20.0	1.0	0.0	0.0	0.0	5.0	22.0	232.0	70.0	652.0
47	2010	267.0	130.0	182.0	60.0	31.0	0.0	9.0	33.0	15.0	116.0	24.0	136.0	1,003.0
48	2011	176.0	139.0	169.0	122.0	0.0	2.0	1.0	2.0	30.0	55.0	14.0	153.0	863.0
49	2012	317.0	208.0	191.0	101.0	34.0	12.0	34.0	8.0	10.0	21.0	154.0	165.0	1,255.0
50	2013	277.0	151.0	79.0	53.0	4.0	8.0	0.0	1.0	14.0	137.0	111.0	157.0	992.0
51	2014	161.9	115.0	133.6	72.3	10.6	2.9	4.2	4.7	31.4	64.5	152.5	153.3	906.7
52	2015	169.8	88.9	150.2	92.2	4.7	2.9	1.2	16.7	41.2	79.3	134.5	167.9	949.4
53	2016	104.0	122.1	157.8	107.9	8.3	0.3	3.6	1.3	31.7	79.8	138.8	143.8	899.6
54	2017	111.2	102.4	162.0	96.8	4.7	0.0	0.0	8.7	24.0	87.0	131.8	110.8	839.2
Nº Datos		54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54
Media		195.6	156.2	152.3	73.0	17.4	7.3	10.1	16.6	26.7	66.5	96.4	126.6	944.7
Desv. Estandar		68.4	54.9	48.0	37.1	21.4	16.8	19.9	32.6	19.9	36.2	58.5	38.7	176.1
Coef. Variacion		0.3	0.4	0.3	0.5	1.2	2.3	2.0	2.0	0.7	0.5	0.6	0.3	0.2
Prec. Max.		375.9	276.9	246.9	185.0	133.0	102.0	82.0	201.0	92.5	146.0	232.0	192.3	375.9
Prec. Min.		54.8	35.7	48.1	20.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	9.5	11.0	35.5	0.0
Prec. 75%		149.51	119.17	119.95	48.05	2.95	0.00	0.00	0.00	13.24	42.06	56.94	100.47	825.91



Nota: Los datos se obtuvieron del SENAMHI asimismo todas las estaciones meteorológicas; la Raya, Pomacanchi, Corpac, Kayra, Pisac, Paucartambo.

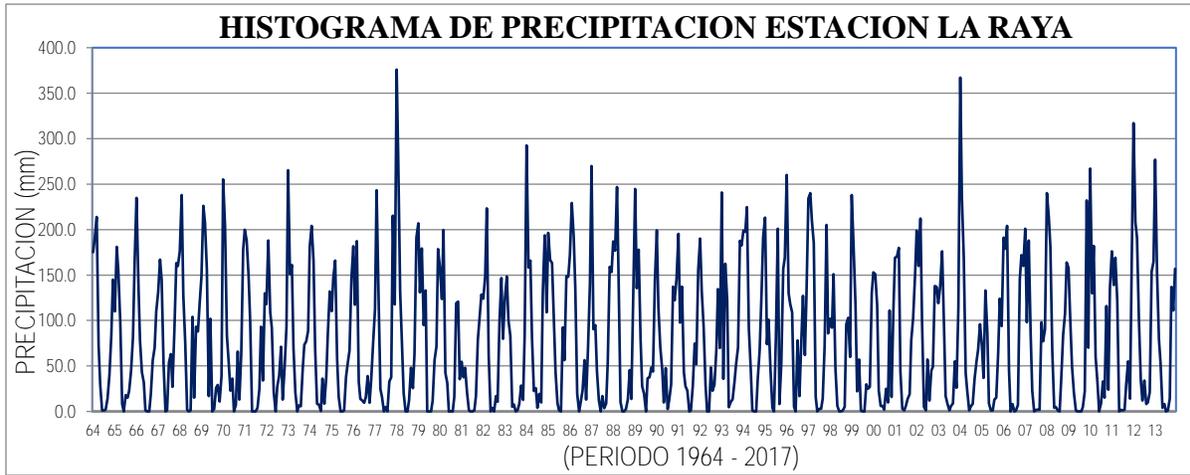


Figura 9: Se muestra el Histograma de precipitación de la estación de La Raya.

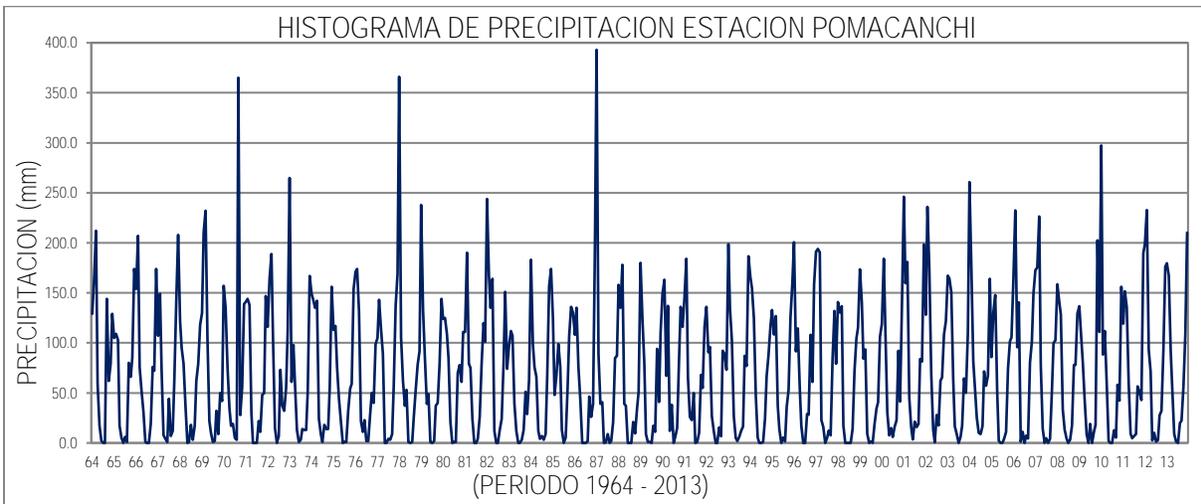


Figura 10: Se muestra el Histograma de precipitación de la estación de Pomacanchi.

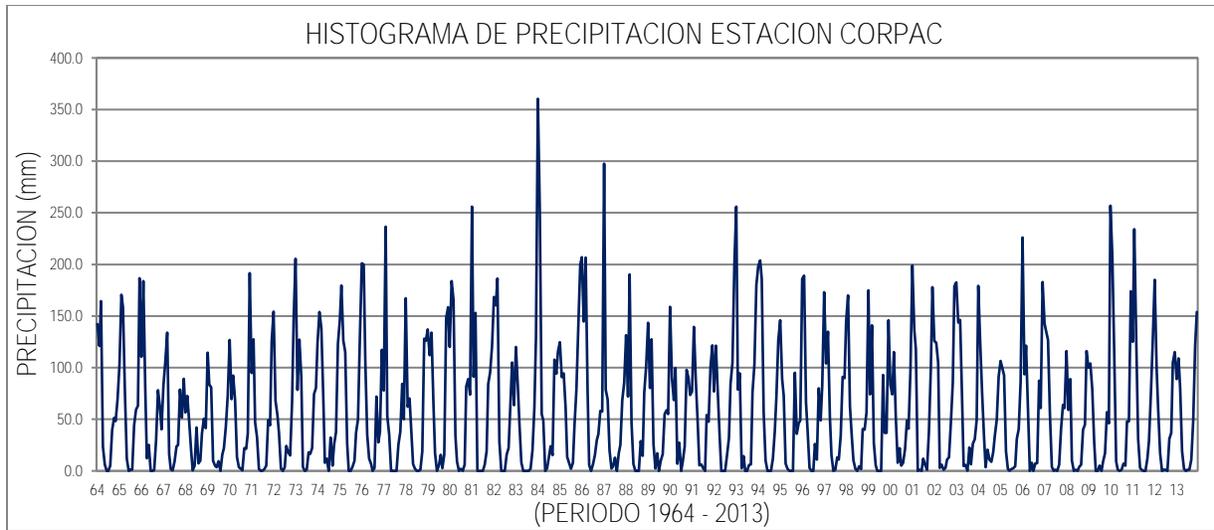


Figura 11: Se muestra el Histograma de precipitación de la estación CORPAC.

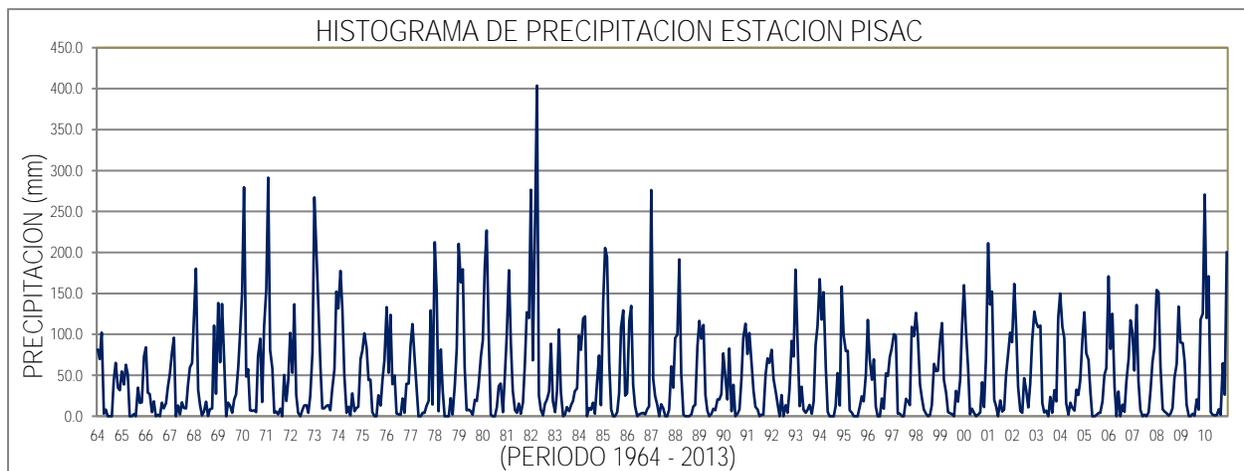


Figura 12: Se muestra el Histograma de precipitación de la estación Pisac.

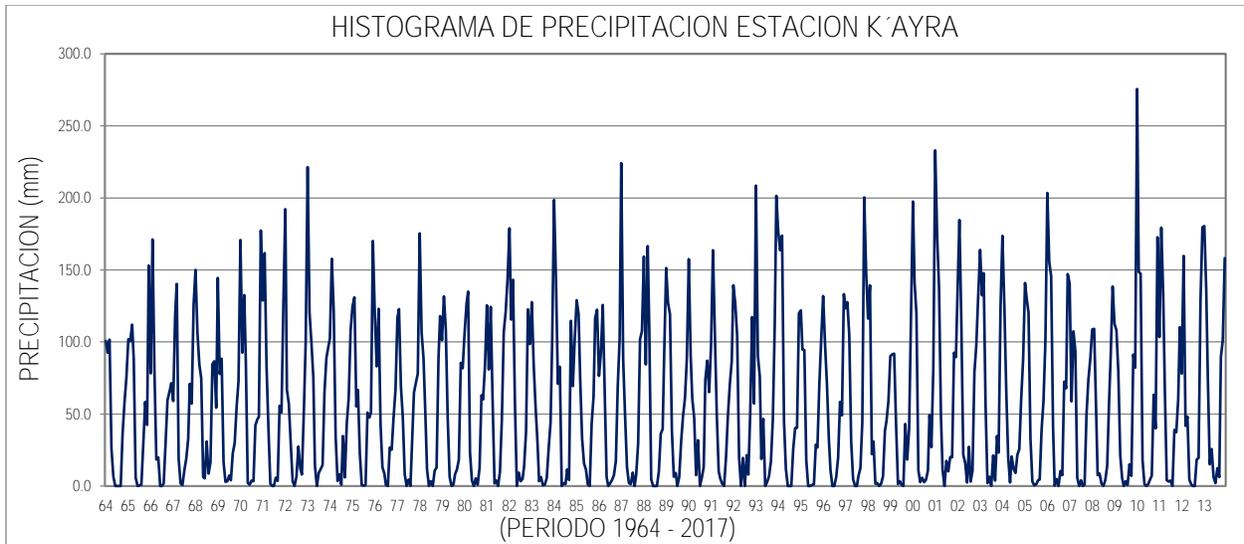


Figura 13: Se muestra el Histograma de precipitación de la estación Kayra.

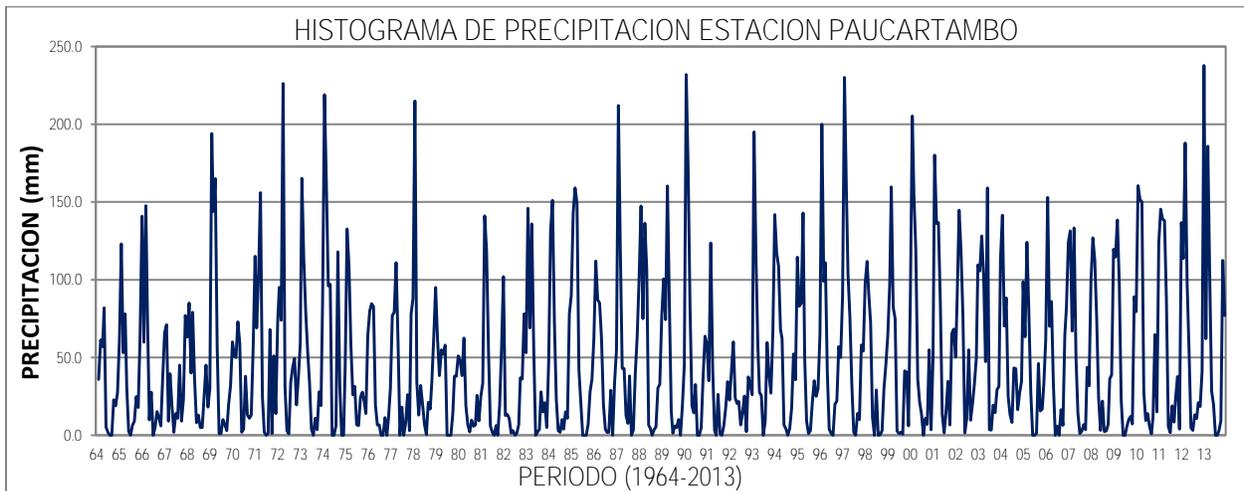


Figura 14: Se muestra el Histograma de precipitación de la estación Paucartambo.

Este análisis se realiza para detectar e identificar visualmente inconsistencias en la información meteorológica y para indicar un período o períodos de datos dudosos, que pueden reflejarse como “picos” muy altos o valores muy bajos, “saltos” y/o “tendencias”, si se trata de fenómenos naturales que ocurren realmente o son resultado de errores sistemáticos, deberán verificarse mediante un gráfico o hidrograma de las series de análisis, en coordenadas cartesianas transcribiendo la información histórica de la variable meteorológica a nivel anual y mensual; en las ordenadas se ubica los valores anuales o mensuales de la serie meteorológica en unidades respectivas y en las abscisas el tiempo en años.

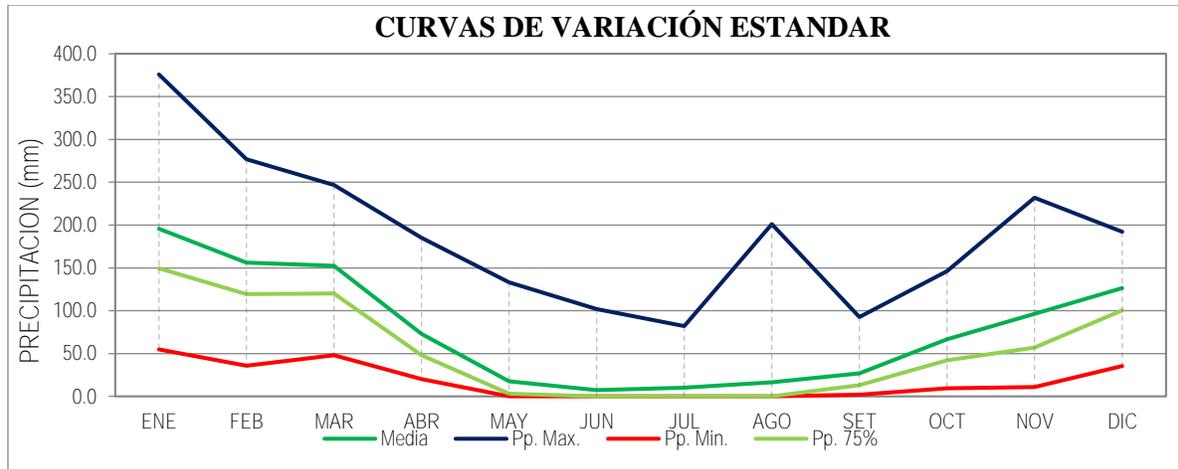


Figura 15: Se muestra las curvas de variación estándar.

Nota: Muestra curvas de variación estándar de la estación pluviométrica La Raya según la fuente de SENAMHI.

### 5.2.1.2. Precipitación en la Microcuenca Collini-Pitumarca

Haciendo los cálculos por el método regresión simple propuestos para calcular la precipitación media anual de la microcuenca Collini como resultado nos da 895.5 mm/año a partir de registros puntuales de varias estaciones sobre la microcuenca Collini – Pitumarca. También nos muestra precipitación máxima y mínima de la cuenca, con más detallado en el siguiente cuadro:



**ESTUDIO GEOLÓGICO Y GEOTÉCNICO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA PRESA COLLINI, DISTRITO DE PITUMARCA, PROVINCIA DE CANCHIS, DEPARTAMENTO DEL CUSCO.**



*Cuadro 17: Precipitación media mensual de la microcuenca Collini.*

PRECIPITACION MEDIA MENSUAL MICROCUENCA COLLINI PITUMARCA (mm)														
MICROCUENCA COLLINI					Latitud :	14.10	S	Departamento :					Cusco	
					Longitud :	71.53	W	Provincia :					canchis	
					Altitud :	4.032	msnm	Distrito :					pitumarca	
N° REG.	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1	1,964	132.0	171.1	200.3	64.2	22.9	1.1	0.6	1.6	42.4	49.6	77.9	128.2	892.0
2	1,965	115.7	157.4	144.6	83.3	7.3	0.0	12.5	9.9	39.1	51.3	79.0	173.5	873.4
3	1,966	100.0	164.5	81.8	38.2	32.0	0.8	0.6	1.4	22.2	59.8	69.4	113.1	683.8
4	1,967	118.5	152.2	134.6	36.6	2.4	2.2	43.6	46.5	24.7	82.0	141.4	160.2	944.9
5	1,968	161.1	192.5	109.8	63.6	2.5	2.6	12.3	63.6	16.8	80.6	89.4	102.7	897.5
6	1,969	160.5	200.9	203.0	123.7	14.6	64.0	3.6	3.4	26.4	27.3	31.9	57.6	917.0
7	1,970	103.0	187.9	92.2	63.4	18.7	25.8	5.0	6.5	115.0	28.4	60.2	180.8	886.8
8	1,971	121.0	196.6	142.7	77.4	0.8	0.6	0.3	12.9	17.5	81.0	40.0	134.2	824.9
9	1,972	136.0	161.7	136.8	82.7	16.1	0.1	21.3	44.7	55.9	17.1	52.7	108.0	833.1
10	1,973	123.0	145.0	151.4	75.9	19.4	1.4	6.6	10.5	33.3	58.5	75.8	117.4	818.3
11	1,974	181.8	201.6	163.6	87.0	10.6	8.9	1.2	42.1	11.4	31.9	70.6	135.2	945.8
12	1,975	126.4	152.2	139.4	64.3	24.1	1.1	0.7	3.2	37.7	51.9	64.0	150.8	815.8
13	1,976	183.8	136.0	171.4	35.2	17.4	13.2	6.2	9.9	39.8	19.3	39.5	83.6	755.2
14	1,977	115.7	216.6	122.0	45.1	10.1	1.4	4.4	1.5	29.2	43.1	182.4	117.8	889.3
15	1,978	351.4	213.3	104.0	66.3	27.0	0.9	0.3	9.0	37.1	29.8	78.6	165.2	1082.8
16	1,979	208.4	140.3	162.9	82.2	94.0	0.9	1.1	2.7	17.3	47.9	83.3	162.4	1003.3
17	1,980	146.7	142.2	189.2	54.7	23.8	0.2	1.6	1.8	27.1	102.2	96.2	60.5	846.1
18	1,981	97.3	97.6	84.3	37.8	6.1	0.9	1.4	3.4	21.7	84.6	118.3	135.8	689.4
19	1,982	172.9	148.2	207.2	110.3	4.7	3.9	0.5	16.1	18.4	87.6	147.0	80.2	996.9
20	1,983	123.7	129.7	107.0	66.2	5.3	5.5	1.4	4.2	10.2	33.0	25.2	87.6	599.0
21	1,984	273.3	165.0	138.8	84.1	15.6	17.3	6.4	17.0	10.6	113.8	168.5	121.8	1132.2
22	1,985	184.0	156.7	152.7	98.8	43.5	9.3	0.8	2.1	75.0	76.7	148.9	145.5	1093.9
23	1,986	156.3	197.2	175.5	108.7	15.1	0.3	7.2	16.4	47.3	17.2	62.8	137.4	941.5
24	1,987	315.5	96.9	78.8	40.7	8.5	2.5	17.3	2.1	8.1	44.8	134.1	133.5	882.8
25	1,988	183.5	156.5	236.4	119.8	14.0	0.4	0.0	1.9	15.3	36.4	28.1	115.4	907.7
26	1,989	120.0	134.2	163.4	63.0	19.1	14.0	0.7	27.2	29.7	55.9	47.0	122.4	796.6
27	1,990	102.0	128.7	72.9	73.1	10.8	46.0	1.6	10.1	24.7	117.8	125.1	133.6	846.4
28	1,991	165.5	135.4	118.6	41.7	22.7	25.8	0.4	1.1	25.4	70.5	64.6	138.0	809.8
29	1,992	165.5	125.1	92.5	29.4	3.7	4.7	29.6	22.6	73.8	125.4	85.5	780.4	
30	1,993	143.0	75.8	134.1	84.1	11.9	6.7	10.7	28.4	38.9	71.0	156.1	194.8	955.4
31	1,994	203.9	195.3	205.6	81.5	31.4	1.1	0.0	0.5	31.2	67.1	106.5	179.1	1103.2
32	1,995	188.0	92.7	114.8	40.2	5.9	0.1	49.5	120.4	25.9	50.1	128.5	150.6	966.7
33	1,996	242.5	132.2	114.1	89.8	8.6	0.1	46.0	21.4	50.8	115.1	64.2	135.5	1020.2
34	1,997	222.6	216.9	195.1	126.5	16.8	0.2	2.7	8.8	14.1	69.4	183.8	102.2	1159.1
35	1,998	128.2	120.6	129.2	39.3	5.3	2.9	0.0	1.3	7.6	84.3	94.9	75.5	689.0
36	1,999	143.0	168.5	114.8	43.6	36.4	1.3	0.8	0.1	39.3	30.4	34.4	136.0	748.5
37	2,000	166.4	161.6	123.8	27.4	8.3	10.0	2.9	19.6	13.6	98.2	23.9	116.2	771.8
38	2,001	156.0	178.6	184.7	46.4	7.7	1.3	12.8	15.6	17.6	75.3	104.3	159.8	960.1
39	2,002	177.9	188.6	193.3	81.0	8.0	2.3	49.6	15.1	41.9	57.6	128.8	150.0	1094.1
40	2,003	148.7	154.3	174.2	81.7	26.1	8.2	0.9	12.2	10.6	54.1	32.9	121.0	824.8
41	2,004	317.5	207.2	142.0	41.7	19.1	8.2	11.4	13.2	41.4	52.1	68.2	117.2	1039.1
42	2,005	96.1	81.6	135.4	69.8	6.1	0.6	1.1	12.9	13.1	59.7	106.7	100.6	683.6
43	2,006	206.9	180.7	178.8	66.1	0.2	11.0	0.0	6.0	7.2	123.1	143.1	103.0	1026.1
44	2,007	193.2	115.6	193.6	84.5	18.7	0.1	2.8	1.7	3.2	81.3	83.5	99.4	877.5
45	2,008	213.0	188.1	154.0	48.9	6.1	6.0	0.8	1.8	26.8	78.9	98.1	123.0	945.5
46	2,009	152.8	112.1	70.5	26.5	2.6	0.0	4.8	0.9	9.8	19.6	202.6	89.6	691.7
47	2,010	192.0	146.7	177.3	50.7	13.0	1.2	6.1	23.5	11.9	99.4	32.9	166.3	920.9
48	2,011	165.2	171.7	167.0	100.8	3.3	3.2	4.4	3.4	35.7	52.4	32.4	167.6	907.1
49	2,012	260.6	214.9	150.2	84.6	21.4	9.3	21.4	6.1	18.8	25.2	141.3	186.9	1140.5
50	2,013	232.5	168.3	90.5	46.6	8.9	6.0	0.7	6.9	14.9	122.2	116.6	181.0	994.8
51	2,014	173.3	129.2	123.6	71.6	14.4	2.4	5.3	7.5	28.5	63.5	121.9	148.9	889.9
52	2,015	167.6	115.0	127.7	82.9	9.0	3.1	5.0	12.8	35.3	68.2	113.1	150.4	894.1
53	2,016	132.6	133.3	128.0	85.8	13.5	1.5	4.0	3.0	30.4	78.6	114.3	144.6	868.5
54	2,017	102.0	116.5	144.3	83.3	10.7	1.8	0.8	8.6	25.7	73.3	112.2	123.2	836.9
N° Datos	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC		
	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54
Media	169.8	155.0	143.4	68.6	15.3	6.4	8.0	13.8	27.7	63.8	93.9	129.8	895.5	
Desv. Estandar	57.11	36.19	39.14	25.39	14.39	11.41	12.79	19.75	18.56	28.22	45.47	32.39	128.78	
P. 50%	169.8	155.0	143.4	68.6	15.3	6.4	8.0	13.8	27.7	63.8	93.9	129.8	895.5	
P. 75%	131.3	130.6	117.0	51.4	5.6	0.0	0.0	0.5	15.2	44.7	63.3	108.0	667.6	
Coef. Variacion	0.34	0.23	0.27	0.37	0.94	1.79	1.59	1.43	0.67	0.44	0.48	0.25	0.14	
Prec. Max.	351.4	216.9	236.4	126.5	94.0	64.0	49.6	120.4	115.0	123.1	202.6	194.8	351.4	
Prec. Mn.	96.1	75.8	70.5	26.5	0.2	0.0	0.0	0.1	3.2	17.1	23.9	57.6	0.0	

*Nota: los cálculos se realizaron por regionalización con el método regresión simple. FUENTE:*

*Elaboración propia teniendo como base los datos de SENAMHI.*



### 5.2.1.4. Precipitación en la cabecera de la microcuenca Collini

Para el cálculo de potencial hídrico en la presa Collini las precipitaciones se dividen en tres partes tanto en la parte alta, media y en la parte baja de la microcuenca Collini y así estimar con error mínimo de los cálculos hídricos con respecto a las cotas.

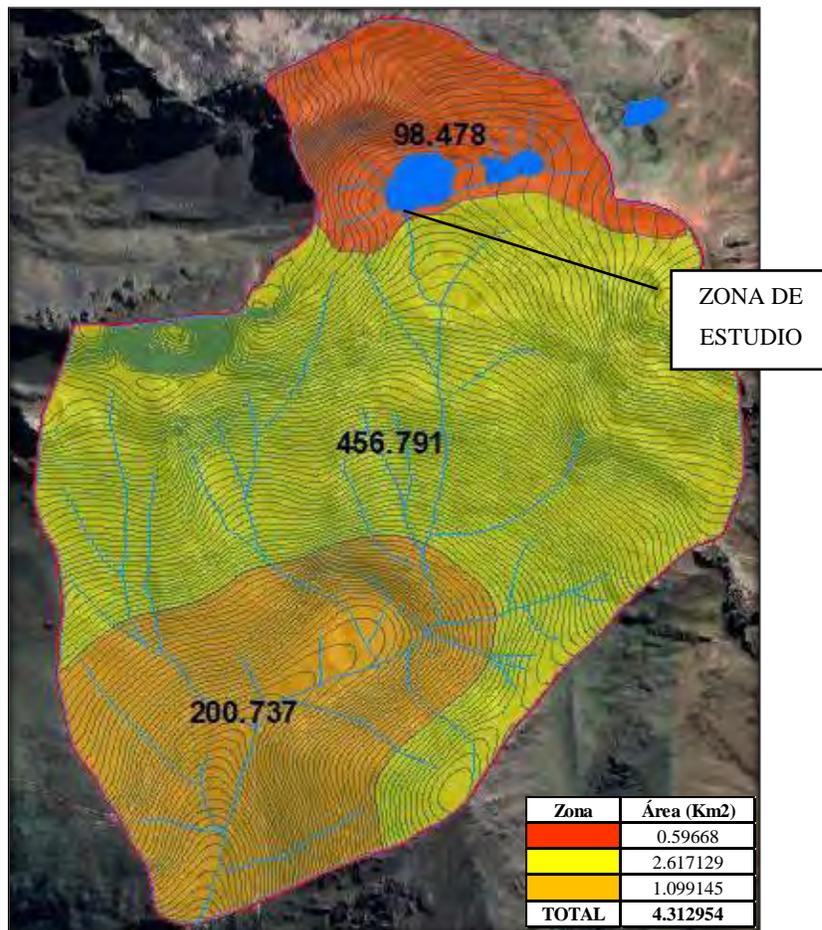
*Cuadro 18: Resultados de precipitación dividida en tres zonas por el polígono de Thiessen.*

*FUENTE: Elaboración propia.*

COTA	ZONA (m.s.n.m.)	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
Altitud Media	4332.08	169.8	154.9	143.4	68.5	15.3	6.4	8.03	13.8	27.7	63.8	93.9	129.8	895.3
Baja	3800-4200	138.9	124.6	95.8	36.6	4.6	0.06	0	0.7	4.349	42.8	61.5	109.3	619.4
Media	4200-4700	158.2	141.8	109.1	41.8	5.3	0.07	0	0.8	4.913	48.8	70.1	124.5	705.4
Alta	4700-4900	164.2	148.3	112.2	43.8	5.8	0.06	0	0.7	4.093	51.8	73.8	131.2	736.2

*Imagen 5: Áreas de la microcuenca Collini dividida en tres zonas por el polígono de Thiessen.*

*FUENTE: Elaboración propia.*





En la cabecera de microcuenca Collini donde se está ubicando la presa Collini la precipitación es de **736.2 mm** anuales este disminuye por el área de recepción del vaso de la presa. Con esta precipitación se hará cálculos de potencial hídrico de la presa Collini.

## 5.2.2. TEMPERATURA

La temperatura depende estrechamente de la elevación y de la morfología de la zona, asimismo del cambio de las estaciones del año y de la variación de las precipitaciones pluviales; para el cálculo de la temperatura máxima, media y mínima de la microcuenca Collini-Pitumarca los datos fueron tomados de las estaciones meteorológicas más cercanos a zona de estudio que nos muestra el cuadro de temperaturas: media anual, media mensual, mínima media mensual y máxima media mensual, han sido estimadas mediante el análisis de correlación regional entre la altitud de cada estación en estudio y la altitud de la cuenca, resultando las siguientes tablas.

Se han tomado como referencia las estaciones de La Raya, Yauri, Pomacanchi, Sicuani, Combapata, Cusco, Acomayo, K'ayra, Urcos y Paruro.

### 5.2.2.1. Regionalización de temperatura media mensual

Tiene la relación periódica de 5.46 °C.

*Cuadro 19: Registro de regionalización de temperatura media mensual.*

REGIONALIZACION DE TEMPERATURA (°C)															
TEMPERATURA MEDIA MENSUAL (°C) - VS - ELEVACION (msnm)															
N°	ESTACION	ALTITUD msnm.	TEMPERATUA MEDIA MENSUAL												
			ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	MEDIA
1	LA RAYA	4200	7.6	7.7	7.6	6.9	5.6	4.2	3.9	5.0	6.2	7.3	7.7	7.7	<b>6.45</b>
2	YAURI	3915	9.6	9.3	9.2	8.4	6.3	4.6	4.5	5.5	7.0	8.7	9.4	9.7	<b>7.69</b>
3	POMACANCHI	3700	10.6	9.9	10.0	10.0	8.5	7.5	7.3	8.9	10.3	11.1	10.7	10.8	<b>9.65</b>
4	SICUANI	3574	12.2	12.3	12.1	12.0	10.7	9.4	9.1	10.3	12.0	12.9	13.0	12.5	<b>11.53</b>
5	CUSCO	3312	12.6	12.7	12.8	12.6	11.8	10.9	10.5	11.4	12.4	13.3	13.5	13.2	<b>12.30</b>
6	ACOMAYO	3250	13.7	13.6	13.5	13.2	12.2	11.0	11.0	12.4	13.8	14.7	14.7	14.2	<b>13.18</b>
7	K'AYRA	3219	13.5	13.6	13.3	12.6	11.2	10.1	9.8	11.2	12.7	13.8	14.1	13.8	<b>12.47</b>
8	URCOS	3149	14.0	13.8	13.8	13.7	12.8	11.8	11.4	12.4	13.7	14.9	15.1	14.4	<b>13.48</b>
9	PARURO	3084	14.5	14.3	14.1	13.8	12.8	11.8	11.7	12.8	14.0	15.0	15.2	14.9	<b>13.73</b>
Promedio		3489.22	12.03	11.91	11.84	11.46	10.21	9.03	8.81	10.00	11.34	12.41	12.61	12.34	<b>11.17</b>
Desv. Estándar		384.01	2.31	2.35	2.32	2.47	2.74	2.94	2.93	2.96	2.92	2.80	2.69	2.44	<b>2.64</b>
Coefic. <b>a</b>			32.82	32.89	32.66	33.49	34.42	34.94	34.71	36.05	37.03	37.31	36.73	34.30	<b>34.78</b>
Coefic. <b>b</b>			-0.006	-0.006	-0.006	-0.006	-0.007	-0.007	-0.007	-0.007	-0.007	-0.007	-0.007	-0.006	<b>-0.007</b>
Coefic. <b>r</b>			-0.99	-0.98	-0.99	-0.98	-0.97	-0.97	-0.97	-0.97	-0.97	-0.98	-0.99	-0.99	<b>-0.98</b>
Microcuenca Collini		4,332	<b>7.01</b>	<b>6.84</b>	<b>6.80</b>	<b>6.14</b>	<b>4.36</b>	<b>2.78</b>	<b>2.55</b>	<b>3.70</b>	<b>5.13</b>	<b>6.39</b>	<b>6.79</b>	<b>7.03</b>	<b>5.46</b>

FUENTE: Elaboración propia.

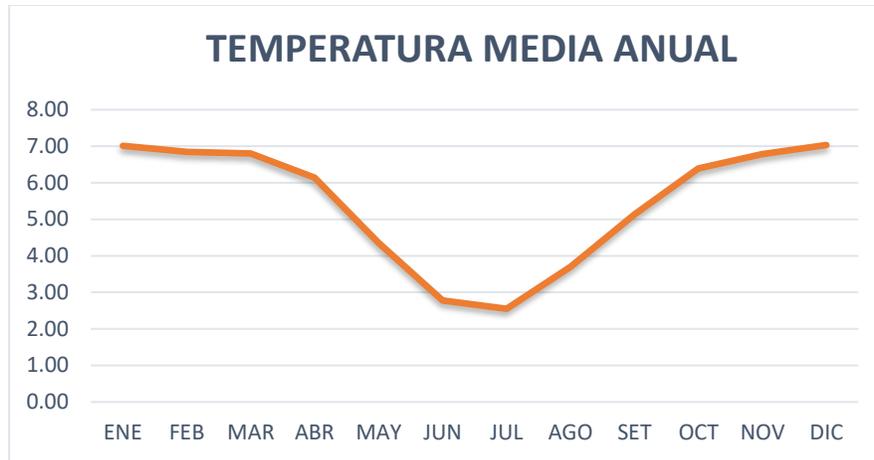


Figura 16: temperatura media anual de la microcuenca Collini.

### 5.2.2.2. Regionalización de temperatura máxima de la microcuenca Collini

En este caso la ecuación que representa la regionalización es el retroceso directo simple, mostrándose en el siguiente cuadro:

Cuadro 20: Temperatura máxima media de la cuenca Collini.

TEMPERATURA MAXIMA MEDIA MENSUAL (°C) - VS - ELEVACION (msnm)															
N°	ESTACION	ALTIUD msnm.	TEMPERATURA MAXIMA MEDIA MENSUAL												
			ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	MEDIA
1	YAURI	3927	16.0	15.6	15.7	16.0	16.3	16.0	15.7	16.1	17.1	17.6	18.1	17.3	<b>16.45</b>
2	POMACANCHI	3700	16.4	15.8	16.0	16.5	16.8	16.4	16.4	17.5	18.2	18.7	18.1	17.3	<b>17.00</b>
3	SICUANI	3574	18.5	18.7	19.1	19.4	19.3	18.7	18.5	19.5	20.3	20.6	20.4	19.4	<b>19.37</b>
4	COMBAPATA	3525	18.6	18.8	18.9	19.5	19.9	19.4	19.7	20.0	20.7	21.4	21.0	19.9	<b>19.81</b>
5	K'AYRA	3219	19.5	19.7	19.7	20.3	20.7	20.3	20.1	20.7	21.0	21.3	21.3	20.4	<b>20.42</b>
6	URCOS	3149	20.1	19.9	19.9	20.8	21.0	20.9	20.6	21.1	21.2	22.0	22.0	20.8	<b>20.86</b>
7	PARURO	3084	21.3	21.1	21.1	21.8	22.0	21.7	21.2	22.0	22.5	22.9	22.9	22.1	<b>21.89</b>
Promedio		3454.00	18.63	18.53	18.64	19.18	19.43	19.05	18.88	19.54	20.13	20.66	20.53	19.60	<b>19.40</b>
Desv. Estándar		313.27	1.90	2.09	2.05	2.18	2.16	2.18	2.14	2.09	1.86	1.88	1.85	1.78	<b>2.00</b>
Coefic. a			38.73	40.03	39.39	41.88	42.03	42.20	41.25	41.70	39.21	39.91	39.60	37.98	<b>40.33</b>
Coefic. b			-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	<b>-0.01</b>
Coefic. r			-0.96	-0.94	-0.92	-0.94	-0.95	-0.96	-0.95	-0.96	-0.93	-0.93	-0.93	-0.94	<b>-0.95</b>
Microcuenca Collini		4,332	<b>13.52</b>	<b>13.06</b>	<b>13.36</b>	<b>13.41</b>	<b>13.69</b>	<b>13.17</b>	<b>13.19</b>	<b>13.91</b>	<b>15.28</b>	<b>15.77</b>	<b>15.69</b>	<b>14.92</b>	<b>14.08</b>

Por consiguiente, octubre es el mes más caluroso con una temperatura máxima de 15.77 °C. y el promedio anual es de 14.8°C



### 5.2.2.3. Regionalización de temperatura mínima de la microcuenca Collini

Cuadro 21: Regionalización de la temperatura mínima media mensual de la cuenca Collini.

TEMPERATURA MINIMA MEDIA MENSUAL (°C) - VS - ELEVACION (msnm)															
N°	ESTACION	ALTITUD msnm.	TEMPERATURA MINIMA MEDIA MENSUAL												
			ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	MEDIA
1	POMACANCHI	3700	4.6	4.1	4.1	3.2	0.2	-1.5	-1.6	0.0	2.1	3.2	3.7	4.2	<b>2.19</b>
2	SICUANI	3574	5.6	5.6	5.2	3.4	-0.2	-2.4	-2.7	-0.5	2.3	4.0	4.5	5.1	<b>2.50</b>
3	COMBAPATA	3525	5.4	5.1	4.8	3.4	1.1	-1.4	-1.4	0.8	3.4	4.6	5.0	5.4	<b>3.02</b>
4	CUSCO	3312	6.7	6.7	6.4	5.1	2.7	0.6	0.3	1.6	4.0	5.6	6.2	6.6	<b>4.38</b>
5	ACOMAYO	3250	7.5	7.3	7.0	5.4	2.7	0.8	0.6	2.6	5.1	6.5	7.1	7.3	<b>4.99</b>
6	URCOS	3149	8.3	8.6	8.2	6.7	3.3	1.2	1.0	2.7	5.6	7.1	7.8	7.9	<b>5.69</b>
7	PARURO	3084	7.7	7.7	7.1	5.5	3.1	1.3	1.1	2.6	4.8	6.3	6.8	7.2	<b>5.10</b>
Promedio		3370.57	6.56	6.45	6.12	4.67	1.82	-0.22	-0.37	1.40	3.90	5.32	5.88	6.26	<b>3.98</b>
Desv. Estándar		232.00	1.36	1.58	1.47	1.35	1.46	1.52	1.48	1.32	1.36	1.43	1.49	1.36	<b>1.40</b>
Coefic. a			25.80	28.34	26.21	22.85	21.84	20.29	19.50	19.42	22.54	25.21	26.58	25.34	23.66
Coefic. b			-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01
Coefic. r			-0.97	-0.96	-0.94	-0.93	-0.94	-0.93	-0.92	-0.94	-0.94	-0.96	-0.96	-0.96	-0.97
Microcuenca Collini		4,332	<b>1.07</b>	<b>0.21</b>	<b>0.38</b>	<b>-0.51</b>	<b>-3.89</b>	<b>-6.07</b>	<b>-6.05</b>	<b>-3.74</b>	<b>-1.42</b>	<b>-0.35</b>	<b>-0.03</b>	<b>0.82</b>	<b>-1.63</b>

Por consiguiente, junio es el mes más frígido con una temperatura mínima media mensual de -6.05 °C y la relación periódica de temperatura mínima es de -1.63 °C.

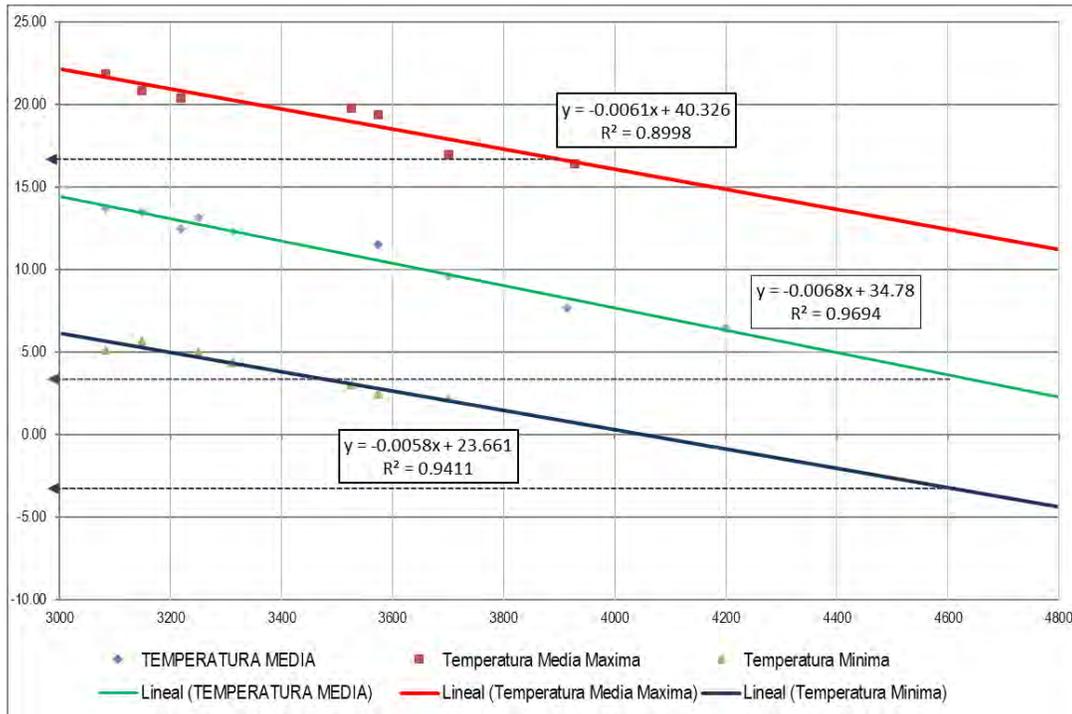


Figura 17: Variación mensual de la temperatura máxima, mínima y media. Fuente propia.



### 5.2.3. EVAPOTRANSPIACION

La evapotranspiración se define como la pérdida de humedad de una superficie por evaporación directa junto con la pérdida de agua por transpiración de la vegetación. Se expresa en milímetros por unidad de tiempo.

Según Peña, 2001 la evapotranspiración está en función esencialmente de la alimentación del agua y por consiguiente del grado de humedad del suelo, el cual limita con frecuencia su acción. La tasa de evapotranspiración esta por un conjunto de factores que regulan la evaporación y la transpiración siendo estos físicos y biológicos y se calcula mediante el método Thornthwaite.

#### 5.2.3.1. EVAPOTRANSPIRACION REAL

La evapotranspiración real es la cantidad de agua que efectivamente se evaporada desde la superficie del suelo y transpirada por la cubierta vegetal, expresada en mm/día. Cuanto mayor es la evapotranspiración real de una zona mayor es la formación de biomasa vegetal en la misma, aunque existen algunas limitaciones en la fertilidad del suelo que pueden ser un factor limitante en el crecimiento.

La evapotranspiración real está condicionada por la cantidad de agua disponible en un momento determinado (precipitación y contenido de humedad en el suelo. (Turc, 1954) ha establecido diversas fórmulas basadas en la temperatura media y la altura de precipitación media anual o mensual la ecuación es:

$$U_j = U_{j!} * FC$$

Donde:

$U_j$ = Evapotranspiración corregida o uso consuntivo corregido en el mes j

$U_{j!}$  = Evapotranspiración sin corregir o uso consuntivo sin corregir en el mes j

FC = Factor de corrección

$$FC = \left( \frac{N \text{ de horas de sol}}{12} \right) \left( \frac{N \text{ dias del mes}}{30} \right) \quad ; \quad U_j = 1.6 \left( \frac{10T}{I} \right)^a$$

T = Temperatura media en el mes j, en C°



a y I = Constantes

donde:

$$I = \sum_{j=1}^{12} ij \qquad ij = \left(\frac{Tj}{5}\right)^{1.514}$$

ij = Número de mes

$$a = 675 \times 10^{-9}I^3 + 771 \times 10^{-7}I^2 + 179 \times 10^{-4}I + 0.492$$

Cuadro 22: Método Thornthwaite aplicado a la evapotranspiración.

METODO THORNTHWAITE													
VARIABLE	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	Temperatura media
1 Temperatura mensual (T)	7.01	6.84	6.80	6.14	4.36	2.78	2.55	3.70	5.13	6.39	6.79	7.03	5.5
2 Índice de Calor Mensual (i)	1.67	1.61	1.59	1.36	0.81	0.41	0.36	0.64	1.04	1.45	1.59	1.68	
3 Índice de Calor Anual (I)	14.21	14.21	14.21	14.21	14.21	14.21	14.21	14.21	14.21	14.21	14.21	14.21	
4 Coefic. Experimental de Ajuste (a)	0.73	0.73	0.73	0.73	0.73	0.73	0.73	0.73	0.73	0.73	0.73	0.73	
5 Evapotranspiración sin ajuste (Uj)	51.40	50.49	50.28	46.63	36.29	26.11	24.54	32.24	40.90	48.02	50.18	51.51	508.6
6 N° Max De horas de sol según Latitud(n)	12.90	12.60	12.20	11.80	11.49	11.29	11.39	11.60	12.00	12.40	12.80	12.90	evapotraspiracion anual
7 N° de días del mes (N)	31.00	28.00	31.00	30.00	31.00	30.00	31.00	31.00	30.00	31.00	30.00	31.00	
8 Coeficiente de Corrección (fc)	1.11	0.98	1.05	0.98	0.99	0.94	0.98	1.00	1.00	1.07	1.07	1.11	
9 Evapotranspiración Potencial (Uj)	57.09	49.48	52.82	45.85	35.91	24.57	24.06	32.20	40.90	51.28	53.53	57.22	524.9

FUENTE: Elaboración propia.

La evapotranspiración está condicionada por la cantidad de agua disponible en un momento determinado (precipitación y contenido de humedad en el suelo) la evapotranspiración corregida en la parte alta de la microcuenca es: **Uj = 524.9 mm/año**

### 5.2.4. ESCORRENTIA

En la parte alta de la microcuenca Collini también se hizo cálculo de escorrentía superficial Para la determinación porcentual del agua de lluvia que escurre. Se aplica la relación de JUSTIN quien trata de relacionar factores tales como la pendiente promedio de la cuenca, la precipitación promedio anual y la temperatura media de la cuenca, para tal efecto la fórmula es:

$$Es = 0.183m^{0.157} \frac{P^2}{(160+9T)}$$

Donde:

Es: escorrentía de parte alta de la microcuenca Collini

P: precipitación media anual promedio de la zona 736.157 (mm)

T: temperatura media de la zona 5.46 (°C).

m: pendiente media de la cuenca 57.83%



Aplicando la formula y los datos obtenidos, para la microcuenca Collini.

$$Es = 0.183 * 0.123^{0.157} * \frac{736.157^2}{(160+9*5.46)} = 341.248 \text{ mm}$$

**Es = 341.248 mm en la cabecera de la microcuenca Collini que se escurre.**

% de escurrimiento es: (Es/P) \*100

% de escurrimiento = (341.248mm/736.157mm) \*100

**% de Escurrimiento =46 % (Es el porcentaje de gua que escurre en la parte alta de la microcuenca)**

### 5.2.5. INFILTRACIÓN

Para calcular la infiltración existen varios métodos que pueden ser directos e indirectos, pero en este caso se utilizó con la siguiente expresión matemáticas basadas en las medidas de aforo de las aguas en la salida de la laguna Collini que descarga en forma de riachuelo (m3 /seg):

$$I = \left( \frac{Q_m \cdot t}{S} \right) * 1000$$

Donde:

I: Altura de agua infiltrada anual en mm

Qm: Caudal Medio en (0.0065m3/seg) donde se obtuvo caudal en época estiaje.

T: Tiempo (365 días = 31536000 Seg)

S: superficie de la cuenca (561748 m2)

$$I = \left( \frac{0.0065 * 31536000}{561748} \right) * 1000$$

$$I = 36.49 \text{ mm/año}$$

### 5.2.6. BALANCE HÍDRICO

El balance hídrico se calcula teniendo en cuenta los aportes y las pérdidas de agua. La expresión general del balance del agua expresa la igualdad de los aportes y de las perdidas, calculadas a largo plazo. Estos cálculos son obtenidos mediante la expresión matemática de igualdad siguiente:

$$P = ET + ES + I$$

Donde:

P: totalidad de la capa de agua caída sobre la cabecera de microcuenca Collini.

ET: Evapotranspiración



ES: Escorrentía Superficial

I: Infiltración

$$P = 524.9 \text{ mm/año} + 341.248 \text{ mm /año} + 36.49 \text{ mm/año} = \mathbf{902.638 \text{ mm/año}}$$

La totalidad de la capa caída sobre la microcuenca es de **902.638 mm/año**. La precipitación media anual en la parte alta de la microcuenca Collini es de **736.157 mm/año**.

El balance hídrico entre los aportes y pérdidas de agua, en la cabecera de la cuenca Collini es de **166.481 mm/año**, eso quiere decir que es el valor de las aguas almacenadas en los acuíferos correspondientes a la parte alta de la cuenca.

### 5.2.7. CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO TOPOGRAFICO

Es el almacenamiento topográfico total de agua que se puede almacenar en la cuenca. Para ello se ha calculado la altura topográfica del lugar de posible inundación con respecto a la zona donde se ubica la presa y se ha obtenido una tabla de áreas y volúmenes entre las curvas de nivel:

*Cuadro 23: Datos para el cálculo de la curva Altura-Área-Volumen.*

ALTURA (m.s.n.m.)	AREA ( m2)	AREA ACUMULADA (m2)	ALTURA ACUMULADA	VOLUMEN (m3)	VOLUMEN ACUMULAD A (m3)
4672	36239.51	36239.51	0 m	0.00	0.00
4673	37802.41	74041.91	1 m	37020.96	37020.96
4674	39351.49	113393.40	2 m	38576.95	75597.90
4675	40928.06	154321.45	3 m	40139.77	115737.67
4676	42571.84	196893.29	4 m	41749.95	157487.62
4677	45620.23	232431.01	5 m	44096.03	201583.65



Imagen 6: Levantamiento topográfico según las curvas de nivel. Fuente: Elaboración propia.

Desde la perspectiva de la relación de volumen hidrológico que toda la cuenca puede manejar la cantidad de agua producida por la precipitación es de **191695,3815 m<sup>3</sup>** y la capacidad máxima de su nivel topográfico es capaz de recibir este volumen, por lo que se decidió proponer una estructura de presa con una altura de **5 m**, que permitiría acumular un volumen de **201583.65 m<sup>3</sup>**. Este volumen de agua se aprovechará para diferentes actividades como; riego e incrementar la producción agua para la agricultura y la ganadería.

Cuadro 24: Volumen de agua calculado en m<sup>3</sup>. Fuente: Elaboración propia.

VOLUMEN DEL AGUA EN METROS CUBICOS			
ORIGEN DE RECURSOS HIDRICOS	mm/año	Area de la microcuenca	RECURSOS HIDRICOS EN M3
PRECIPITACION	736.16	561748	413534.72
EVAPOTRANSPIRACION	524.90	561748	294861.53
ESCORRENTIA SUPERFICIAL	341.25	561748	191695.38
INFILTRACION	36.49	561748	20498.18

De acuerdo del cuadro del volumen de los recursos hídricos ya mostradas en el cuadro

En almacenamiento de la presa Collini será por:

- Escorrentía superficial



## CAPITULO VI. HIDROGEOLOGIA

### 6.1. PARÁMETROS HIDRÁULICOS

Las características hidráulicas de un acuífero ya sea de origen libre, semiconfinado o confiado, son cuantificadas con los parámetros de la porosidad eficaz ( $n$ ), permeabilidad ( $K$ ) expresado en m/s o m/día, la transmisibilidad ( $T$ ) expresado en  $m^3/s/m$  o  $m^3/día/m$  y el coeficiente de almacenamiento ( $S$ ) expresado en %. Para la determinación de estos parámetros, se utilizan formulas empíricas realizadas por diferentes autores y/o de ser el caso se realizan ensayos de bombeo a caudal constante, que comprenden la fase de descenso y fase de recuperación. Para la estimación del coeficiente de almacenamiento, en un acuífero, se tienen que controlar uno a más pozos de observación en las cercanías del pozo central o de bombeo.

#### 6.1.1. POROSIDAD EFICAZ ( $n_e$ )

La ubicación del eje proyectado de la presa Collini, se ubican sobre el macizo rocoso del grupo Mitu de materiales volcanosedimentaria (aglomerados y lavas andesíticas), consolidadas y fracturados; según cuadro N° 5, la porosidad eficaz promedio será de 15% para los materiales no consolidados y entre 5% a 10% para los depósitos volcanosedimentaria respectivamente.

#### 6.1.2. POROSIDAD SECUNDARIA EN ROCAS ( $n_f$ )

En la zona de estudio teniendo en cuenta la formula  $n_f = F \cdot a$ , para el cálculo de la porosidad secundaria en un macizo rocoso fracturado, se realizó el cálculo de la porosidad secundaria para los macizos rocosos volcanosedimentaria del Grupo Mitu a continuación, se muestran los cuadros resumen de las ventanas estructurales rocosos mostrando los parámetros evaluados y el valor de porosidad secundaria, ver cuadro N°25.

Es así que los valores de porosidad secundaria para las areniscas se obtuvo una porosidad secundaria de 9.64 %, para las arcosas 5.81 % y para las lavas volcánicas 1.32%, de esta manera en promedio la porosidad secundaria para los macizos volcanosedimentaria del grupo Mitu obtenemos un valor aproximado de **5.6 % en promedio**.



Cuadro 25: Cálculo de la porosidad secundaria. FUENTE: Elaboración propia.

Código	Norte (m)	Este (m)	Altitud (m)	Azmut	Buzamiento	Tipo de Roca y/o litología	Numero Discontinuidad	Distancia lineal (m)	RQD (%)	Apertura (cm)	Porosidad nf %
VE-01	8458136	241999	4742	275	11	Arenisca	16	1.65	74.69	4	9.64
				280	12					3	
				106	15					2.5	
				130	82					12	
				136	80					15	
VE-02	8458023	241683	4799	315	65	Arcosas	19	1.20	53.03	4	5.81
				312	62					3	
				88	65					8	
				85	68					5	
				87	69					5.5	
VE-03	8457921	241914	4726	325	18	Volcanico	12	2.00	87.81	1	1.32
				165	63					1.2	
				162	80					1.5	
				164	65					1.8	
Promedio Porosidad en Fracturas										5.59	

### 6.1.3. PERMEABILIDAD O CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA (K)

La permeabilidad de un material y los factores intrínsecos (propiedades del medio) son aquellos que dependen del propio acuífero, ya que están relacionados con el tamaño de los poros (primaria) y/o con el grado de fracturamiento de los materiales consolidados (secundaria).

Cuadro 26: Valores de permeabilidad. FUENTE: E. Custodio y M. R. Lllamas 2001.

Valores (m/día)	PERMEABILIDAD										
	10 <sup>-6</sup>	10 <sup>-5</sup>	10 <sup>-4</sup>	10 <sup>-3</sup>	10 <sup>-2</sup>	10 <sup>-1</sup>	1	10	10 <sup>2</sup>	10 <sup>3</sup>	10 <sup>4</sup>
CLASIFICACIÓN	Impermeable	Poco permeable	Algo permeable	Permeable	Muy Permeable						
CLASIFICACIÓN DEL ACUIFERO	Acuicludo	Acuitardo	Acuífero Pobre	Acuífero medio a Bueno	Acuífero						
TIPO DE MATERIALES	Arcilla Compactada Pizarra Granito	Limo arenoso Limo Arcilla limosa	Arena fina Arena limosa Caliza Fracturada	Arena limpia grava y arena Arena fina	Grava limpia						

Para la obtención de los parámetros de los materiales geológicos se ha realizado ensayos de permeabilidad in situ, utilizando el método de carga variable. Para la ejecución de este ensayo



se realiza una perforación o zanja y se instala un tubo donde se cubre la parte externa del tubo implantado con material impermeable (arcilla) para que no exista escape de agua a la superficie, luego se llena con agua el tubo, la que luego podrá filtrarse hacia el suelo y/o roca.

La tasa de cambio del nivel superficial de agua se observa mediante la profundidad del nivel de agua debajo del extremo superior del tubo a 2 y 5 minutos luego de haber empezado el ensayo y luego a intervalos de 5 minutos hasta que la diferencia entre lecturas consecutivas sea despreciable o el número de lecturas permita determinar satisfactoriamente la permeabilidad. Para tales pruebas se ha utilizado un tubo de 80cm de longitud y 2” de diámetro.



*Foto 13: Ensayo de permeabilidad K-01.*



Cuadro 27: Cálculo de conductividad k-01. FUENTE: Propia.

ENSAYO DE PERMEABILIDAD		K-01		
N° DE ENSAYO:	1	L	longitud de tramo de ensayo	55.00 cm
FORMACION:	Depositos fluvioglaciares	D	diametro de tubo	5.08 cm
LUGAR:	Laguna Collini	S	area de tramo de ensayo	20.268 cm <sup>2</sup>
DISTRITO:	Pitumarca	ho	prof. Inicial del agua (t=0)	0.00 cm
PROVINCIA:	Canchis	hn	prof. Nivel de agua en tn	
FECHA DE ENSAYO:	2022	R	Radio de tubo	2.54 cm
POOYECCION:	WGS 84	C	Coficiente de forma de la cavidad	14.478 cm
ZONA:	19L			
ESTE:	241757			
NORTE:	8458051			
ALTITUD:	4720			
			Hora de inicio	14:10:00
			Hora de inicio	15:30:00

Ensayo con nivel variable						Ensayo con nivel constante					
tiempo	Δh (cm)	H (cm)	V (cm <sup>3</sup> )	Q (cm <sup>3</sup> /seg)	K (cm/seg)	tiempo	Δh (cm)	H (cm)	ΔH (cm)	Q (cm <sup>3</sup> /seg)	Q (cm <sup>3</sup> /seg)
0	0	55.00	0.00	0.00		0					
2	1.20	53.80	1.52	20.40	0.2532	0.0001800	2				
4	1.20	51.60	1.70	24.48	0.2824	0.0001942	4				
6	1.20	49.40	2.10	30.24	0.3547	0.0001307	6				
8	1.20	47.20	2.20	34.56	0.3216	0.0001370	8				
10	1.20	44.80	2.70	36.72	0.4560	0.0001707	10				
15	3.00	40.40	4.40	60.18	0.2872	0.0001204	15				
20	2.00	35.40	4.50	61.20	0.3040	0.0001372	20				
							25				
							30				

**CALCULO DE COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD (K=cm/seg):**

$$K = \frac{\pi R^2}{4 * C * (\tau_2 - \tau_1)} * \ln\left(\frac{H_1}{H_2}\right)$$

V = Volumen (cm<sup>3</sup>)  
 Δt = Tiempo de ensayo (cm)  
 Δh(t) = Variación de altura (cm)  
 Q = Caudal (cm<sup>3</sup>/seg)  
 K = Coeficiente de permeabilidad (cm/seg)  
 R = radio de tubo  
 C = Coeficiente de forma de la cavidad (cm)

**CALCULO DE CAUDAL (cm<sup>3</sup>/seg):**

$$Q = V/t = 0.332 \text{ cm}^3/\text{seg}$$
  

OBSERVACIONES:	K	Valor	Unidad
		1.22E-05	cm/seg
		4.41E-01	cm/hora
		1.06E-02	m/dia



Cuadro 28: Cálculo de conductividad k-02. FUENTE: Propia.

E+A3:J39NSAYO DE PERMEABILIDAD				K-02																																																																																																
N° DE ENSAYO:	2		L	longitud de tramo de ensayo	60.00 cm																																																																																															
FORMACION:	Volcanosedimentario Mitu		D	diametro de tubo	5.08 cm																																																																																															
LUGAR:	Laguna Collini		S	area de tramo de ensayo	20.268 cm <sup>2</sup>																																																																																															
DISTRITO:	Pitumarca		h <sub>0</sub>	prof. Inicial del agua (t=0)	0.00 cm																																																																																															
PROVINCIA:	Canchis		h <sub>n</sub>	prof. Nivel de agua en tn																																																																																																
FECHA DE ENSAYO:	2022		R	Radio de tubo	2.54 cm																																																																																															
POOYECCION:	WGS 84		C	Coefficiente de forma de la cavidad	14.478 cm																																																																																															
ZONA:	19L																																																																																																			
ESTE:	241985																																																																																																			
NORTE:	8458022																																																																																																			
ALTITUD:	4725		Hora de inicio	14:50:00																																																																																																
			Hora de inicio	15:20:00																																																																																																
<p>Ensayo con nivel variable</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>h<sub>0</sub> (cm)</th> <th>h<sub>n</sub> (cm)</th> <th>t (min)</th> <th>V (cm<sup>3</sup>)</th> <th>Q (cm<sup>3</sup>/min)</th> <th>k (cm/s)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>100</td><td>50</td><td>1.00</td><td>30.40</td><td>30.40</td><td>0.000178</td></tr> <tr><td>100</td><td>50</td><td>1.20</td><td>28.15</td><td>23.46</td><td>0.000190</td></tr> <tr><td>100</td><td>50</td><td>1.40</td><td>25.15</td><td>17.96</td><td>0.000205</td></tr> <tr><td>100</td><td>50</td><td>1.60</td><td>22.15</td><td>13.84</td><td>0.000203</td></tr> <tr><td>100</td><td>50</td><td>1.80</td><td>19.15</td><td>10.64</td><td>0.000203</td></tr> <tr><td>100</td><td>50</td><td>2.00</td><td>16.15</td><td>8.08</td><td>0.000214</td></tr> <tr><td>100</td><td>50</td><td>2.20</td><td>13.15</td><td>5.98</td><td>0.000209</td></tr> </tbody> </table>		h <sub>0</sub> (cm)	h <sub>n</sub> (cm)	t (min)	V (cm <sup>3</sup> )	Q (cm <sup>3</sup> /min)	k (cm/s)	100	50	1.00	30.40	30.40	0.000178	100	50	1.20	28.15	23.46	0.000190	100	50	1.40	25.15	17.96	0.000205	100	50	1.60	22.15	13.84	0.000203	100	50	1.80	19.15	10.64	0.000203	100	50	2.00	16.15	8.08	0.000214	100	50	2.20	13.15	5.98	0.000209	<p>Grupo con nivel constante</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>h<sub>0</sub> (cm)</th> <th>h<sub>n</sub> (cm)</th> <th>t (min)</th> <th>V (cm<sup>3</sup>)</th> <th>Q (cm<sup>3</sup>/min)</th> <th>k (cm/s)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>100</td><td>50</td><td>1.00</td><td>30.40</td><td>30.40</td><td>0.000178</td></tr> <tr><td>100</td><td>50</td><td>1.20</td><td>28.15</td><td>23.46</td><td>0.000190</td></tr> <tr><td>100</td><td>50</td><td>1.40</td><td>25.15</td><td>17.96</td><td>0.000205</td></tr> <tr><td>100</td><td>50</td><td>1.60</td><td>22.15</td><td>13.84</td><td>0.000203</td></tr> <tr><td>100</td><td>50</td><td>1.80</td><td>19.15</td><td>10.64</td><td>0.000203</td></tr> <tr><td>100</td><td>50</td><td>2.00</td><td>16.15</td><td>8.08</td><td>0.000214</td></tr> <tr><td>100</td><td>50</td><td>2.20</td><td>13.15</td><td>5.98</td><td>0.000209</td></tr> </tbody> </table>		h <sub>0</sub> (cm)	h <sub>n</sub> (cm)	t (min)	V (cm <sup>3</sup> )	Q (cm <sup>3</sup> /min)	k (cm/s)	100	50	1.00	30.40	30.40	0.000178	100	50	1.20	28.15	23.46	0.000190	100	50	1.40	25.15	17.96	0.000205	100	50	1.60	22.15	13.84	0.000203	100	50	1.80	19.15	10.64	0.000203	100	50	2.00	16.15	8.08	0.000214	100	50	2.20	13.15	5.98	0.000209	
h <sub>0</sub> (cm)	h <sub>n</sub> (cm)	t (min)	V (cm <sup>3</sup> )	Q (cm <sup>3</sup> /min)	k (cm/s)																																																																																															
100	50	1.00	30.40	30.40	0.000178																																																																																															
100	50	1.20	28.15	23.46	0.000190																																																																																															
100	50	1.40	25.15	17.96	0.000205																																																																																															
100	50	1.60	22.15	13.84	0.000203																																																																																															
100	50	1.80	19.15	10.64	0.000203																																																																																															
100	50	2.00	16.15	8.08	0.000214																																																																																															
100	50	2.20	13.15	5.98	0.000209																																																																																															
h <sub>0</sub> (cm)	h <sub>n</sub> (cm)	t (min)	V (cm <sup>3</sup> )	Q (cm <sup>3</sup> /min)	k (cm/s)																																																																																															
100	50	1.00	30.40	30.40	0.000178																																																																																															
100	50	1.20	28.15	23.46	0.000190																																																																																															
100	50	1.40	25.15	17.96	0.000205																																																																																															
100	50	1.60	22.15	13.84	0.000203																																																																																															
100	50	1.80	19.15	10.64	0.000203																																																																																															
100	50	2.00	16.15	8.08	0.000214																																																																																															
100	50	2.20	13.15	5.98	0.000209																																																																																															
<p>GRÁFICO DE CONDUCTIVIDAD PERMEABILIDAD (cm/s)</p> $k = \frac{\pi R^2}{4 \cdot C \cdot (t_2 - t_1)} \cdot \ln\left(\frac{h_1}{h_2}\right)$ <p>V = Volumen (cm<sup>3</sup>)  t<sub>1</sub> = tiempo de ensayo (min)  t<sub>2</sub> = tiempo de otro (min)  Q = Caudal (cm<sup>3</sup>/min)  k = Coeficiente de permeabilidad (cm/s)  R = radio de tubo  C = Coeficiente de forma de la cavidad (cm)</p>		<p>GRÁFICO DE CAUDAL (cm<sup>3</sup>/min)</p> $Q = V/t$ <p>0.004 cm<sup>3</sup>/seg</p>																																																																																																		
OBSERVACIONES:		K	2.81E-05	cm/seg																																																																																																
			1.01E-01	cm/hora																																																																																																
			2.43E-02	m/dia																																																																																																

Por tanto, los valores de Permeabilidad o conductividad Hidráulica de las unidades geológicas donde se emplazan el eje proyectado de la presa Collini quedarían de la siguiente manera (ver Cuadro N°23):

Cuadro 29: Grado de conductividad y permeabilidad. FUENTE: Propia.

Caracterización hidrogeológica	Litología	Grado de Permeabilidad	Conductividad Hidráulica (K= cm/s)
Formaciones consolidadas fisuradas, con acuíferos locales discontinuos productivos, o acuíferos extensos, pero moderadamente productivos (permeabilidad media), no excluye la existencia en profundidad de otros acuíferos cautivos y más productivos.	Depósitos Fluvioglaciares	Algo permeable	1.22*10 <sup>-5</sup>
	Conglomerado Fracturado Gpo Mitu	Algo permeable	2.81*10 <sup>-5</sup>



#### 6.1.4. COEFICIENTE DE ALMACENAMIENTO (S)

Este coeficiente puede definirse como el volumen de agua que un acuífero es susceptible de liberar (o tomar) por unidad de superficie como resultado del cambio (aumento o disminución) de una unidad en el nivel piezométrico. De forma análoga a la transmisividad, el coeficiente de almacenamiento puede expresarse como:

$$S = S_s * b$$

Donde:

S: Coeficiente del almacenamiento

S<sub>s</sub>: Almacenamiento específico (m<sup>-1</sup>)

b: Espesor saturado (m)

Se trata de un parámetro adimensional y su valor depende de si el acuífero es confinado o no confinado para así tener en cuenta el cálculo del almacenamiento específico o del rendimiento específico.

#### 6.1.5. RENDIMIENTO ESPECIFICO (S<sub>y</sub>)

Se define a la porosidad drenable o rendimiento específico, Specific yield (S<sub>y</sub>) como el volumen de agua liberada por una columna de acuífero libre de área unitaria (por acción de la gravedad), por un descenso unitario de la carga hidráulica.

El rendimiento específico depende de la duración de drenaje, temperatura, composición mineral de agua, tamaño de grano y otras características texturales del material del acuífero, entonces la relación entre la capacidad de almacenamiento y la compresibilidad del material del acuífero y del agua puede ser expresado como:

$$S = S_y$$

$$S_y = b\rho g n \left( \beta + \frac{\alpha}{n} \right)$$

Donde:

S: Coeficiente de almacenamiento (adimensional)

S<sub>y</sub>: Rendimiento específico (adimensional)

b: Espesor saturado del acuífero (m)



- $\rho$ : Densidad del agua (kg/m<sup>3</sup>)
- $g$ : Aceleración de la gravedad (m/s<sup>2</sup>)
- $\alpha$ : Compresibilidad del terreno(m<sup>2</sup>/N)
- $\beta$ : Compresibilidad del agua (m<sup>2</sup>/N)
- $n$ : Porosidad (%)

La compresibilidad del agua ( $\beta$ ), es el módulo de compresibilidad del agua:

$$B = \frac{\Delta p}{\frac{\Delta V_w}{V_w}}; \Delta V_w = \frac{1}{B} \cdot \Delta p \cdot V_w = \beta \cdot \rho g l \cdot m e \cdot 1 \cdot 1 \cdot b = \beta \gamma \gamma m e b$$

De donde tenemos que el módulo de compresibilidad del agua subterránea, equivale a:

$$\beta = 4.4 \cdot 10^{-10} \text{ m}^2/\text{N}$$

Cuadro 30: Parámetros para el cálculo del coeficiente de almacenamiento. FUENTE: Propia.

Litología	b (m)	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$g$ (m/s <sup>2</sup> )	$\alpha$ (m <sup>2</sup> /N)	$\beta$ (m <sup>2</sup> /N)	$n$ (%)
Depósitos Fluvioglaciares	11.5	1000	9.8	5.05E-09	4.40E-10	15.0
Conglomerado Fracturado Gpo Mitu	48.0	1000	9.8	5.05E-09	4.40E-10	5.6

Cuadro 31: Clasificación del tipo de acuífero de acuerdo al rendimiento Sy. FUENTE:

Asociación Internacional de Hidrogeólogos (AIH) 1983.

TIPO DE ACUIFERO	EXPONENCIAL
Libre	<10 <sup>-3</sup>
Semiconfinado	10 <sup>-2</sup> a 10 <sup>-3</sup>
Confinado	>10 <sup>-4</sup>

Cuadro 32: Valores de Sy en las unidades hidrogeológicas. FUENTE: Propia.

Litología	Sy
Depósitos Fluvioglaciares	1.31E-03
Conglomerado Fracturado Gpo Mitu	3.53E-03

Entonces se evidencia y se concluye que en los depósitos fluvioglaciares y las rocas volcanosedimentaria del grupo Mitu, conforman **acuíferos de tipo libre**, por tanto, el coeficiente de almacenamiento (S) es igual al rendimiento específico (Sy) con valores de **1.31 X 10<sup>-3</sup>** y **S = 3.53 X 10<sup>-3</sup>** correspondientemente (ver Cuadro N°28).

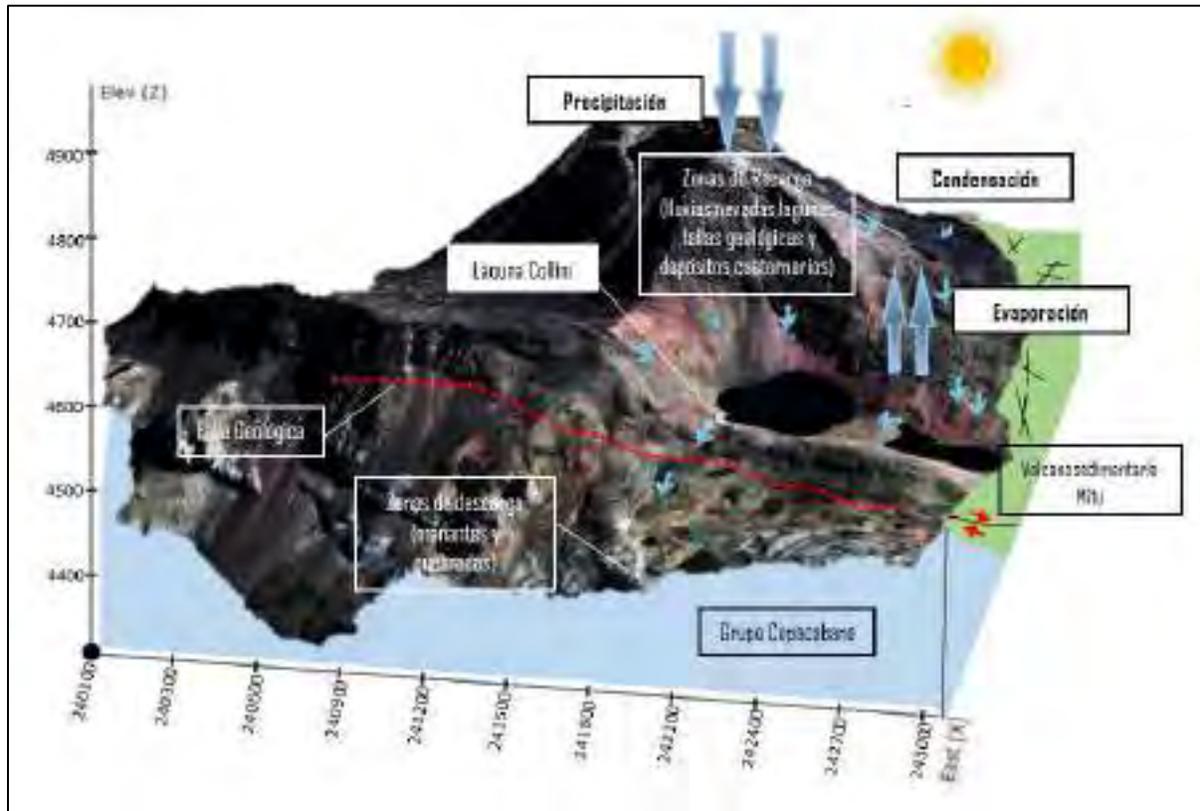


Figura 18: Modelo conceptual Proyecto Collini.

FUENTE: Propia.



## **CAPITULO VII. GEODINÁMICA**

### **7.1. GEODINÁMICA INTERNA**

El Perú está situado dentro de mayores zonas de sismicidad del mundo, a causa de la acción de subducción de la Placa de Nazca bajo la Placa Sudamericana, proceso que da origen a un sinfín de sismos con focos a diversos niveles de profundidad. Sin embargo, no es una constante necesaria en todo el territorio peruano. Una segunda fuente lo constituye la zona continental, que son formaciones de fallas de diversas longitudes con la consecuente ocurrencia de sismos de magnitudes menores en intensidad.

En nuestra zona de estudio los sistemas de fallamiento, fracturamiento y diaclasamiento indicados, se originaron por las fuertes contracciones sufridas del macizo rocoso durante su etapa de enfriamiento, además de la ocurrencia de sismos tectónicos en tiempos geológicos, todo lo cual, ha ocasionado el debilitamiento estructural del macizo circundante, Cerros de Collini, Yana Orco.

### **7.2. SISMICIDAD DE LA ZONA DE INFLUENCIA**

En general, la información detallada sobre la actividad sísmica en un área en particular se codifica en los registros históricos e instrumentales, que generalmente son más precisos para representar la ubicación de los hipocentros y la magnitud de los eventos sísmicos que ocurrieron.

La información sísmica histórica e instrumental junto con los estudios geológicos y tectónicos permiten definir fuentes sísmicas en regiones específicas y caracterizarlas por sus parámetros sismológicos.

### **7.3. SISMICIDAD HISTÓRICA DEL ÁREA DE INFLUENCIA DE LA ZONA DE ESTUDIO**

Los registros de sismicidad histórica pueden ayudar a identificar firmas sísmicas en un lugar determinado. Los registros históricos de impactos sísmicos pueden confirmar la ocurrencia de eventos sísmicos pasados y estimar la distribución geográfica de su magnitud.

La recopilación de suficiente información en el registro histórico de sismicidad puede determinar la intensidad máxima en el área y estimar el epicentro y la magnitud del terremoto. Además, dado que los registros históricos contienen información sobre las fechas de los



terremotos, pueden utilizarse para evaluar las tasas de recurrencia de terremotos y la sismicidad en regiones específicas.

Los escritos de Silgado son una fuente esencial para comprender la actividad sísmica que se presenta en el área afectada y sus aspectos relacionados, proporcionando una recopilación de datos primarios sobre eventos sísmicos en el Perú desde 1513. A continuación, se presentan los sismos más importantes que afectaron a la región y cuya historia se conoce.

Cuadro 33: *Sismos que afectaron la zona de estudio. FUENTE: IGP (Instituto Geofísico del Perú).*



Fecha	Magnitud	Nombre	Epicentro	Zonas afectadas
12/5/1650	7,5	Cusco 1650	Cerca del Cuzco, actual Departamento de Cuzco.	Sur y centro del Perú
19/11/ 1744	6,0	Cuzco de 1744	Cerca de Cuzco	Actual departamento de Cuzco.
11/02/ 1746	7,0	Urcos de 1746	Pueblo de Urcos, cerca de Cuzco	Actual departamento de Cuzco.
18/06/1931	7,0	Tinta de 1931	Tinta, provincia de Canchis, departamento del Cuzco	Afectados los pueblos de Tinta, Checacupe, Sicuani y Yanaoca.
5/03/1938	6,0	Acopía de 1938	Acopía, provincia de Acomayo, departamento del Cuzco	Pueblo de Acopía.
23/06/1939	6,0	Acomayo y Canas de 1939	Distrito de Pomacanchi, provincia de Acomayo, departamento del Cuzco	Provincias de Acomayo y Canas
18/09/1941	7,0	Cuzco de 1941	Cerca del Cuzco, departamento del Cuzco	Dptos. de Cuzco y Apurímac.
30/01/1943	7,0	Yanaoca y Pampamarca de 1943	Distrito de Yanaoca, provincia de Canchis, departamento de Cuzco.	Pueblos de Yanaoca y Pampamarca.
21/05/1950	7,0	Cuzco de 1950	Cerca del Cuzco, departamento del Cuzco.	Dpto. del Cuzco.
8/11/1961	6,0	Acos de 1961	Distrito de Acos, provincia de Acomayo, departamento de Cuzco	Pueblos de Acos y Acomayo
8/05/1965	6,0	Urcos de 1965	Distrito de Urcos, provincia de Quispicanchi, departamento de Cuzco	Pueblo de Urcos.
6/04/, 1986	6,0	Cuzco de 1986	Límites de los dptos. de Cuzco y Madre de Dios	Región Central-Sur.

### 7.3.1. MAPA DE ZONIFICACIÓN SÍSMICA

El territorio nacional se considera dividido en tres zonas sísmicas, esta zonificación está basada en la distribución espacial de la sismicidad observada, las características generales de los movimientos sísmicos y la atenuación de éstos con la distancia epicentral, así como en información neotectónica. Esta ha sido delimitada por el IGP.



El área del Proyecto en base a esta zonificación se halla en la **zona 2**, tal como se puede apreciar en la figura N°19.

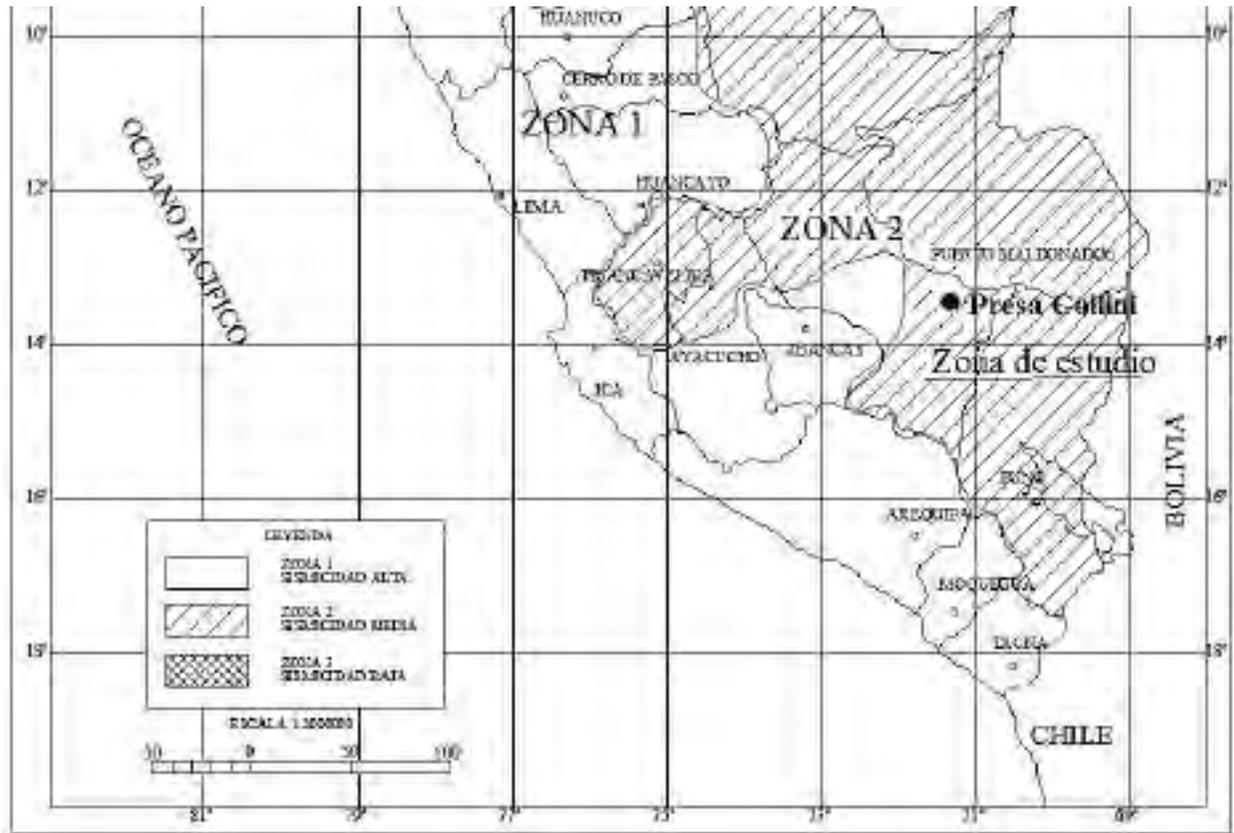


Figura 19: Zonificación sísmica. Fuente IGP

### 7.3.2. MAPA DE MÁXIMAS INTENSIDADES

El mapa de intensidades para el área de estudio corresponde a una **intensidad máxima registrada de grado VI** en la escala de Mercalli, de acuerdo al IGP, los resultados obtenidos para la Región muestran una distribución esporádica en la parte central donde se presentan sismos superficiales menores a 70 Km. de profundidad.

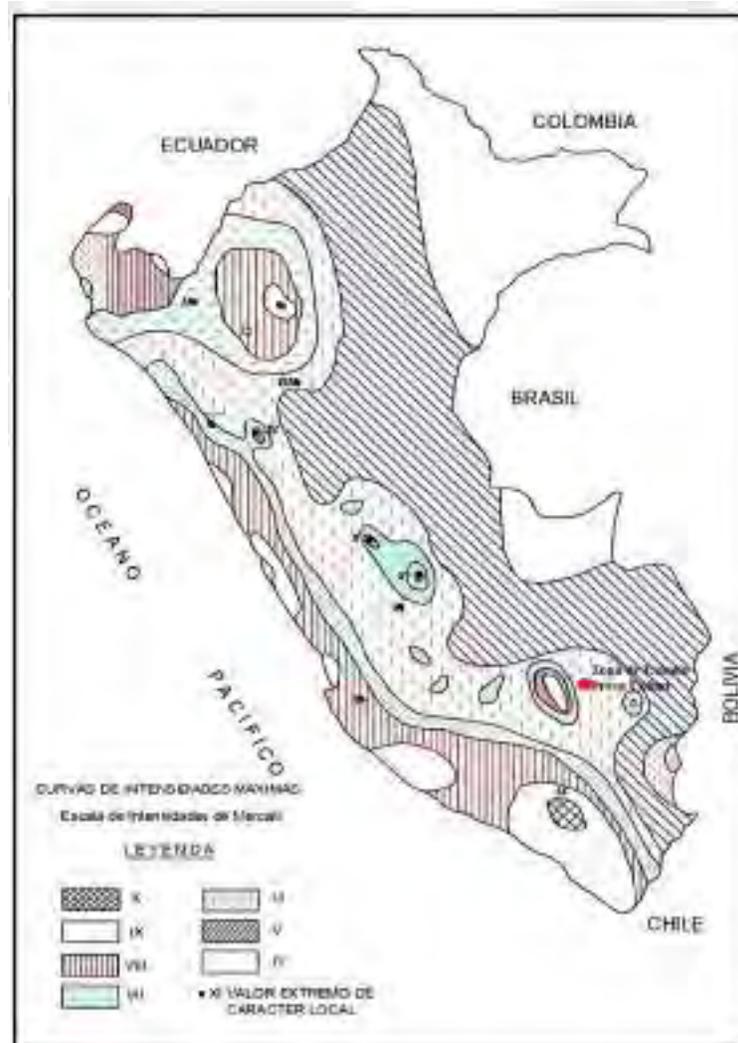
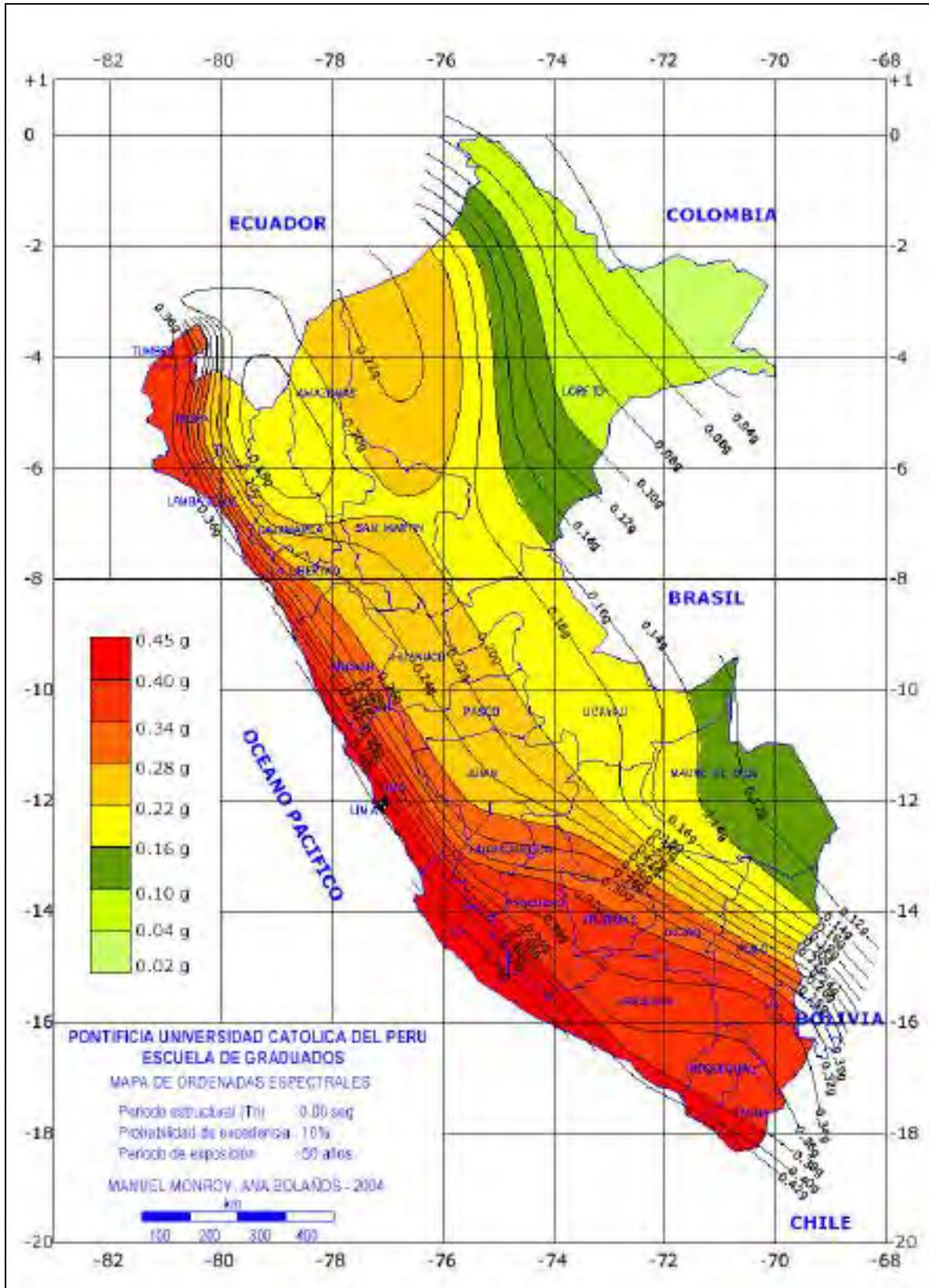


Figura 20: Mapa de intensidades máximas en la escala de Mercalli. Fuente: IGP

### 7.3.3. MAPA DE ACELERACIONES SÍSMICAS

Los parámetros de aceleración sísmica para la zona del Proyecto corresponden a valores entre **0.18g a 0.22g**, que se muestra en el mapa correspondiente.



Mapa 7: Aceleraciones sísmicas en el área de estudio. FUENTE: IGP.



## 7.4. EVALUACIÓN DEL PELIGRO SÍSMICO

Se ha evaluado del peligro sísmico del área de influencia de la presa Collini, considerando el enfoque probabilístico por la necesidad de determinar la ocurrencia de eventos sísmicos potencialmente destructivos.

- Según la distribución epicentral, existe una extensión de actividad superficial que se manifiesta principalmente en la variante del Pacífico de la Cordillera Occidental, particularmente la definición de agrupaciones sísmicas superficiales. Asimismo, existe un grupo importante delimitado en la región Norte de Chile y Sur del Perú, los cuales representa fuentes potenciales de actividad sísmica.
- El estudio Probabilístico proporciona valores máximos de aceleración, que pueden ser usados en la determinación de espectros sísmicos del diseño de la Presa Collini, se han distribuido valores de aceleraciones para el área de influencia del Proyecto.
- La zona de estudio en la Presa Collini, los valores de aceleraciones máximas para tiempos de exposición de 50 años, 100 años y 500 años son de 0.15g, 0.17g y 0.21g respectivamente, para los análisis de estabilidad de esta presa, se pueden tomar los valores a la eventualidad de generación de sismos a mayor incidencia generalmente usados como son 0.15 g.

*Cuadro 34: Evaluación de peligro sísmico. FUENTE: Elaboración propia.*

Periodo de retorno	Aceleración			Velocidad			Desplazamiento		
	30	50	100	30	50	100	30	50	100
Parámetros	0.15	0.17	0.21	5.0	7.0	9.5	2.1	2.4	3.3

## 7.5. GEODINÁMICA EXTERNA

Para poder comprender los fenómenos de la Geodinámica Externa de la laguna Collini, es necesario primeramente identificar los factores físicos que presenta el conjunto: nevados + piso del valle = Anfiteatro:

### 7.5.1. FACTORES FÍSICOS

Los nevados circundantes presentan una altura promedio de 4950 m.s.n.m. y el piso del anfiteatro de 4650 m.s.n.m., siendo la diferencia promedio de altura de 300 m.



- Las temperaturas que presenta la zona son variadas y fluctúan entre amplios márgenes, entre el día y la noche, también de acuerdo a las estaciones del año.
- Las aguas que provienen de las precipitaciones pluviales y las contenidas en los nevados en forma nieve, se transforman permanentemente entre sus estados sólido, líquido y gaseoso, con la consiguiente liberación de gran cantidad de energía hidráulica, que actúa sobre todo el conjunto.
- El macizo rocoso de los nevados circundantes, presenta varios sistemas de fallamiento, diaclasamiento, fisuramiento, y plegamiento, lo que debilita significativamente la roca madre en su integridad.
- Los fuertes vientos que azotan a la zona en forma permanente, liberando gran cantidad de energía eólica que incide directamente sobre todo en conjunto nevado-anfiteatro.
- La fuerza de la gravedad, es otro factor físico importante que se tiene en cuenta en el análisis de la Geodinámica Externa.
- Los fenómenos eventuales como son los sismos, afectan la zona, por lo que constituye otro factor físico incidente en la Geodinámica de la zona.

El papel protagónico que desempeñan los fenómenos descritos, y que dan lugar a la modificación geomorfológica permanente de la naturaleza, se le ha denominado como la Geodinámica Externa.

Los procesos geodinámicos mencionados han dado lugar a la formación de las tres zonas geomorfológicas indicadas, las mismas que permiten la formación de las lagunas como la de Collini. La investigación afirma que el lugar **de asentamiento del eje de la presa es una zona libre de peligro geológico.**



## CAPITULO VIII. GEOTECNIA

### 8.1. PROSPECCION GEOTECNIA

#### 8.1.1. PROSPECCIÓN A TRAVÉS DE CALICATAS

Para asegurar la factibilidad de desarrollar los trabajos que se realizaron en campo, se requirió de personal para excavar las calicatas e instrumentación de, picos, barretas y palas. Se tubo como referencia para la realización de los ensayos “La Norma Técnica Peruana NTP 339.162”, que es una guía estándar para caracterizar la zona de estudio con fines de diseño en ingeniería y construcción, para identificar la estratigrafía de las calicatas, así como para la adquisición y transporte de muestras de campo, de acuerdo a la normatividad E.050. Luego se realizaron los correspondientes ensayos físicos y mecánicos del suelo.

##### 8.1.1.1. EXCAVACION Y DESCRIPCION DE CALICATAS

Se realizaron excavaciones y una descripción de las calicatas para determinar las propiedades físicas y mecánicas y perfil del suelo basado en las características del suelo. Estas excavaciones se realizaron con ayuda de obreros, una vez elaborado las calicatas se realizaron los registros estratigráficos, continuo a esto se realizó los ensayos de mecánica de suelos.

*Cuadro 35: Norma NTP 339.151; para la extracción y transporte de muestras.*

NORMAS PARA LA EXTRACCION Y TRANSPORTE DE MUESTRAS				
Tipo de muestra	Norma aplicable	Formas de obtener y Transporta	Estado de muestra	Características
Muestra Inalterada en bloque	NTP 339.151 (ASTM D4220) Practicas Normalizadas para la Preservación y Transporte de Muestras de Suelos	Bloques	Inalterada	Debe mantenerse inalteradas las propiedades físicas y mercanicas del suelo en su estado natural al momento del muestreo (Es aplicable precisamente en suelos cohesivos, rocas blandas o suelos granulares finos suficientemente cementados para permitir su obtención)
Muestra alterada en bolsa de plastico		Con bolsa de plastico	alterada	Debe mantenerse inalterada la granulometría del suelo en su estado natural al momento del muestreo.



Foto 14: Prospección a través de calicatas manuales. FUENTE: Propia.

### 8.1.1.2. ENSAYOS REALIZADOS EN LABORATORIO

Las pruebas que se describen a continuación se llevaron a cabo en el Laboratorio de Suelos y Materiales “GEOLOGIA, GEOFISICA Y GEOTENIA” (GEODITA) de acuerdo a las normas que corresponde a cualquier ensayo realizado.

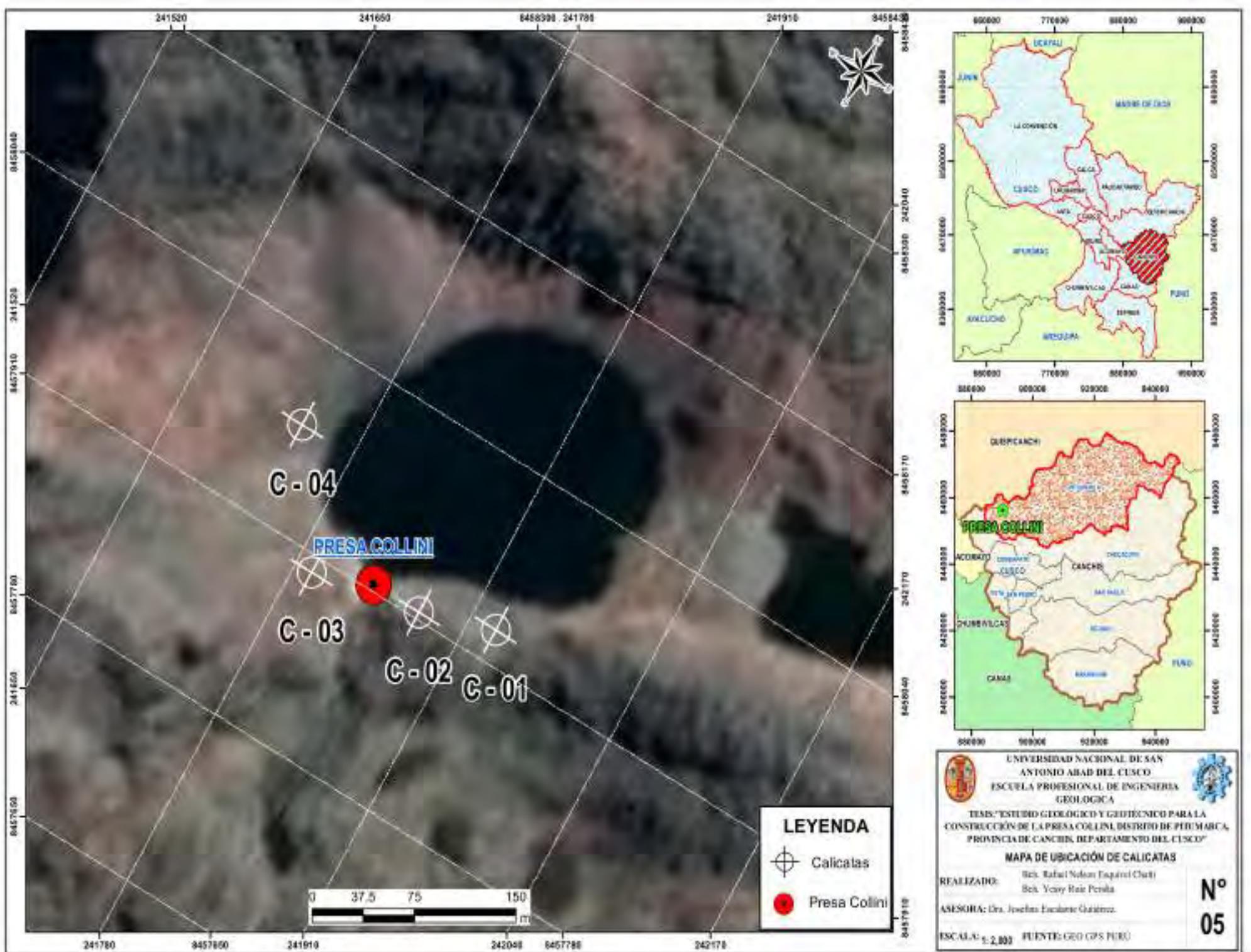
- Determinación del contenido de humedad de un suelo
- Análisis granulométrico de suelos por tamizado
- Determinación del límite líquido de los suelos
- Determinación del límite plástico (L.P.) de los suelos e índice de plasticidad (I.P.)

### 8.1.1.3 Ubicación de las calicatas

Se realizaron 04 calicatas próximas al eje planteado a profundidades entre los rangos de 1.20-1.50m, posterior a esto los datos servirán para la determinar el perfil y caracterización del suelo.

Cuadro 36: Ubicación y profundidad de las calicatas realizadas en la zona de estudio. Fuente propia.

UBICACIÓN DE CALICATAS				
CODIGO	ZONA	COORDENADAS UTM (WGS-84)		Profundidad(m)
		ESTE	NORTE	
C-01	19L	241930.26	8457933.99	1.50
C-02		241875.97	8457915.12	1.20
C-03		241793.06	8457899	1.50
C-04		241737.64	8457982	1.40



Mapa 8: Ubicación de las calicatas. Elaboración propia.



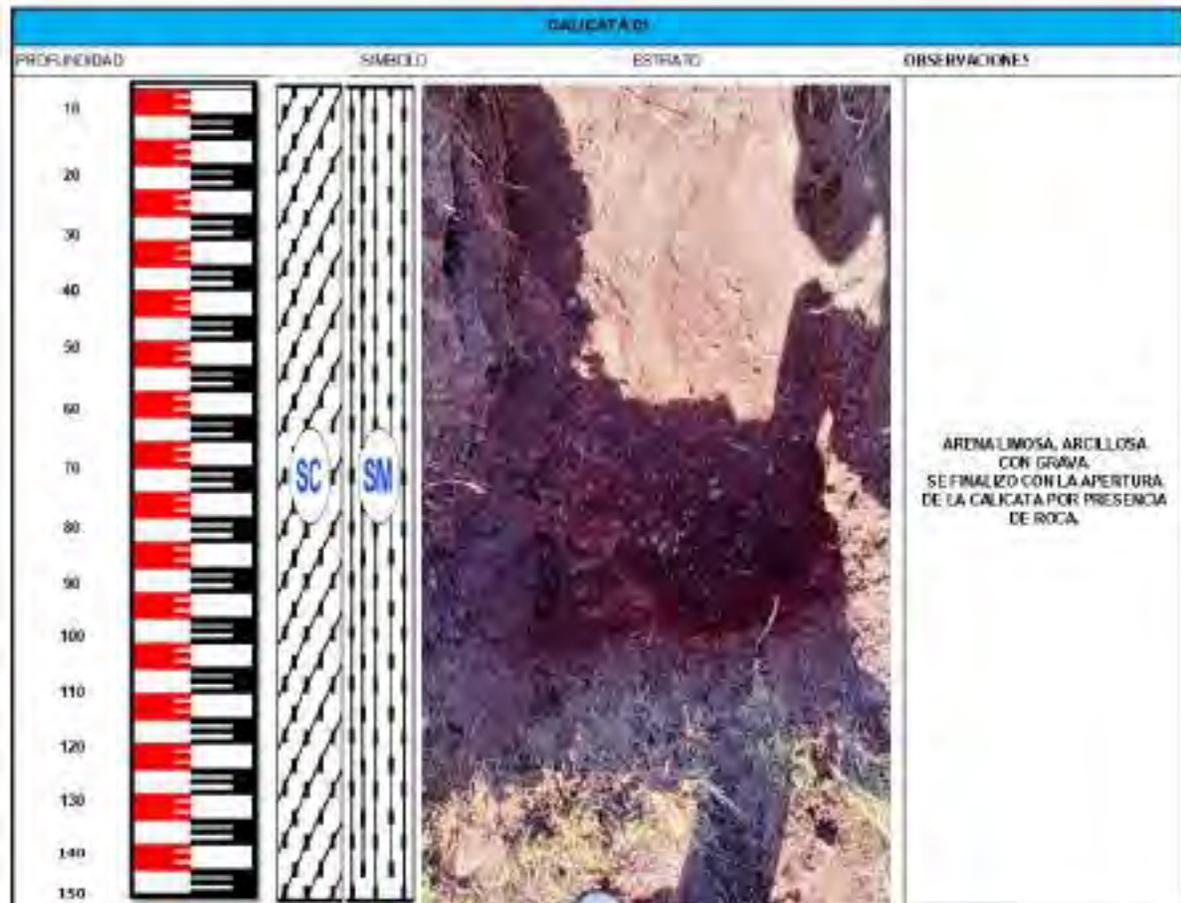
#### 8.1.1.4. Descripción de calicatas

Se describió las calicatas para conocer las propiedades físico-mecánicas y el espesor del material suelto que están dentro del área donde se emplazara el eje de la presa.

**Calicata 01.-** Está ubicada en el estribo derecho, se realizó hasta una profundidad de 1.50 m de color marrón rojizo de baja plasticidad con presencia de material gravoso anguloso, de acuerdo al sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS) es un tipo de suelo “SC Y SM” (Arena limoso, Arcilla con grava). Y por el sistema AASHTO como suelos de tipo A-4 (1), se describe en el siguiente cuadro:

Cuadro 37: Perfil estratigráfico de la calicata 01.

	<b>PERFIL ESTRATIGRAFICO</b>		COORD	1080.00000000
			REALIZADO POR	J.D.T
			REVISADO POR	J.D.T
			FECHA	07/06/2021
PROYECTO	ESTUDIO GEOLÓGICO Y GEOTÉCNICO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA PRESA COLLINI, DISTRITO DE PITUMARCA, PROVINCIA DE CANCHIS, DEPARTAMENTO DEL CUSCO.			
SOLICITA	YESSY RUIZ PERALTA			
	RAFAEL NELSON ESQUIVEL CHAÑI			
UBICACIÓN	DISTRITO DE PITUMARCA, PROVINCIA DE CANCHIS, DEPARTAMENTO DEL CUSCO.			
<b>I. Datos Generales</b>				
PRESENCIA	PRESA COLLINI			
CLASIFICACIÓN	C-101			
MATERIAL	ARENA LIMOSA ARCILLOSA CON GRASA			
PROFUND. (m)	1.6			



**Calicata 02.-** Está ubicada en el estribo derecho, se realizó hasta una profundidad de 1.20 m de color marrón rojizo de baja plasticidad con presencia de material gravoso anguloso, de acuerdo al sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS) es un tipo de suelo “SC Y SM” (Arena limoso, Arcilla con grava). Y por el sistema AASHTO como suelos de tipo A-2-4 (0), se describe en el siguiente cuadro:



Cuadro 38: Perfil estratigráfico de la calicata 02.

	<h3>PERFIL ESTRATIGRAFICO</h3>		CÓDIGO: GGG-0004-2002
			REALIZADO POR: J.D.T
			REVISADO POR: J.D.T
			FECHA: 00/00/01
<b>PROYECTO:</b> ESTUDIO GEOLÓGICO Y GEOTÉCNICO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA PRESA COLLINI DISTRITO DE PITUMARCA, PROVINCIA DE CANCHIS, DEPARTAMENTO DEL CUSCO.			
<b>INDICATA:</b> YESSY RUIZ PERALTA			
<b>UBICACIÓN:</b> KARAPETI (VIA) EN EL CANTÓN CHAMPA			
DISTRITO DE PITUMARCA, PROVINCIA DE CANCHIS, DEPARTAMENTO DEL CUSCO			
<b>I. Datos Generales</b>			
<b>PROYECTO:</b> PRESA COLLINI			
<b>CALICATA:</b> C-02			
<b>MUESTRA:</b> ARENA LIMOSA, ARCILLOSA CON GRAVA			
<b>PROFUNDIDAD:</b> 1.2			



**Calicata 03.-** Está ubicada en el estribo izquierdo, se realizó hasta una profundidad de 1.50 m de color rojo violáceo con baja plasticidad, presenta gravas angulosas a subangulosas, de acuerdo al sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS) es un tipo de suelo “SC Y SM” (Arena limoso, Arcilla con grava). Y por el sistema AASHTO como suelos de tipo A-4- (0), se describe en el siguiente cuadro:



Cuadro 39: Perfil estratigráfico de la calicata 03.



**Calicata 04.-** Está ubicada en el vaso de la presa, se realizó hasta una profundidad de 1.50 m de color rojo violáceo y de alta plasticidad con gravas angulosas a subangulosas de diámetro que varían de 2 a 3 cm, de acuerdo al sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS) es un tipo de suelo “SC Y SM” (Arena limoso, Arcilla con grava). Y por el sistema AASHTO como suelos de tipo A-4- (0), se describe en el siguiente cuadro:



Cuadro 40: Perfil estratigráfico de la calicata 04.



### 8.1.1.5. Propiedades físico - mecánicas

Se realizaron 04 calicatas para así determinar las propiedades físico – mecánicas del área del proyecto con el código C-01, C-02, C-03 y C-04. Los resultados se clasifican de acuerdo al SUCS corresponde a: SC-SM, lo que nos indica que son arenas limosas, arcillas con grava.



*Cuadro 41: Propiedades físicas del suelo con su clasificación según SUCS.*

CALICATA	PROFUNDIDAD	GRAVA	ARENA	FINOS	LL	LP	IP	SUCS	HUMEDAD
C-01	1.50m	34.66%	27.81%	37.54%	10	6	4	SC-SM	7.59%
C-02	1.20m	45.64%	25.59%	28.76%	13	8	5	SC-SM	5.44%
C-03	1.50m	7.40%	48.28%	44.31%	22	17	5	SC-SM	7.17%
C-04	1.40m	7.10%	48.41%	44.49%	19	15	4	SC-SM	5.14%

*Nota: Elaboración propia, con los resultados obtenidos de laboratorio.*



*Foto 15: Ensayo de granulometría realizado en el laboratorio.*



*Foto 16: Ensayo de humedad.*

### **8.1.1.6. Discusión**

Con la excavación de calicatas se ha podido establecer que a los 1.50m en promedio se encuentra depósitos de suelos finos es decir arenas arcillosas, arcillas y limos con grava, que son depósitos residuales, de erosión glaciár. Estos depósitos se encuentran en estado semi consistente y que deberá ser desbrozado hasta alcanzar el macizo rocoso en toda su extensión, ya que en algunos sectores el afloramiento de roca está expuesta sin ninguna cobertura, principalmente en las zonas más elevadas del área del dique propuesto.

### **8.2. PROSPECCION A TRAVES DE PERFORACION DIAMANTINA**

Se basa en la recolección de testigos para cualquier estudio geotécnico, geológica o para cimentaciones profundas en obras de ingeniería, según el programa de normalización basado a perforación de suelo In Situ (ASTM-D2113-93).

Para la ejecución de la perforación en el proyecto **“ESTUDIO GEOLÓGICO Y GEOTÉCNICO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA PRESA COLLINI, DISTRITO DE PITUMARCA, PROVINCIA DE CANCHIS, DEPARTAMENTO DEL CUSCO.”**, se utilizó la máquina perforadora HUNTER (Ver imagen N°7), con la capacidad para perforar en cualquier dirección y bombas de lodo Been Royal 535, con brocas de diamante en línea HQ para recuperación de núcleos. Con revestimiento en línea HW hasta el contacto en roca, seguidamente se baja casing hasta realizar los ensayos de permeabilidad.



*Imagen 7: Máquina perforadora HUNTER en el área de perforación.*

*FUENTE: Propia.*

La instalación se realiza sobre una superficie ligeramente plana, la estructura de la plataforma se adaptó al proceso de perforación y muestreo, el sitio de excavación está vallado y se instalaron señales de seguridad adecuadas.

La perforación se inició a cielo abierto hasta una profundidad de 30 metros utilizando brocas PCD HQ de 4-1/4". La recuperación de muestras del sondaje fue con una tasa de recuperación del 100%, en los primeros metros antes del contacto con el macizo rocoso se utilizó broca serrucho posteriormente se realizó el cambio a broca de carga frontal.

Se instaló revestimiento (CASSING-HW) progresivamente hasta los 25m, donde se realiza un ensayo de Lugeon. La adecuación y recuperación del área de perforación se realizó de acuerdo a los procedimientos de Geotécnica y Construcciones del Perú S.A.C.

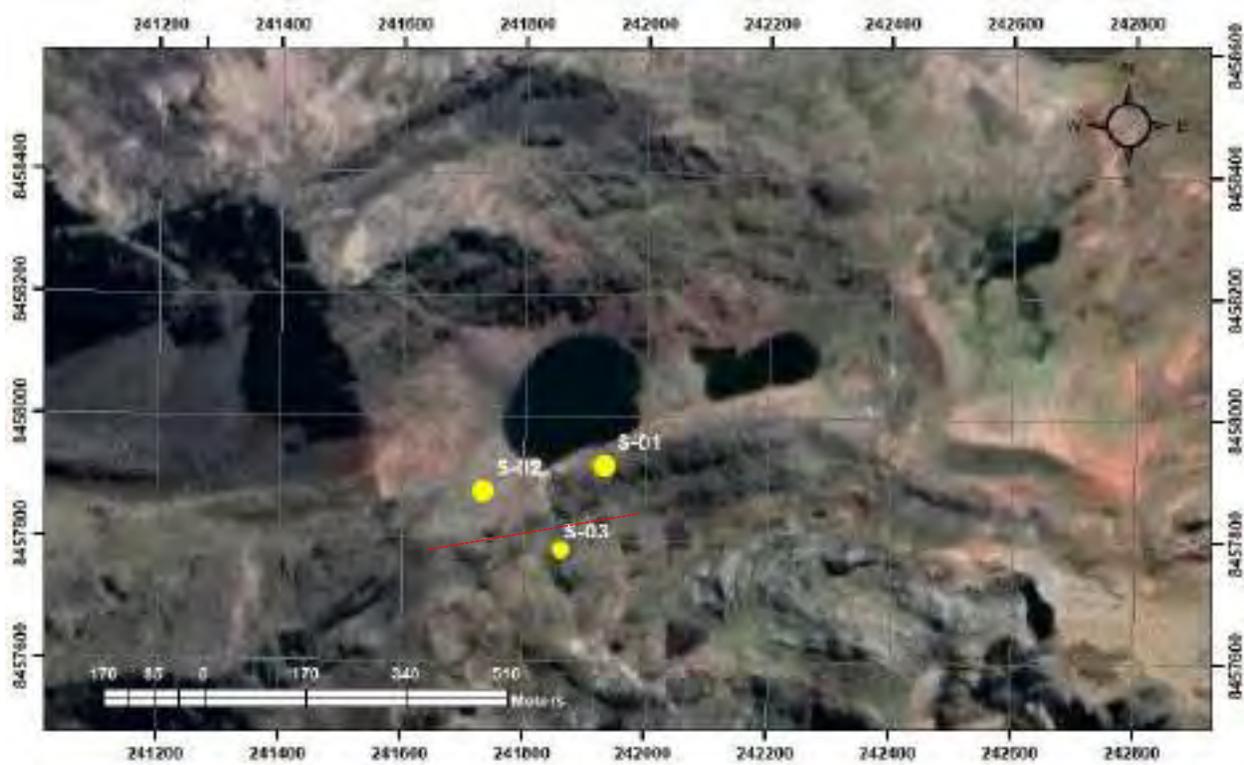
### **8.2.1. PROGRAMA DE PERFORACIONES**

A través del cuadro se presenta el programa de perforaciones en la Presa Collini el cual consta de 03 perforaciones, las cuales 2 están distribuidas a lo largo del eje de presa y 1 aguas abajo. (Ver Cuadro N° 42 y Mapa N°10)

Cuadro 42: Programa de perforaciones diamantinas (SDHI).

N°(SONDEO)	UBICACIÓN	PROFUNDIDAD	COORDENADAS UTM	
			E	N
SDHI22-01	Estribo derecho del eje de la presa	30 m	241894	8457917
SDHI22-02	Estribo izquierdo del eje de la presa	30 m	241776	8457899
SDHI22-03	Central aguas abajo	20 m	241843	8457820

Nota: Fuente propia, Sistema de Coordenadas en WGS84-19L.



Mapa 9: Ubicación de los sondajes de perforación diamantina.

Nota: Ubicación de los sondajes en el eje de la presa Collini. FUENTE: Propia.

## 8.2.2. PERFORACIONES Y PRUEBAS REALIZADAS

En el siguiente cuadro se muestra la lista de las perforaciones realizadas en la zona eje de la presa, en el cual se puede señalar que se completaron todos los sondajes programados con el mismo metraje programado a excepción del SDHI22-02.



Cuadro 43: Perforaciones Diamantinas Ejecutadas.

N°(Sondeo)	Ubicación	Profundidad	Coordenadas UTM	
			E	N
SDHI22-01	Estribo derecho del eje de la presa	30 m	241894	8457917
SDHI22-02	Estribo izquierdo del eje de la presa	27.80 m	241776	8457899
SDHI22-03	Central agua abajo	20 m	241843	8457820

**Perforación SDHI22-01**

- Profundidad de 0.00-1.50 m

Compuesta por gravas subangulosas con arenas limosas de baja plasticidad de color violeta y marrón en húmedo y gris claro en seco, de regular a bien compacta, presenta buena resistencia, permeable. Deposito fluvioglaciario.

- Profundidad de 1.50-4.60 m

Compuesto por aglomerado volcánico de color marrón claro a violáceo, matriz andesita de grano grueso, ligeramente meteorizada, moderadamente fracturada, las fracturas están de sanas a ligeramente fracturadas, semipermeable con un RQD bueno.

- Profundidad de 4.60-10.20 m

Compuesto por aglomerado volcánico de matriz andesítica, ligeramente meteorizada y sana, resistente y poco resistente en algunos tramos aislados, débilmente fracturada, por la mecánica de la perforación, fracturas menores a 1 mm. rugosas, RQD regular.

- Profundidad de 10.20-15.50 m

Aglomerado volcánico de matriz andesítica de grano grueso, color pardusco a violáceo, ligeramente meteorizada, poco fracturada, fracturas ligeramente meteorizadas, rugosa, medianamente resistente, RQD bueno.

- Profundidad de 15.50-20.30 m

Compuesto por aglomerado volcánico, color pardusco a violáceo, matriz andesítica de grano grueso, ligeramente meteorizada, moderadamente fracturada a fracturada en tramos,



fracturas ligeramente meteorizadas, rugosa, de poco a medianamente resistente, en tramos aislados se muestra disgregada, arenosa, RQD regular.

- Profundidad de 20.30-30.00 m

Compuesto por aglomerado volcánico, color marrón a violáceo, de textura porfirítica con elementos de andesitas y meteorizada, de resistente y moderadamente resistente, la roca se presenta poco fracturada, en tramos de 0.30 a 0.50 m. se muestra fragmentada, el ángulo de corte a la perforación variable de entre 25 a 75°, las caras de las fracturas se presentan rugosas con leve alteración por meteorización, rugosa y con aberturas menores a 1 mm, permeabilidad general a semipermeable con tendencia a impermeable RQD generalmente es regular a bueno.

### **Perforación SDHI22-02**

- Profundidad de 0.00-1.20 m

Compuesto por gravas gruesas y pequeñas subanguloso con arenas limosas de baja plasticidad, color rojizo a violáceo, crema y marrón clara en seco de regular a bien. Depósito fluvio-glaciar

- Profundidad de 1.20-6.80 m

Compuesto por aglomerado volcánico, matriz andesítica, levemente meteorizada y sana, resistente, se presenta poco fracturada, fracturas menores a 1 mm, rugosa, RQD buena.

- Profundidad de 6.80-13.00 m

Compuesto por aglomerado volcánico, matriz andesítica, levemente meteorizada y sana, resistente, se presenta poco fracturada, fracturas menores a 1 mm, poco rugosas a rugosas, semipermeable RQD, buena.

- Profundidad de 13.00-21.60m

Compuesto por aglomerado volcánico, matriz andesítica, ligeramente meteorizada y sana, poco resistente y resistente, se presenta en tramos fracturada, por la mecánica de la perforación, fracturas abiertas menor a 1 mm. rugosas, RQD mala a regular.

- Profundidad de 21.60-30.00m

Aglomerado volcánico, matriz andesítica, ligeramente meteorizada a moderadamente meteorizada, poco resistente, se presenta fracturada y en parte disgregada en tramos arenosos, fracturas abiertas menor a 1 mm. rugosas, RQD regular.

### **Perforación SDHI22-03**

- Profundidad de 0.00-1.50 m



Gravas con arenas de grano medio a fino, color marrón grisáceo a rojizo, gravas subangulosas de tamaño medio, medianamente densa, de húmedas a saturadas debajo del nivel de agua. Depósito Aluvial.

- Profundidad de 1.50-5.20 m

Conformado por aglomerado volcánico, color marrón a violáceo, roca meteorizada, se presenta fracturada, las caras de fractura con meteorización de arcillas, abertura menor a 1mm. venillas de calcio, los elementos clastos corresponden a areniscas, RQD mala a regular.

- Profundidad de 5.20-13.70 m

Conformado por aglomerado volcánico, color marrón a violáceo, roca meteorizada, se presenta moderadamente fracturada, las caras de fractura con meteorización relleno de arcillas, abertura menor a 1mm. venillas de calcio, con un RQD malo.

- Profundidad de 13.70-20.00 m

Conformado por aglomerado volcánico, color marrón a violáceo, presentan elementos clásticos de andesitas menor a igual a 1/2" de diámetro, la roca se muestra ligeramente meteorizada, así mismo fragmentada y disgregada, la resistencia en general es de resistente, permeabilidad de semipermeable a impermeable, poco fracturada, espaciamiento de fracturas poco considerables y aberturas de fractura menor a 2mm., RQD regular.

### 8.2.3. ENSAYO DE PERMEABILIDAD

#### 8.2.3.1. Lugeon y Lefranc

Se realizo ambos ensayos, primero debido a la presencia macizo rocoso es el ensayo Lugeón, segundo en un macizo rocoso fracturado se realizó el ensayo Lefranc.

*Cuadro 44: Tipo de ensayo de permeabilidad en las perforaciones.*

SONDAJE	PROFUNDIDAD (m)	TIPO DE ENSAYO	LUGEON	PERMEABILIDAD K cm/s
SDHI22-01	1.50-4.0	LEFRANC	-	$4.38 \times 10^{-3}$
	4.00-9.20	LEFRANC	-	$2.72 \times 10^{-5}$
	9.20-14.50	LEFRANC	-	$1.32 \times 10^{-4}$
	14.50-19.80	LUGEON	4.87	$6.82 \times 10^{-5}$



	19.80-25.00	LUGEON	0.82	$3.12 \times 10^{-6}$
	25.00-30.00	LUGEON	2.15	$7.82 \times 10^{-5}$
<b>SDHI22-02</b>	1.20-4.30	LEFRANC		$5.95 \times 10^{-5}$
	4.30-9.00	LEFRANC		$4.72 \times 10^{-5}$
	9.00-15.20	LUGEON	1.23	$2.53 \times 10^{-5}$
	15.20-20.00	LEFRANC		$3.68 \times 10^{-5}$
	20.00-25.30	LUGEON	1.93	$2.54 \times 10^{-5}$
	25.30-30.00	LEFRANC		$7.86 \times 10^{-6}$
<b>SDHI22-03</b>	1.50-4.60	LEFRANC	-	$4.72 \times 10^{-4}$
	4.60-9.50	LEFRANC	-	$8.74 \times 10^{-4}$
	9.50-15.20	LEFRANC	-	$2.78 \times 10^{-5}$
	15.20-20.00	LEFRANC	-	$1.35 \times 10^{-6}$

FUENTE: *Elaboración Propia.*

Por tanto, los ensayos de permeabilidad realizados tienen resultados de permeabilidades de 10-3 a 10-4 cm/seg (permeables a semipermeables) siendo su mayor profundidad hasta los 15 m en el sondaje SDHI22-01, con una incidencia de 10-5 cm/seg de los 15 a 25 m. (Semipermeables a impermeables) en el sondaje SDHI22-02; mientras que en el sondaje SDHI22-03 una incidencia de 10-5 a 10-6 cm/seg. (Semipermeables a impermeables), en el sondaje SDHI22-01 y SDHI22-02 a los 3-4 m de profundidad **se observa en mayor cantidad el retorno del agua, por lo que se deja reposar el sondaje para hacer la medición del nivel freático con Water Level** dando una medición a los 3.80m, se concluye que muestra una buena cimentación como casi impermeable.

### 8.3. GEOMECANICA DE ROCAS

Es importante comprender el comportamiento geomecánico de los macizos rocosos, que depende de tres aspectos fundamentales e interrelacionados. Primer aspecto Constituye la resistencia de la roca intacta, es decir, el comportamiento de rocas libres de discontinuidades y fracturas, cuya resistencia está relacionada con las propiedades de las moléculas minerales que lo componen y los materiales cementosos que lo componen, si ese es el caso.

El segundo aspecto se refiere al grado o número y distribución de fisuras que afecta a la discontinuidad del macizo rocoso. Un macizo rocoso puede contener una masa sólida, continua, o



llevada al extremo de tener tantas fisuras que en el agregado se comporta como si estuviera compuesto de partículas estrechamente relacionadas, sin ninguna resistencia en condiciones sin restricciones, las discontinuidades proporcionarán diversos grados de resistencia dependiendo de si están cerradas o no, dependiendo de su rugosidad, si están con relleno, por lo que tendrán fisuras cerradas con propagación irregular y las superficies muy rugosas que nos darán una significativa mayor resistencia a los esfuerzos de corte.

### 8.3.1. VALORACIÓN DEL MACIZO ROCOSO

Para la valoración del macizo rocoso se ha realizado tres mediciones en la zona del dique y en la zona lateral sur de la laguna, cuyas coordenadas UTM son las siguientes:

*Cuadro 45: Ubicación de cada estación geomecánica. FUENTE: Propia.*

UBICACIÓN DE EGM				
CODIGO	ZONA	COORDENADAS UTM (WGS-84)		ALTITUD
		ESTE	NORTE	
EGM-01	19L	241846	8457914	4706
EGM-02		241816	8457903	4705
EGM-03		241817	8457931	4702

#### 8.3.1.1. Clasificación geomecánica RMR (EGM-1)

De acuerdo con la tabla de Bieniawski, el afloramiento rocoso que se encuentra en el estribo derecho del eje de la presa con código EGEO-02 tiene un RMR total Ajustado de 56, lo que indica que se encuentra en el rango de roca media de clase III con una cohesión de aproximadamente de 100-200 kPa y su ángulo de fricción es de 15-25 grados.

*Cuadro 46: Clasificación del macizo rocoso de la EGM-01. FUENTE: Elaboración propia.*

CLASIFICACION GEOMEKANICA RMR (Bieniawski,1989)			
<b>ESTRIBO DERECHO</b>	<b>MACIZO ROCOSO PRESA COLLINI</b>		
<b>Parámetros de Clasificación</b>			
1	Resistencia de la	Ensayo de carga puntual	Mpa
		Compresión simple	30,27 Mpa



	matriz rocosa	Puntuación	4	
2		RQD	25-50%	
		Puntuación	8	
3		Separación entre diaclasas	0.06-0.2m	
		Puntuación	8	
4	Estado de las discontinuidades	Longitud de discontinuidad	< 1m	
		Puntuación	6	
		Abertura	< 0.1mm	
		Puntuación	5	
		Rugosidad	Rugosa	
		Puntuación	5	
		Relleno	Relleno blando < 5mm	
		Puntuación	2	
		Alteración	Ligeramente intemperizada	
		Puntuación	5	
5	Agua freática	Caudal por 10 m de túnel		
		Relación presión de agua		
		Estado general	Seca	
		Puntuación	15	
<b>CLASIFICACION GEOMECANICA RMR (Bieniawski,1989)</b>				
<b>ESTRIBO DERECHO</b>	<b>MACIZO ROCOSO PRESA COLLINI</b>			
<b>Corrección por la orientación de las discontinuidades</b>				
Dirección de buzamiento	Muy favorable	Favorable	Medias	Desfavorable
Túneles	0			



Cimentaciones			-2		
Taludes			-5		
<b>Clasificación</b>					
Clase	I	II	III	IV	V
Calidad	Muy buena	Buena	Media	Mala	Muy Mala
Puntuación	100-81	80-61	60-41	40-21	< 20



### 8.3.1.2. Clasificación geomecánica RMR (EGM-2)

De acuerdo con la tabla de Bieniawski, el afloramiento rocoso que se encuentra en el estribo izquierdo de la presa tiene una puntuación de RMR ajustado de 64, lo que nos indica que está

VALOR DE RMR
RMR Básico:58
RMR Ajustado:56
RMR89(Condiciones secas y muy favorables):58
Cohesión: 287
Ángulo de fricción interna (°):32

con la tabla de afloramiento encuentra en el eje de la puntuación de total 64 que dentro del



rango de una roca buena de categoría II, con una cohesión es aproximadamente de 300-400 kPa y su ángulo de fricción de 35-45 grados.

Cuadro 47: Clasificación del macizo rocoso de la EGM-02. FUENTE: Elaboración propia.

CLASIFICACION GEOMECANICA RMR (Bieniawski,1989)			
ESTRIBO IZQUIERDO		MACIZO ROCOSO PRESA COLLINI	
Parámetros de Clasificación			
1	Resistencia de la matriz rocosa	Ensayo de carga puntual	Mpa
		Compresión simple	58,32 Mpa
		Puntuación	7
2		RQD	50-75%
		Puntuación	13
3		Separación entre diaclasas	0.06-0.2m
		Puntuación	8
4	Estado de las discontinuidades	Longitud de discontinuidad	1 -3 m
		Puntuación	4
		Abertura	< 0.1mm
		Puntuación	5
		Rugosidad	Ligeramente rugosa
		Puntuación	3
		Relleno	Ninguno
		Puntuación	6
		Alteración	Ligeramente intemperizada
Puntuación	5		
5	Agua freática	Caudal por 10 m de túnel	
		Relación presión de agua	
		Estado general	Seca



	Puntuación	15
<b>Corrección por la orientación de las discontinuidades</b>		

<b>CLASIFICACION GEOMECANICA RMR (Bieniawski,1989)</b>					
<b>ESTRIBO IZQUIERDO</b>	<b>MACIZO ROCOSO PRESA COLLINI</b>				
<b>Corrección por la orientación de las discontinuidades</b>					
Dirección de buzamiento	Muy favorable	Favorable	Medias	Desfavorable	
Túneles	0				
Cimentaciones		-2			
Taludes		-5			
<b>Clasificación</b>					
Clase	I	II	III	IV	V
Calidad	Muy buena	Buena	Media	Mala	Muy Mala
Puntuación	100-81	80-61	60-41	40-21	< 20



<b>VALOR DE RMR</b>
RMR Básico:66
RMR Ajustado:64



RMR89(Condiciones secas y muy favorables):66
Cohesión: 342
Ángulo de fricción interna (°):38

### 8.3.1.3. Clasificación geomecánica RMR (EGM-3)

De acuerdo con la tabla de Bieniawski, el afloramiento rocoso que se encuentra el vaso de la presa tiene una puntuación de RMR ajustado total 62 que nos indica que está dentro del rango de una roca buena en la categoría II, con una cohesión es aproximadamente de 300-400 kPa y su ángulo de fricción de 35-45 grados.

Cuadro 48: Clasificación del macizo rocoso de la EGM-03. FUENTE: Elaboración propia.

CLASIFICACION GEOMECANICA RMR (Bieniawski,1989)			
VASO		MACIZO ROCOSO PRESA COLLINI	
<b>Parámetros de Clasificación</b>			
1	Resistencia de la matriz rocosa	Ensayo de carga puntual	Mpa
		Compresión simple	58,32 Mpa
		Puntuación	7
2		RQD	50-75%
		Puntuación	13
3		Separación entre diaclasas	0.06-0.2m
		Puntuación	8
4	Estado de las discontinuidades	Longitud de discontinuidad	1 -3 m
		Puntuación	4
		Abertura	< 0.1mm
		Puntuación	5
		Rugosidad	Rugosa
		Puntuación	5
		Relleno	Blando < 5mm



		Puntuación	2
		Alteración	Ligeramente intemperizada
		Puntuación	5
5	Agua freática	Caudal por 10 m de túnel	
		Relación presión de agua	
		Estado general	Seca
		Puntuación	15

CLASIFICACION GEOMECANICA RMR (Bieniawski,1989)					
VASO		MACIZO ROCOSO PRESA COLLINI			
<b>Corrección por la orientación de las discontinuidades</b>					
Dirección de buzamiento	Muy favorable	Favorable	Medias	Desfavorable	
Túneles	0				
Cimentaciones		-2			
Taludes		-5			
<b>Clasificación</b>					
Clase	I	II	III	IV	V
Calidad	Muy buena	Buena	Media	Mala	Muy Mala
Puntuación	100-81	80-61	60-41	40-21	< 20



VALOR DE RMR
RMR Básico:64
RMR Ajustado:62
RMR89(Condiciones secas y muy favorables):64
Cohesión: 338
Ángulo de fricción interna (°):36

### 8.3.2. SISTEMAS Y FRECUENCIA DE DIACLASAS

#### 8.3.2.1 Sistemas y frecuencia de diaclasas - Área del dique

Corresponde a ambos lados del drenaje de salida, se ha obtenido información respecto al número de sistemas y frecuencia de diaclasas existentes en las dos estaciones micro tectónicas, los datos de campo han sido procesados en el DIP cuyos resultados se muestra en la siguiente imagen.

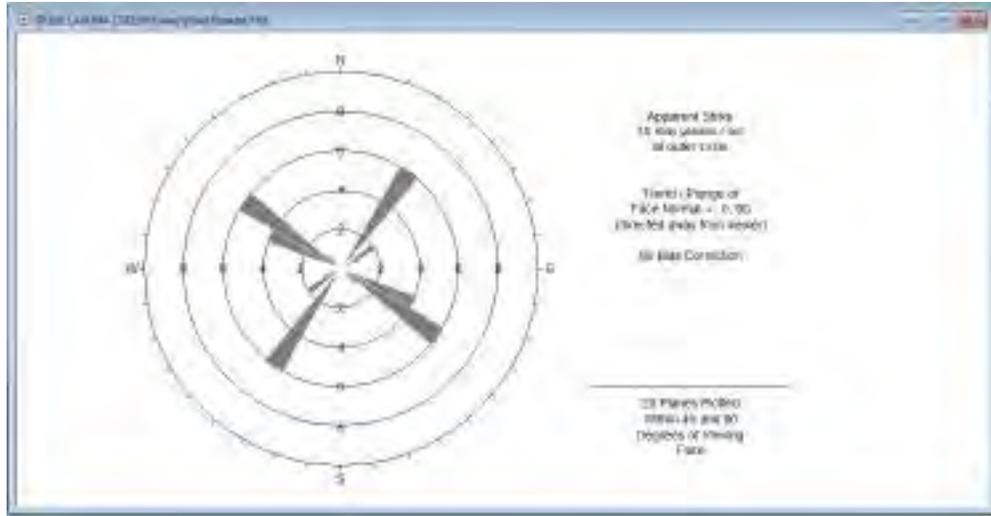


Figura 21: Sistemas y frecuencia de diaclasas en las EMT del área del dique. FUENTE: Elaboración propia.

En las dos primeras EMT en el área del dique existe dos sistemas de diaclasas, tal como se puede observar en el diagrama, el principal NNE y SSW, y otro NW –SE.

### 8.3.2.2 Sistemas y frecuencia de diaclasas - Vaso sur

Corresponde a la zona lateral sur oeste de la laguna Collini, en este caso se ha tomado esta zona dado la baja altura, que al represarse la laguna se inundara, por lo tanto, corresponde a la zona del vaso.

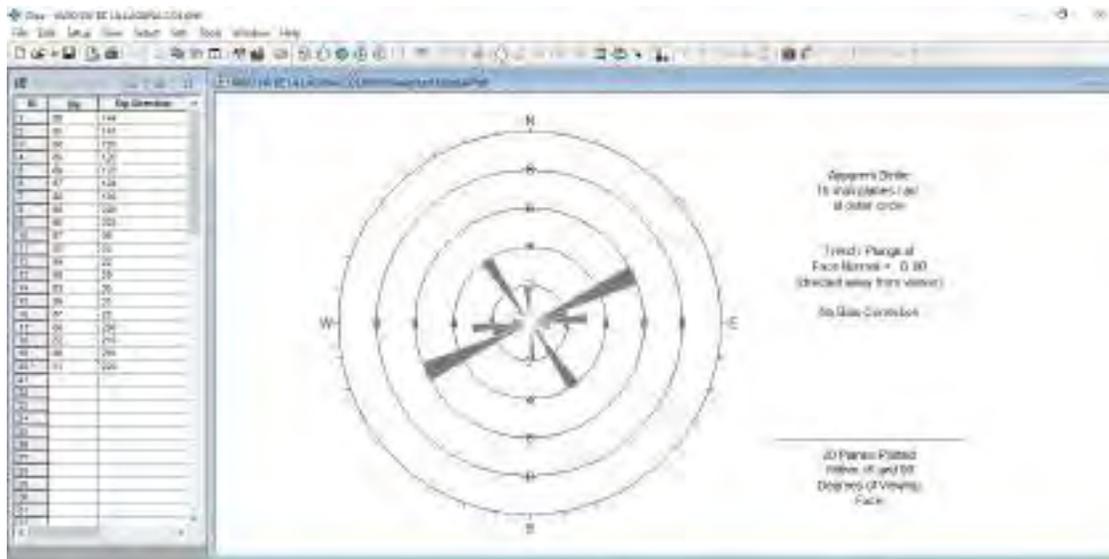


Figura 22: Sistemas y frecuencia de diaclasas en las EMT lateral sur de laguna. FUENTE: Elaboración propia.



En ambas EMT en el área lateral sur existe un sistema principal y un sistema secundario de diaclasas, el principal NE-SW y NNW-SSE, que básicamente son los mismos que ocurre en la zona del dique.

### Diagrama de polos.

Considerando la dirección general de las corrientes de flujo (salida de la laguna) de noreste a suroeste, la tendencia de las diaclasas se encuentra en dirección oblicua al sentido del flujo, por lo que su influencia en el grado de permeabilidad no tendrá mucha influencia directa, tal como se puede apreciar en el diagrama de polos.

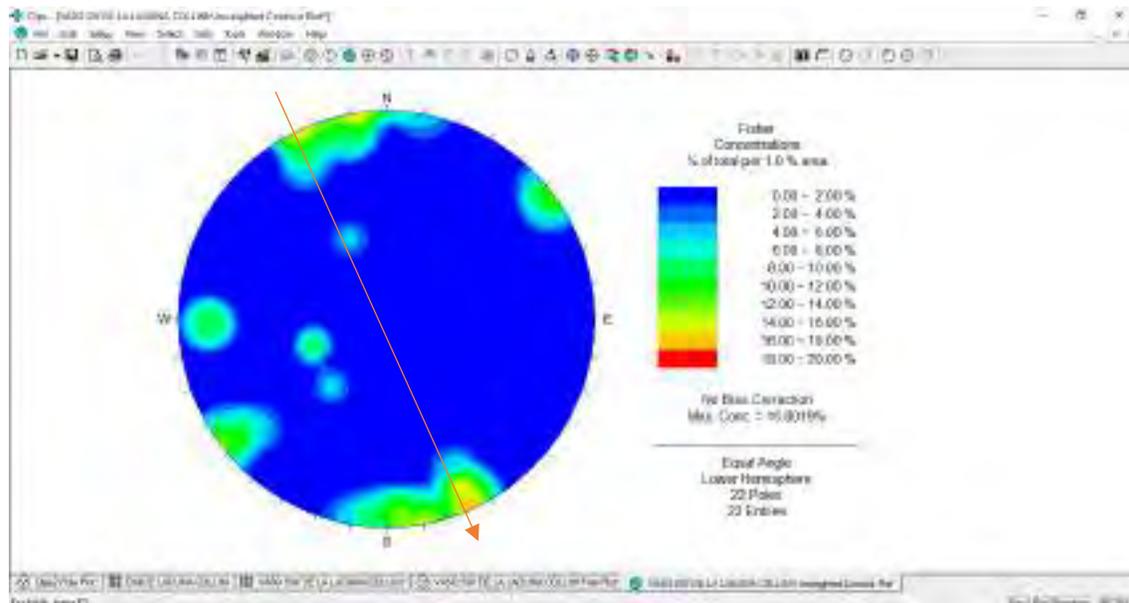


Figura 23: Sistemas y frecuencia de diaclasas en las EMT lateral sur de laguna. FUENTE: Elaboración propia.

La dirección del flujo o de salida de las aguas de la laguna coincide con la dirección de un sistema principal de fracturamiento vertical, por lo que este sistema tendrá influencia en el grado de permeabilidad, siendo necesario recomendable impermeabilizar este sistema de fracturas mediante rellenos con concreto.

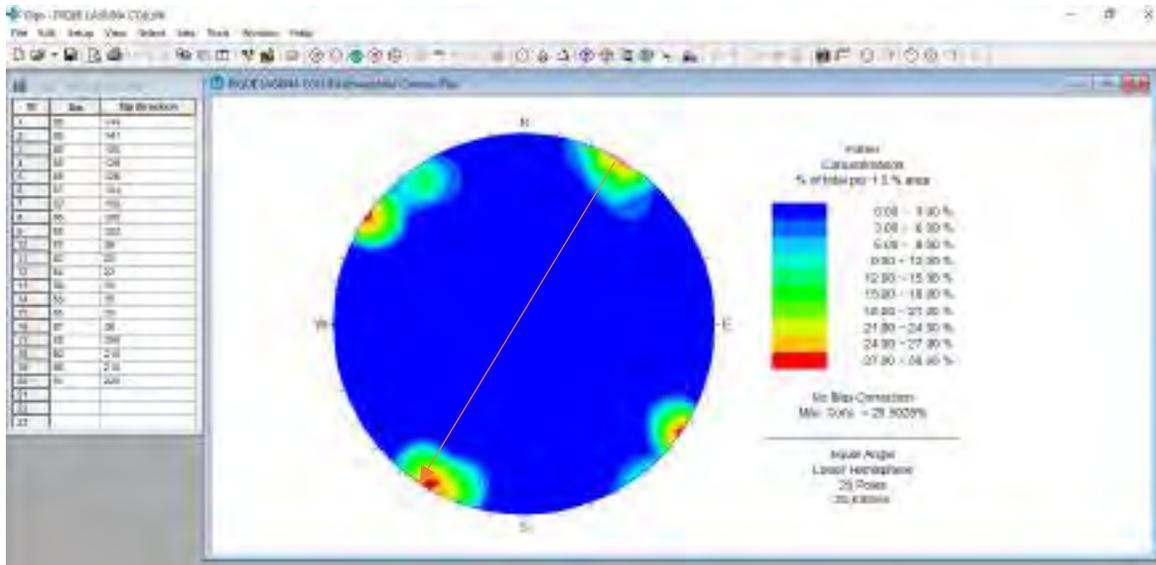


Figura 24: Diagrama de polos del área del dique con la dirección de flujo (flecha roja).

FUENTE: Elaboración propia.

#### 8.4. CONDICIONES GEOTÉCNICAS DE LA CIMENTACIÓN

La cimentación de la presa en el estribo izquierdo y derecho es rocosa con muy poca cobertura superficial de suelos con raíces menor a 1.20m. que debe ser limpiados. En la zona central se tiene suelos granulares del tipo gravas pobremente gradadas y arenas pobremente gradadas hasta una profundidad de 1.50, los que tiene una densidad natural baja por lo que, para una presa de concreto, se recomiendan sean retirados, ya que la roca se encuentra a poca profundidad y garantiza una buena cimentación para la presa.

En tal sentido tratándose de una cimentación rocosa, para la clasificación geomecánica de macizos rocosos, se ha considerado utilizar los parámetros propuestos por Bieniawski (1976), sistema de valoración de macizo rocoso (Rock Mass Rating) comúnmente denominado RMR, cuyo procedimiento consta de los siguientes parámetros.

La resistencia a la compresión simple del material rocoso se efectuó en rocas muestreadas de la cimentación. El índice de calidad de la roca RQD, se ha determinado a partir de la evaluación del Fracturamiento determinado en las perforaciones.



Cuadro 49: Registro del logueo geotécnico.

VALORACION DEL MACIZO ROCOSO												
SONDAJE	Prof.(m)	RQD	Resistencia	Espaciamiento	PARAMETROS DE DISCONTINUIDAD					RMR	Calidad de la roca	
					Separacion de juntas	Meteorizacion	Rugosidad	Relleno	Persistencia			Agua subt.
SDHI22-01	1.50-4.60 m	55(13)	12	0.2-0.6m(10)	<1mm(5)	5	5	2	1-3(4)	10	66	Buena
	4.60-10.20 m	40(6)	12	0.30m(10)	1-5mm(2)	6	3	6	3-10(2)	10	57	Media
	10.20-15.50 m	58(13)	7	0.2-0.6m(10)	<1mm(5)	6	5	6	3-10(2)	7	61	Buena
	15.50-30.00 m	55(13)	4	0.06-0.2m(8)	0.1-1mm(3)	5	6	2	10-20(1)	7	49	Media
SDHI22-02	1.20-6.80 m	57(13)	7	0.2-0.6m(10)	1-5mm(2)	6	3	2	1-3(4)	10	57	Media
	6.80-13.00 m	50(13)	12	0.30m(10)	1-5mm(2)	6	3	6	3-10(2)	7	61	Buena
	13.00-21.60m	45(6)	12	0.25m(10)	<1mm(5)	6	5	4	3-10(2)	7	57	Media
	21.60-30.00m	60(13)	7	0.06-0.2m(8)	<1mm(5)	5	5	2	10-20(1)	7	53	Media

Nota: Resumen de valores del logueo geotécnico para hallar RMR, Bieniawski 1989. (Sondajes: SDHI22-01, SDHI22-02). FUENTE: Elaboración propia.

Cuadro 50: Puntajes para calcular el valor de RMR.

PUNTAJE PARA DETERMINAR EL VALOR DE RMR					
<b>Abertura</b>	0	<0.1 mm	0.1-1.0 mm	1-5 mm	>5 mm
<b>Puntaje</b>	6	5	3	2	0
<b>Meteorización</b>	Ninguna	Ligera	Moderada	Alta	Completa
<b>Puntaje</b>	6	5	3	1	0
<b>Rugosidad</b>	Muy Rugoso	Rugoso	Poco Rugoso	Suave	Pulido
<b>Puntaje</b>	6	5	3	1	0
<b>Relleno</b>	Ninguno	Duro < 5 mm	Duro > 5 mm	Suave < 5 mm	Suave > 5 mm
<b>Puntaje</b>	6	5	2	2	0
<b>Longitud S21:AB31(Persistencia)</b>	< 1m	1-3m	3-10m	10-20m	> 20m
<b>Puntaje</b>	6	4	2	1	0
<b>Agua Subterránea</b>	Completamente seco	Humedo	Mojado	Goteando	Fluyendo
<b>Puntaje</b>	15	10	7	4	0

Los resultados del sondaje 01 fueron usados para determinar la Capacidad de Carga, se utilizó la fórmula propuesta por la Sociedad Canadiense de Geotecnia, que toma en cuenta el espaciamiento y el espesor entre las discontinuidades, estos valores los encontramos en el Registro del Logueo Geotécnico.

Los valores en el Sondaje 01 para el espaciamiento es de 0.3 m., y del espesor de las discontinuidades 0.1 mm.



### 8.4.1 CONDICIONES GEOTÉCNICAS EN EL ESTRIBO IZQUIERDO

El estribo izquierdo, está conformado macizo rocoso de aglomerado volcánico, de color rojizo a violáceo, son rocas moderadamente resistentes y poco fracturadas. Este se puede correlacionar con el estribo derecho. (Ver cuadro 51)

*Cuadro 51: Características Geotécnicas del Estribo Izquierdo-Derecho.*

Parámetro	Características
Litología	Agglomerado volcanico
Pendiente (°)	15 a 25°
Peso específico seco (T/m3)	2.52
Peso específico húmedo (T/m <sup>3</sup> )	2.86
Resistencia a la compresión uniaxial (Kg/cm2)	342 a 1520
Modulo de YOUNG "E"(Gpa)	6.38
Relacion de Poisson "v"	0.29
Cohesión MPa	11.23
Angulo de Fricción Residual (°)	30.24
Grado de meteorización	Ligera a sana
Dureza Mohs	6
Resistencia a la compresión simple (MPa)	Roca muy dura a dura(87 a 192 MPa)
Clasificación Geomecánica	RMR:Roca Clase II (Buena )

#### 8.4.1.1 Capacidad de Carga

Para la determinación de la capacidad de carga de la roca de cimentación tanto para el estribo derecho e izquierdo y zona central debajo de los suelos a desplantar que es rocoso, las cargas admisibles se han calculado de acuerdo al Manual de la Sociedad Canadiense de Geotecnia con los criterios de la que aplica la siguiente expresión:

$$q_a = q K_{sp}$$

En la que:

$$K_{sp} = \frac{3 + \frac{c}{B}}{10\sqrt{1 + 300\delta/c}}$$

Donde:

**q<sub>a</sub>**, capacidad de carga admisible

**q**, resistencia a la compresión simple en núcleo de roca



**K<sub>sp</sub>**, coeficiente adimensional que depende del espaciamiento de las discontinuidades, espesor de las discontinuidades, cementación. Para el presente caso se utilizará un coeficiente de 0.11.

**B**, ancho de cimentación 6 m

**c**, espaciamiento de las discontinuidades 0.3 m

**d**, abertura de las discontinuidades 0.1 mm

En el siguiente cuadro se presenta a continuación, se dan los resultados de la capacidad de carga según los ensayos realizados en las rocas: (Ver cuadro 52).

*Cuadro 52: Resultados de la capacidad de carga. Fuente: Elaboración propia.*

MUESTRA	RESISTENCIA (Kg/cm <sup>2</sup> )	UBICACIÓN	CAPACIDAD DE CARGA Kg/cm <sup>2</sup>
SDHI22-01 (10.20-10.60)	352	Perforación cimentación estribo derecho	38.72
SDHI22-01 (17.60-18.00)	253	Perforación cimentación estribo derecho	27.83
SDHI22-02 (16.90-17.20)	538	Perforación cimentación estribo izquierdo	59.18
SDHI22-02 (6.80-7.20)	953	Perforación cimentación estribo izquierdo	104.83

*Nota: Se obtiene los resultados de capacidad de carga que son variables y se pueden encontrar, zonas más débiles, determinándose una capacidad de carga mínima de 27.83 Kg/cm<sup>2</sup>.*

## 8.5. MODELO GEOTÉCNICO

### 8.5.1. MODELO GEOTÉCNICO EN LA PRESA PROPUESTA

La elaboración del modelo geotécnico representa la distribución espacial del macizo rocoso, así mismo de los depósitos no litificados, para lo cual ha servido de apoyo la prospección mediante calicatas y la observación de los registros estratigráficos, así como la perforación diamantina (Ver figura 25).

#### 8.5.1.1. Sección geológica - geotécnica.

Para una mejor interpretación del modelo geotécnico de la zona de emplazamiento de la presa, se ha procedido a elaborar una sección geológica - geotécnica, en base a la topografía.

En esta sección se puede observar que existen tres niveles, un primer estrato superior constituido por suelo edáfico, debajo de este estrato se halla depósitos de arenas arcillosas, debajo de este nivel se halla el basamento rocoso con una capacidad portante admisible de 27.83 kg/cm<sup>2</sup> (Ver figura 26).

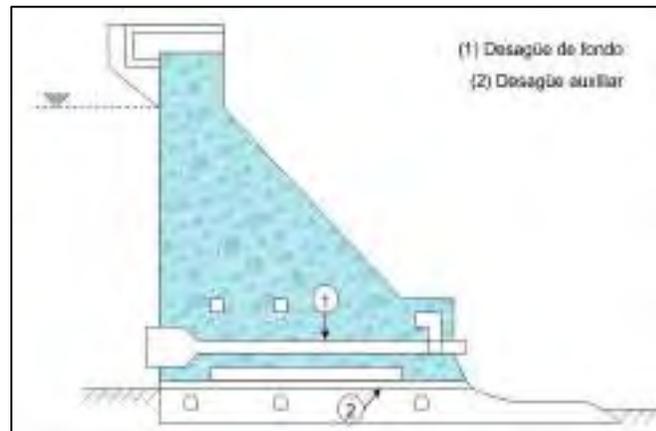
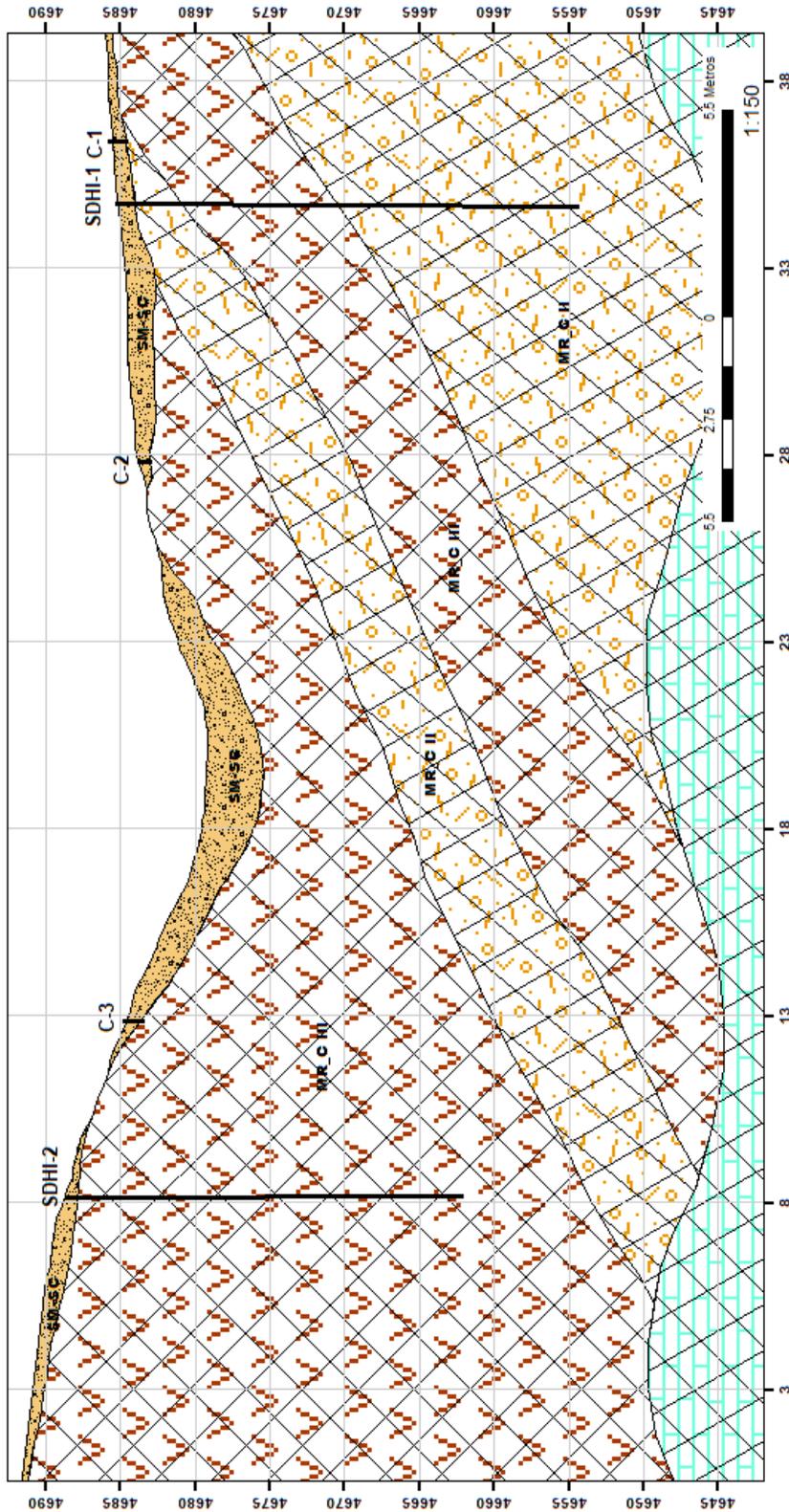


Figura 25: Modelo de tipo de presa que se construirá en la laguna Collini- Pitumarca.



Plan01: Perfil 1 con sondeos y fondo de perforación



**LEYENDA**

Monitoreo, Estructuras, Desplazamiento

SDHI: Alarma instrumentalizada, SDHI-SC: Alarma instrumentalizada por alarma instrumentalizada con presencia de agua

MR\_C: Muestra representativa, MR\_C-1: Muestra representativa de rocas duras

MR\_C-2: Muestra representativa de rocas blandas

MR\_C-3: Muestra representativa de rocas muy blandas

MR\_C-4: Muestra representativa de rocas muy blandas

MR\_C-5: Muestra representativa de rocas muy blandas

MR\_C-6: Muestra representativa de rocas muy blandas

MR\_C-7: Muestra representativa de rocas muy blandas

MR\_C-8: Muestra representativa de rocas muy blandas

MR\_C-9: Muestra representativa de rocas muy blandas

MR\_C-10: Muestra representativa de rocas muy blandas

MR\_C-11: Muestra representativa de rocas muy blandas

MR\_C-12: Muestra representativa de rocas muy blandas

MR\_C-13: Muestra representativa de rocas muy blandas

MR\_C-14: Muestra representativa de rocas muy blandas

MR\_C-15: Muestra representativa de rocas muy blandas

MR\_C-16: Muestra representativa de rocas muy blandas

MR\_C-17: Muestra representativa de rocas muy blandas

MR\_C-18: Muestra representativa de rocas muy blandas

MR\_C-19: Muestra representativa de rocas muy blandas

MR\_C-20: Muestra representativa de rocas muy blandas

MR\_C-21: Muestra representativa de rocas muy blandas

MR\_C-22: Muestra representativa de rocas muy blandas

MR\_C-23: Muestra representativa de rocas muy blandas

MR\_C-24: Muestra representativa de rocas muy blandas

MR\_C-25: Muestra representativa de rocas muy blandas

MR\_C-26: Muestra representativa de rocas muy blandas

MR\_C-27: Muestra representativa de rocas muy blandas

MR\_C-28: Muestra representativa de rocas muy blandas

MR\_C-29: Muestra representativa de rocas muy blandas

MR\_C-30: Muestra representativa de rocas muy blandas

MR\_C-31: Muestra representativa de rocas muy blandas

MR\_C-32: Muestra representativa de rocas muy blandas

MR\_C-33: Muestra representativa de rocas muy blandas

MR\_C-34: Muestra representativa de rocas muy blandas

MR\_C-35: Muestra representativa de rocas muy blandas

MR\_C-36: Muestra representativa de rocas muy blandas

MR\_C-37: Muestra representativa de rocas muy blandas

MR\_C-38: Muestra representativa de rocas muy blandas

MR\_C-39: Muestra representativa de rocas muy blandas

MR\_C-40: Muestra representativa de rocas muy blandas

MR\_C-41: Muestra representativa de rocas muy blandas

MR\_C-42: Muestra representativa de rocas muy blandas

MR\_C-43: Muestra representativa de rocas muy blandas

MR\_C-44: Muestra representativa de rocas muy blandas

MR\_C-45: Muestra representativa de rocas muy blandas

MR\_C-46: Muestra representativa de rocas muy blandas

MR\_C-47: Muestra representativa de rocas muy blandas

MR\_C-48: Muestra representativa de rocas muy blandas

MR\_C-49: Muestra representativa de rocas muy blandas

MR\_C-50: Muestra representativa de rocas muy blandas

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO		N° PLANO: <b>1</b>
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA MINAS Y METALURGIA		
	FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA		REALIZADO POR: R. NELSON ESQUIVEL CHAÑI YESSY RUIZ PERALTA
	NOMBRE: PERFIL 1 CON SONDEOS Y FONDO DE PERFORACION		FECHA: 11/10/2023
PROYECTO: ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO PARA LA CONSTRUCCION DE LA PRESA COLLINI, DISTRITO PITUMARCA-CANCHIS-CUSCO.			



### 8.5.1.2. Tipo de presa

Por las características del modelo geológico geotécnico del área del dique proyectado, en el cual el macizo rocoso se encuentra con un promedio de 1.50m de suelo edáfico, **es recomendable el diseño de una presa de concreto tipo gravedad con  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  con una altura útil de 5.00 metros, un borde libre de 1.50 metros, profundidad de desplante de 1.50 metros y el largo total de la presa en la corona es de 51.00 metros.**

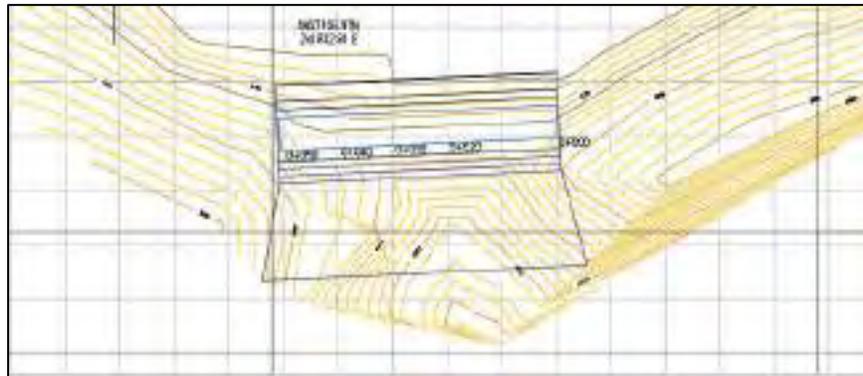


Figura 26: Plano en planta de la presa. FUENTE: Propia.

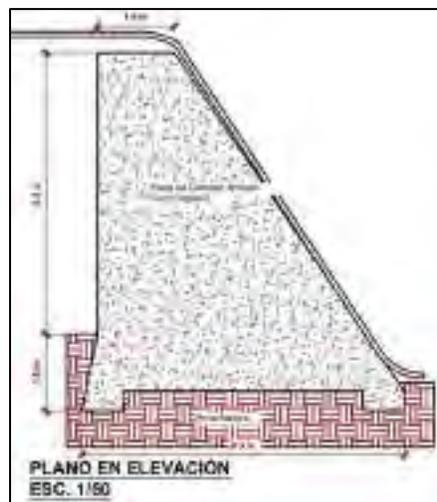


Figura 27: Sección tipo de presa y el nivel de cimentación propuesta. FUENTE: Propia.

### 8.5.1.4 Empuje Hidrostático

El análisis de la presión hidrostática debe tener en cuenta la geometría de la presa.

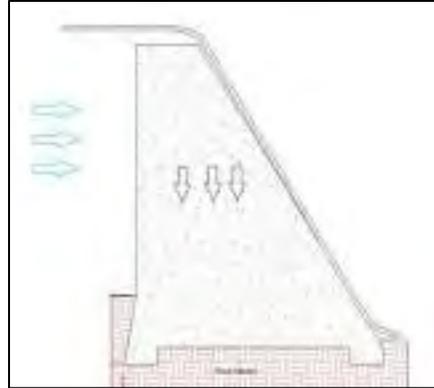


Figura 28: Esquema del empuje hidrostático de la presa.

Densidad del agua = 1000 kg/m<sup>3</sup>.

Altura del punto en evaluación = 8.00 m

Longitud del eje de presa = 51.00 m

Gravedad = 9.81 m/s<sup>2</sup>

Se determinará la componente Horizontal (F<sub>H</sub>):

Bajo la fórmula general y por prisma de presiones.

FORMULA GENERAL:

$$F_H = \rho_0 * g * Z_{GH} * A_H$$

Donde:

$\rho_0$  = Densidad del agua = 1000 kg/cm<sup>3</sup>.

g = Aceleración de la gravedad.

$Z_{GH}$  = 8.00 m

$A_H$  = 6.50 (m) \* 51.00 (m) = 331.5 (m<sup>2</sup>)

Reemplazando se tiene:

$$F_H = 1000 * 9.81 * 8 * 331.5$$

$$F_H = 26,016,120 \text{ (N)}$$

Se determinará la componente Vertical (F<sub>V</sub>):

Bajo la fórmula general y por prisma de presiones.

FORMULA GENERAL:

$$F_V = V * \rho_0 * g$$

Donde:

V = Volumen de la columna del líquido contenido.



$g$  = Aceleración de la gravedad.

$\rho_0$  = densidad del líquido contenido.

Primero se calculará el volumen de columna del líquido contenido.

$$V = \text{Área} * \text{Longitud}$$

$$V = 8 * 1.5 * 51$$

$$V = 612 \text{ m}^3$$

Reemplazando:

$$FV = V * \rho_0 * g$$

$$FV = 612 * 9.81 * 1000$$

$$FV = 6,003,720 \text{ (N)}$$

Finalmente, el empuje hidrostático será:

$$F = \sqrt{Fv^2 + Fh^2}$$

$$F = \sqrt{(6003720 * 6003720) + (26016120 * 26016120)}$$

$$F = 26,016,120 \text{ (N)}$$

La presa estará sometida a un empuje hidrostático de: 26,016,120 (N).

Realizando la conversión a kgf, se tiene:

$$F = 26,016,120 * 0.101972 = \mathbf{2,652,915.79 \text{ kgf.}}$$

Toda la superficie de cara aguas arriba de la presa tiene la siguiente área.

$$A = 8 * 51 \text{ (m}^2\text{)} = 408 \text{ (m}^2\text{)}$$

La presión que ejerce el agua sobre la estructura será:

$$P = F/A = 2,652,915.79/408 = 6,502.24 \text{ kg/m}^2 = \mathbf{0.6502 \text{ kg/cm}^2}$$

Metrado de cargas de la presa = 1.020kg/cm<sup>2</sup>

De acuerdo a la sumatoria de cargas entre el empuje hidrostático y carga estructural de la presa se tiene  $0.6502 + 1.020 = \mathbf{1.67 \text{ kg/cm}^2}$ . Lo obtenido se comparó con la capacidad portante obtenida que es de 27 kg/cm<sup>2</sup>. En efecto se establece que el empuje hidrostático no tendrá incidencia significativa en el macizo rocoso y estructura proyectada. Por ende, la presa no experimentara volteo.



## **8.6. CANTERAS Y FUENTES DE AGUA**

El estudio de canteras nos ayuda a identificar y clasificar los materiales utilizados en la construcción de presas. El propósito de determinar el material de la cantera es verificar las cantidades alcanzables y desarrollables para satisfacer las necesidades de construcción de la presa y cumplir con las especificaciones técnicas requeridas.

Los materiales para el cuerpo de la presa, se encuentran en suficiente cantidad y calidad en las canteras existentes en la zona, alrededor de la laguna. La investigación de campo comprendió la ubicación y evaluación de los materiales inertes desde el punto de vista geotécnico.

### **8.6.1. ENSAYOS DE LABORATORIO**

Las pruebas de laboratorio se realizaron de acuerdo al Manual de Ensayos de Laboratorio (2016) del Ministerios de Transportes y comunicaciones aprobado mediante Directiva N°18-2016-MTC/14. El “Manual de Ensayo de Materiales”, toma como referencia la normatividad de las instituciones técnicas reconocidas internacionalmente, como AASHTO, ASTM, Instituto del Asfalto ACI, NTP, entre otras. ( Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016)

Durante la interpretación de los resultados se realizaron en base al Manual de Carreteras - Suelo, Geología, Geotecnia y Pavimentos del Ministerios de Transportes y comunicaciones aprobado bajo Resolución Directoral N°10-2014-MTC/14. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2013)

### **8.6.2. AGREGADOS PARA CONCRETO**

Para obtener agregados se tiene canteras lejanas en volúmenes y calidad suficientes, del orden de los 60,000 m<sup>3</sup>, motivo por el cual se deberán transportar desde el Rio Pitumarca, lugar donde se surte agregados para todas las obras, se encuentra mezclado, por lo que se preparan con trabajos de zarandeo. Está siendo administrado por un propietario privado.

#### **8.6.2.1. Ubicación y accesibilidad**

La cantera está ubicada aproximadamente a 3 horas de la laguna Collini, con acceso de una trocha carrozable, a continuación, se detalla las Coordenadas UTM:

Zona: 19 L

Este: 237477

Norte: 8452318



Mapa 10: Ubicación de la cantera para agregado en la construcción de la presa Collini.

### 8.6.2.2. Propiedades físico-químicas y mecánicas

Se muestra las propiedades físicas – mecánicas y resultados obtenidos en laboratorio en el siguiente cuadro, de acuerdo las propiedades indicadas se concluyen que es óptimo para ser empleado como agregado según la NTP.

Cuadro 53: Resumen de las características de los agregados, cantera Rio Pitumarca. FUENTE: Resultados de laboratorio.

CARACTERISTICAS	CANTERA	
	AGREGADO GRUESO	AGREGADO FINO
Porcentaje de finos que pasa el tamiz N° 200 (%)	0.05	4.6
Humedad natural (%)	0.22	1.44
Tamaño máximo nominal (Pulg)	3/4	--
Módulo de fineza	7.06	3.53
Huso	56	--
Peso unitario suelto (kg/m <sup>3</sup> )	1475.64	1660.13
Peso unitario compactado (kg/m <sup>3</sup> )	1623.96	18030.53
Peso específico (g/cm <sup>3</sup> )	2.52	2.61
Absorción (%)	1.89	2.54

### 8.6.3. CANTERA DE ROCAS

Se ha identificado y evaluado la cantera, se trata de conos coluviales en la base de los acantilados de roca existentes al norte de la laguna, que se pueden apreciar en el mapa N° 12.



*Foto 17:Cantera de rocas.*

Se han estudiado los materiales de construcción de esta laguna y se ha establecido que existen zonas rocosas ubicadas a unos 500 m del eje de la presa, aparentes como para poder explotar rocas. Se trata de rocas de litología cuarcítica, que presentan buenas características de resistencia de 1260kg/cm<sup>2</sup> y con una densidad 2.32-2.42 g/cm<sup>3</sup>, bien competentes para trabajos con concreto. Se cuenta con volúmenes más que suficientes (45,000 m<sup>3</sup>), para la construcción de la presa Collini.

#### **8.6.3.1. Ubicación y accesibilidad**

La cantera está ubicada aproximadamente 500 m del eje de la presa, a continuación, se detalla las Coordenadas UTM:

Zona: 19 L

Este: 241993

Norte: 8458197

Altitud: 4812 m.s.n.m.



*Mapa 11: Ubicación de la cantera.*

#### **8.6.4. FUENTES DE AGUA**

El agua para el proyecto será extraída por bombeo de la laguna Collini debido a su proximidad del proyecto, según los resultados obtenidos de la muestra de agua y las propiedades Físico, Químicas del agua son ideales para la construcción de la presa Collini, además de asegurar el volumen necesario.

##### **8.6.4.1. Calidad y cantidad**

La fuente de agua tiene el volumen apropiado para la construcción de la presa Collini. La calidad del agua es ideal por que cumple con los requisitos establecidos por la NTP 339.088.

##### **8.6.4.2. Periodo y modo de extracción**

El agua será extraída mediante bombeo durante todo el proceso de construcción de la presa Collini.

##### **8.6.4.2 Ensayos químicos del agua**

Se realizó ensayos químicos de agua, teniendo en cuenta los parámetros de el pH, la conductividad eléctrica, sales solubles totales, cloruros y sulfatos contenidos en las muestras de agua (ASTM D 1889, ASTM D4972, ASTM D 1293, ASTM D 512, ASTM D 516; respectivamente) de acuerdo a los resultados obtenidos de laboratorio se considera que el agua es óptima para su uso en el proceso constructivo de la presa según la NTP 339.088.



Cuadro 54: Límites permisibles para el agua, según norma NTP 339.088.

DESCRIPCION	LIMITES PERMISIBLES
Sólidos en suspensión	5000PPM
Materia Orgánica	3 ppm máx.
Carbonatos y Bicarbonatos Alcalinos (Alcalinidad total expresada en NAHCO <sub>3</sub> )	1000 ppm máx.
Sulfatos (Ion SO <sub>4</sub> )	600 ppm máx.
Cloruros (Ion CL)	1000 ppm máx.
Ph	Entre 5.5 y 8

*Nota: Estándares en base a la Norma Técnica Peruana (NTP): Que son los requisitos de calidad del agua para el concreto y los Componente que se utiliza para generar las reacciones químicas en los cementantes del concreto.*

Cuadro 55: Resultados de fuente de agua.

DESCRIPCION	LIMITES PERMISIBLES
Sales solubles totales	Ppm 115
Cloruros	Ppm 180
Sulfatos	Ppm 210
Solidos disueltos	Ppm 186
Solidos suspendidos	Ppm 220
Alcalinidad total	Mg/L Na HCO <sub>3</sub> 230
Carbonatos	Mg/L CaCO <sub>3</sub> 0
Ph	7.2

*FUENTE: Resultado de laboratorio AGQ LABS.*



## CONCLUSIONES

1. Estructuralmente la zona de estudio presenta pliegues(anticlinal), fallas con dirección E-O y NO-SE, asimismo lineamientos con dirección NO-SE, delimitados por el sistema de fallas de la cordillera real en dirección NO-SE, por el oeste el sistema de fallas Urcos-Sicuani-Ayaviri en dirección NO-SE. Las fallas no inciden en el comportamiento estructural de la presa.
2. Hidrológicamente el área de aporte hídrico llega a 0.59 km<sup>2</sup>, que tiene un Kc(Índice de Gravelius)de 1.18 indicando que es poco susceptible a las crecidas máximas, el total de agua almacenada por escorrentía superficial es de 201583.65 m<sup>3</sup> anuales, relacionando al volumen topográfico de la microcuenca, se define que tendrá 5m de altura, por tanto se considerando una altura de borde libre de 1.50 el cuerpo de la presa se recomienda edificarla hasta una altura de 6.50m.
3. La permeabilidad de cimentación en el eje de la presa varia de  $4.38 \times 10^{-3}$  a  $5.95 \times 10^{-5}$  que pertenecen a los sondajes SDHI22-1 y SDHI22-2, considerando estos dos valores tenemos una moderada impermeabilidad.
4. La capacidad portante de cimentación en el eje de la presa es de 27 kg/. No hay supresiones que afecten el terreno de fundación de la presa por la presencia de roca en la base de cimentación.
5. La cantera de agregados es del rio Pitumarca en el que se encuentran mezclados las gravas y arenas, este material se distribuye para todas las obras de este sector, teniendo un volumen de 60000 m<sup>3</sup>, las características cumplen con las normas establecidas, por otro lado, se tiene la cantera de roca a 500 m del eje de la presa con un volumen de 45.000m<sup>3</sup> que presenta una resistencia de 1260 kg/cm<sup>2</sup>, bien competentes para trabajos con concreto.



### RECOMENDACIONES

1. Desbrozar el macizo rocoso fracturado haciendo uso del cemento expansivo un espesor de 1.10 m en los estribos y 1.50 en la zona central hasta llegar a la roca buena, para así tener como nivel de fundación el basamento rocoso.
2. Por las características del modelo geológico geotécnico del área del dique proyectado es recomendable el diseño de una presa de concreto tipo gravedad con  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ .
3. Impermeabilizar ambos estribos izquierdo y derecho, en las grietas existentes de los macizos rocosos mediante la inyección de Grouting o concreto.
4. Antes de uso de la presa se debe realizar una prueba de agua para ver el comportamiento normal de funcionamiento de la presa.



## BIBLIOGRAFÍA

- Alva , J., Meneses, J., & Guzmán , V. (1984). Distribución de Máximas Intensidades Sísmicas Observadas en el Perú.
- Audebaud, E. (Abril 1973). *Geología de los cuadrángulos de Ocongate y Sicuani 28-t, 29-t - [Boletín A 25].*
- ANA, & MINAGRI. (2017).
- Bonola , I., & Jaime , A. (2007). *Manual geotécnico para el diseño de presas pequeñas. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.*
- Carlotto, V., Quispe, J., Acosta, H., Rodríguez, R., Romero, D., Cerpa, L., ... & Cueva, E. (2009). *Dominios geotectónicos y metalogénesis del Perú. Boletín de la Sociedad Geológica del Perú, 103(1), 1-89.*
- Castilla , J., & Herrera, J. (2012). *El Proceso de Exploración Minera Mediante Sondeos, Departamento de exploracion de recursos minerales y obras subterráneas.* Madrid.
- Castillo, J. L., & Alva, J. E. (1993). Peligro Sísmico en el Perú.
- Fernandez, C., & Bautista, P. (2015). *Metodología de la investigación R.*
- González de Vallejo, L. I., Ferrer, M., Ortuño, L., & Oteo, C. (2002). *Ingeniería geológica.*
- IMA. (s.f.). *Proyecto de Cosecha de Agua en Ecosistemas Lacustres Alto Andinos – Cuenca Alta del Vilcanota desarrollado por el Instituto de Manejo de Agua y Medio Ambiente – IMA / Región Cusco.*
- Krynine, D. P., Judd, W. R., & Krynine, D. P. (1957). *Principles of engineering geology and geotechnics.* New York:McGraw-Hill.
- Marañón, C. O. (2017). La mecánica de rocas y las cimentaciones de grandes presas. *Revista Digital del Cedex, 14.*
- Mejía, E. (2005). *Metodología de la investigación científica.* Diseño y diagramación.
- Mendivil, E., & Dávila, D. (1994). Geología de los cuadrángulos de Cuzco y Livitaca. Hojas: 28-s y 29-s- [Boletín A 52].
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2013). *Manual de Carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos.* Lima.
- Morales, B. (2014). *Vocabulario Técnico en Investigación en Glaciares / INAIGEM.* Huaraz: INAIGEM.



- Quispe, J. (2016). *Estudio geológico geotécnico para el represamiento de la laguna de Ccoerccochoa del distrito de San Pablo, provincia de Canchis - Cusco*. Cusco.
- Soaña, J., Atencio, E., & Martínez, J. (may-2022). *Geología del cuadrángulo de Ocongate (hojas 28t1, 28t2, 28t3, 28t4) - [Boletín L 46]*.



## **ANEXOS**



**ESTUDIO GEOLÓGICO Y GEOTÉCNICO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA PRESA COLLINI, DISTRITO DE PITUMARCA, PROVINCIA DE CANCHIS, DEPARTAMENTO DEL CUSCO.**



**ANEXO DE REGISTRO DE PRECIPITACION MENSUAL ACUMULADA DE CADA ESTACION.**

REGISTRO DE PRECIPITACION MENSUAL ACUMULADA ESTACION LA RAYA														
REGISTROS COMPLETADOS														
(mm)														
Estacion : LA RAYA				Latitud :	14°29'03"	S	Departamento :				Cusco			
Tipo: CP-884				Longitud :	70°59'05"	W	Provincia :				Canchis			
				Altitud :	4,120	msnm	Distrito :				Marangani			
Nº REG	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1	1964	175.0	191.0	214.0	73.0	30.0	1.0	1.0	2.0	14.0	40.0	84.0	145.0	970.0
2	1965	110.0	181.0	154.0	99.0	8.0	0.0	18.0	15.0	23.0	45.0	82.0	162.0	897.0
3	1966	235.0	141.0	78.0	43.0	32.0	1.0	0.0	0.0	19.0	56.0	70.0	110.0	785.0
4	1967	131.0	167.0	145.0	52.0	0.0	1.0	54.0	63.0	27.0	89.0	163.0	160.0	1,052.0
5	1968	176.0	238.0	128.0	76.0	2.0	0.0	1.0	104.0	15.0	93.0	88.0	117.0	1,038.0
6	1969	148.0	226.0	208.0	156.0	17.0	102.0	0.0	3.0	26.0	29.0	11.0	39.0	965.0
7	1970	255.0	204.0	83.0	57.0	23.0	36.0	0.0	7.0	66.0	13.0	63.0	178.0	985.0
8	1971	200.0	188.0	149.0	99.0	0.0	0.0	0.0	4.0	25.0	93.0	34.0	130.0	922.0
9	1972	118.0	188.0	109.0	92.0	21.0	0.0	27.0	39.0	71.0	13.0	47.0	93.0	818.0
10	1973	265.3	150.8	161.2	69.9	20.4	0.0	6.8	5.6	46.4	73.4	77.2	88.5	965.5
11	1974	181.1	204.2	165.7	69.4	8.5	7.6	0.6	36.2	8.4	38.0	87.0	132.0	938.7
12	1975	110.3	146.7	166.0	58.2	15.9	0.0	0.0	1.2	37.8	54.7	67.1	146.2	804.1
13	1976	181.8	117.4	187.3	32.7	13.8	12.0	9.5	15.4	39.1	9.5	34.6	74.7	727.8
14	1977	112.4	243.1	129.8	24.7	16.0	0.0	5.0	0.0	33.1	37.5	215.2	117.5	934.3
15	1978	375.9	276.9	131.6	71.0	20.1	0.0	0.0	12.2	48.0	25.5	63.5	191.0	1,215.7
16	1979	206.7	131.1	179.4	94.8	133.0	0.0	0.0	0.0	11.5	56.5	71.6	178.7	1,063.3
17	1980	157.5	123.7	199.5	42.6	31.1	0.0	0.0	0.0	16.0	119.0	120.8	35.5	845.7
18	1981	54.8	37.5	48.1	21.2	1.2	0.0	0.0	1.0	16.8	78.9	105.5	128.4	493.4
19	1982	124.0	148.3	223.2	61.8	0.0	4.0	0.0	17.0	10.7	99.9	146.7	80.0	915.6
20	1983	124.2	148.3	100.6	83.0	5.0	7.8	0.0	1.5	8.3	28.4	12.7	83.8	603.6
21	1984	292.6	158.4	165.8	81.2	22.6	25.6	3.8	19.5	9.9	131.5	193.5	108.9	1,213.3
22	1985	196.5	166.6	163.3	108.7	43.2	9.1	1.0	0.0	92.5	56.6	148.7	148.0	1,134.2
23	1986	171.6	229.4	192.7	135.8	19.3	0.0	10.4	23.6	56.6	13.2	70.1	141.0	1,063.7
24	1987	270.0	90.2	95.0	44.5	12.2	0.0	17.0	3.5	8.8	55.1	159.0	153.3	908.6
25	1988	186.9	176.9	246.9	146.0	10.2	0.0	0.0	2.7	12.9	45.5	13.7	127.7	969.4
26	1989	244.6	135.4	178.0	79.2	27.7	19.3	0.0	36.6	37.6	48.5	43.9	143.8	994.6
27	1990	199.3	114.0	70.6	46.2	9.8	47.7	2.7	12.7	29.9	137.4	122.2	146.3	938.8
28	1991	195.5	97.8	137.2	43.3	27.7	22.9	0.0	1.3	27.7	74.7	51.8	155.4	835.3
29	1992	190.2	133.1	93.5	29.2	0.0	0.0	48.3	22.9	29.5	67.8	134.3	69.6	818.4
30	1993	240.7	35.7	162.3	122.4	4.8	10.2	13.5	32.8	52.1	70.0	187.5	182.3	1,114.3
31	1994	198.9	197.6	224.8	91.4	46.7	1.3	0.0	0.0	35.8	67.3	131.3	192.3	1,187.4
32	1995	213.0	74.0	101.0	46.0	4.0	0.0	82.0	201.0	8.0	53.0	157.0	169.0	1,108.0
33	1996	260.0	130.0	118.0	109.0	5.0	0.0	78.0	17.0	69.0	127.0	62.0	128.0	1,103.0
34	1997	234.0	240.0	210.0	185.0	16.0	0.0	3.0	3.0	14.0	72.0	205.0	86.0	1,268.0
35	1998	102.0	92.0	151.0	47.0	6.0	0.0	0.0	1.0	5.0	96.0	103.0	60.0	663.0
36	1999	238.0	181.0	117.0	22.0	57.0	1.0	0.0	0.0	30.0	25.0	27.0	130.0	828.0
37	2000	153.0	151.0	117.0	23.0	6.0	6.0	2.0	25.0	10.0	111.0	16.0	112.0	732.0
38	2001	169.0	170.0	180.0	44.0	3.0	1.0	6.0	14.0	19.0	78.0	103.0	150.0	937.0
39	2002	199.0	160.0	212.0	98.0	5.0	1.0	57.0	12.0	45.0	49.0	138.0	137.0	1,113.0
40	2003	119.0	138.0	176.0	92.0	17.0	8.0	1.0	6.0	9.0	55.0	26.0	113.0	760.0
41	2004	367.0	236.0	169.0	42.0	22.0	1.0	6.0	8.0	36.0	55.0	68.0	96.0	1,106.0
42	2005	72.0	37.0	133.0	87.0	9.0	1.0	1.0	13.0	15.0	64.0	124.0	94.0	650.0
43	2006	191.0	179.0	204.0	46.0	0.0	8.0	0.0	1.0	7.0	146.0	172.0	160.0	1,114.0
44	2007	201.0	98.0	188.0	85.0	23.0	0.0	2.0	2.0	2.0	98.0	77.0	90.0	866.0
45	2008	240.0	214.0	181.0	66.0	4.0	5.0	1.0	0.0	35.0	84.0	108.0	164.0	1,102.0
46	2009	158.0	95.0	49.0	20.0	1.0	0.0	0.0	0.0	5.0	22.0	232.0	70.0	652.0
47	2010	267.0	130.0	182.0	60.0	31.0	0.0	9.0	33.0	15.0	116.0	24.0	136.0	1,003.0
48	2011	176.0	139.0	169.0	122.0	0.0	2.0	1.0	2.0	30.0	55.0	14.0	153.0	863.0
49	2012	317.0	208.0	191.0	101.0	34.0	12.0	34.0	8.0	10.0	21.0	154.0	165.0	1,255.0
50	2013	277.0	151.0	79.0	53.0	4.0	8.0	0.0	1.0	14.0	137.0	111.0	157.0	992.0
51	2014	161.9	115.0	133.6	72.3	10.6	2.9	4.2	4.7	31.4	64.5	152.5	153.3	906.7
52	2015	169.8	88.9	150.2	92.2	4.7	2.9	1.2	16.7	41.2	79.3	134.5	167.9	949.4
53	2016	104.0	122.1	157.8	107.9	8.3	0.3	3.6	1.3	31.7	79.8	138.8	143.8	899.6
54	2017	111.2	102.4	162.0	96.8	4.7	0.0	0.0	8.7	24.0	87.0	131.8	110.8	839.2
Nº Datos		54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54
Media		195.6	156.2	152.3	73.0	17.4	7.3	10.1	16.6	26.7	66.5	96.4	126.6	944.7
Desv. Estandar		68.4	54.9	48.0	37.1	21.4	16.8	19.9	32.6	19.9	36.2	58.5	38.7	176.1
Coef. Variacion		0.3	0.4	0.3	0.5	1.2	2.3	2.0	2.0	0.7	0.5	0.6	0.3	0.2
Prec. Max.		375.9	276.9	246.9	185.0	133.0	102.0	82.0	201.0	92.5	146.0	232.0	192.3	375.9
Prec. Min.		54.8	35.7	48.1	20.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	9.5	11.0	35.5	0.0
Prec. 75%		149.51	119.17	119.95	48.05	2.95	0.00	0.00	0.00	13.24	42.06	56.94	100.47	825.91



**ESTUDIO GEOLÓGICO Y GEOTÉCNICO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA PRESA COLLINI, DISTRITO DE PITUMARCA, PROVINCIA DE CANCHIS, DEPARTAMENTO DEL CUSCO.**



Estacion : POMACANCHI				Latitud : 14°01'41" S						Departamento : Cusco				
Tipo: CO-812				Longitud : 71°34'22" W						Provincia : Acomayo				
				Altitud : 3,686 msnm						Distrito : Pomacanchi				
Nº REG	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1	1964	129.0	164.0	212.0	59.0	17.0	2.0	0.0	0.0	144.0	62.0	79.0	129.0	997.0
2	1965	105.0	109.0	103.0	17.0	5.0	0.0	6.0	1.0	80.0	66.0	85.0	174.0	751.0
3	1966	154.0	207.0	76.0	52.0	31.0	1.0	0.0	0.0	19.0	76.0	72.0	174.0	862.0
4	1967	107.0	149.0	73.0	8.0	4.0	1.0	44.0	7.0	12.0	63.0	141.0	208.0	817.0
5	1968	122.0	95.0	79.0	37.0	0.0	1.0	18.0	3.0	17.0	62.0	79.0	118.0	631.0
6	1969	130.0	210.0	232.0	105.0	22.0	10.0	1.0	2.0	32.0	9.0	50.0	42.0	845.0
7	1970	157.0	135.0	76.0	35.0	17.0	19.0	5.0	3.0	365.0	28.0	56.0	139.0	1035.0
8	1971	141.0	144.0	138.0	30.0	0.0	0.0	0.0	22.0	11.0	48.0	50.0	147.0	731.0
9	1972	116.0	164.0	189.0	103.0	15.0	0.0	7.0	73.0	37.0	32.0	55.0	112.0	903.0
10	1973	265.0	61.0	98.0	58.0	13.0	1.0	3.0	14.0	13.0	13.0	52.0	167.0	758.0
11	1974	149.0	142.0	135.0	142.0	24.0	9.0	1.0	18.0	14.0	14.0	55.0	156.0	859.0
12	1975	113.0	117.0	76.0	44.0	22.0	0.0	1.0	1.0	32.0	54.0	59.0	154.0	673.0
13	1976	171.0	174.0	131.0	22.0	11.0	23.0	2.0	2.0	29.0	50.0	40.0	99.0	754.0
14	1977	105.0	143.0	114.0	89.0	0.0	0.0	4.0	3.0	9.0	57.0	137.0	169.0	830.0
15	1978	366.0	106.0	62.0	37.0	53.0	1.0	0.0	1.0	26.0	53.0	78.0	92.0	875.0
16	1979	238.0	134.0	84.0	39.0	49.0	1.0	0.0	2.0	37.0	40.0	79.0	144.0	847.0
17	1980	124.0	125.0	109.0	85.0	21.0	0.0	1.0	1.0	70.0	78.0	61.0	111.0	786.0
18	1981	111.0	190.0	79.0	75.0	24.0	0.0	0.0	4.0	26.0	79.0	120.0	101.0	809.0
19	1982	244.0	167.0	135.0	164.0	12.0	0.0	0.0	13.0	24.0	80.0	151.0	74.0	1064.0
20	1983	97.0	112.0	107.0	39.0	12.0	0.0	0.0	3.0	13.0	51.0	29.0	63.0	526.0
21	1984	183.0	99.0	76.0	66.0	12.0	4.0	7.0	3.0	9.0	67.0	157.0	174.0	857.0
22	1985	124.0	48.0	68.0	98.9	76.0	13.0	0.0	5.5	55.0	107.0	136.0	130.0	861.4
23	1986	108.0	135.0	76.0	43.0	0.0	0.0	0.0	1.5	46.5	26.0	39.0	202.0	677.0
24	1987	393.0	89.0	39.0	40.5	0.0	0.5	8.9	0.0	2.0	21.0	85.0	87.0	765.9
25	1988	158.0	135.0	178.0	39.0	37.0	0.0	0.0	0.0	20.9	9.5	34.0	51.2	662.6
26	1989	180.0	124.0	79.4	8.9	1.0	1.0	0.0	17.0	11.0	94.0	41.0	110.0	667.3
27	1990	149.0	163.0	67.0	137.0	12.0	38.0	0.0	6.0	15.0	84.0	136.0	116.0	923.0
28	1991	145.0	184.0	65.0	26.0	23.0	50.0	0.0	1.0	10.0	68.0	55.0	116.0	743.0
29	1992	136.0	90.5	96.0	27.0	12.0	0.0	0.0	15.5	6.5	92.3	89.0	73.0	637.8
30	1993	198.8	134.0	102.5	26.5	5.0	2.0	6.0	12.0	16.5	87.0	77.0	186.7	854.0
31	1994	166.0	154.5	125.0	47.5	5.5	0.0	0.0	1.0	24.5	66.5	88.0	116.5	795.0
32	1995	133.0	108.5	127.0	37.0	13.5	0.0	5.5	1.5	36.0	53.0	126.0	161.0	802.0
33	1996	200.5	91.5	114.6	55.5	17.0	0.0	0.0	28.8	28.3	108.0	61.0	158.0	863.2
34	1997	191.0	194.0	190.5	23.0	16.0	0.0	5.0	12.5	7.5	83.0	131.8	79.0	933.3
35	1998	141.0	130.3	136.8	17.5	0.0	0.0	0.0	0.0	14.0	72.0	104.5	115.0	731.1
36	1999	173.5	140.6	84.2	93.3	9.2	0.0	1.6	0.0	19.1	34.4	40.7	106.3	702.9
37	2000	119.2	184.2	112.0	30.6	7.5	14.8	6.0	16.1	22.5	92.3	41.3	138.1	784.6
38	2001	246.0	159.6	180.9	45.2	15.7	3.3	21.3	15.8	18.9	84.0	81.3	198.3	1070.3
39	2002	128.0	236.1	174.2	69.0	13.7	0.6	27.8	17.3	62.3	65.5	108.4	121.9	1024.8
40	2003	167.2	164.4	150.6	63.5	16.4	8.7	0.0	6.0	17.1	64.4	50.2	110.0	818.5
41	2004	260.9	175.4	81.5	51.2	25.4	10.2	8.9	16.9	71.5	57.2	67.2	164.0	990.3
42	2005	85.8	130.3	148.0	52.0	2.1	0.0	0.2	4.3	11.0	74.2	101.5	105.7	715.1
43	2006	163.7	232.3	95.6	140.6	1.1	11.1	0.0	7.3	4.3	80.2	101.3	149.3	986.8
44	2007	172.6	175.6	226.5	77.6	14.1	0.0	4.8	0.0	4.0	52.5	99.7	102.7	930.1
45	2008	158.6	140.8	128.3	33.7	12.9	4.4	0.0	3.1	17.0	77.9	78.3	129.5	784.5
46	2009	136.7	105.6	80.5	41.8	8.6	0.0	19.1	0.0	11.0	18.2	202.5	111.1	735.1
47	2010	297.4	88.5	111.8	60.2	1.8	0.0	0.0	12.8	5.3	58.3	42.3	156.2	834.6
48	2011	119.1	151.8	135.7	60.2	9.3	4.7	7.1	8.9	56.5	50.9	42.8	189.7	836.7
49	2012	198.7	232.7	93.1	71.2	2.6	10.2	1.1	2.9	27.7	32.1	92.1	176.0	940.4
50	2013	179.7	167.1	91.8	46.2	8.9	1.3	0.0	19.9	22.3	56.1	109.5	210.3	913.1
51	2014	142.7	126.0	106.0	89.7	12.0	1.3	2.3	6.3	15.3	66.0	112.3	103.7	783.7
52	2015	138.0	140.8	83.7	68.0	33.3	5.7	3.0	3.8	25.7	75.0	107.3	122.3	806.6
53	2016	174.0	121.9	73.3	69.3	29.3	5.7	2.3	3.3	36.8	66.7	110.7	168.7	862.0
54	2017	176.7	122.1	61.0	60.8	25.3	4.5	3.0	2.3	34.5	51.3	86.7	139.7	767.9
Nº Datos		54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54
Media		166.5	143.0	112.4	58.5	15.4	4.9	4.3	7.9	33.3	59.5	84.5	132.4	822.5
Desv. Estandar		62.16	40.87	44.43	34.43	14.48	9.41	8.03	11.44	51.96	24.33	37.34	40.07	115.25
Coef. Variacion		0.37	0.29	0.40	0.59	0.94	1.92	1.85	1.45	1.56	0.41	0.44	0.30	0.14
Prec. Max.		393.0	236.1	232.0	164.0	76.0	50.0	44.0	73.0	365.0	108.0	202.5	210.3	393.0
Prec. Min.		85.8	48.0	39.0	8.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	9.0	29.0	42.0	0.0
Prec. 75%		124.53	115.47	82.39	35.25	5.63	0.00	0.00	0.16	0.00	43.04	59.34	105.41	744.76



**ESTUDIO GEOLÓGICO Y GEOTÉCNICO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA PRESA COLLINI, DISTRITO DE PITUMARCA, PROVINCIA DE CANCHIS, DEPARTAMENTO DEL CUSCO.**



Estación : CORPAC				Latitud : 13°32'00" S						Departamento : Cusco		Provincia : Cusco			
Tipo: S-608				Longitud : 71°58'00" W						Distrito : Wanchaq					
Nº REG	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL	
1	1964	142.3	120.9	164.6	23.7	6.1	0.0	0.0	5.1	39.7	51.5	48.4	69.5	671.8	
2	1965	102.9	170.5	158.7	77.6	11.8	0.0	1.0	1.0	44.2	59.4	63.0	186.7	876.8	
3	1966	110.5	184.0	79.6	12.3	25.2	0.0	0.0	0.8	29.7	78.3	62.0	40.4	622.8	
4	1967	82.8	106.0	134.0	16.1	1.8	0.6	9.0	23.7	25.2	78.9	51.6	89.4	619.1	
5	1968	56.6	72.5	47.4	19.7	0.4	5.2	42.0	7.4	10.2	36.1	50.5	41.5	389.5	
6	1969	114.5	83.7	80.8	9.6	5.0	3.5	9.3	0.0	15.9	22.1	42.7	73.1	460.2	
7	1970	126.9	69.4	92.4	68.9	13.5	3.5	2.2	0.6	22.0	21.5	36.2	191.6	648.7	
8	1971	94.8	127.4	46.9	32.7	1.7	0.0	0.1	1.7	5.0	49.1	44.4	125.5	529.3	
9	1972	154.3	68.0	54.1	36.7	2.4	0.0	3.5	24.2	18.0	15.0	66.2	147.4	589.8	
10	1973	205.5	78.5	127.1	91.0	4.0	0.0	1.0	18.0	16.5	22.0	74.4	80.3	718.3	
11	1974	124.4	153.9	138.2	72.2	8.0	12.0	0.0	32.2	5.0	25.6	37.6	123.2	732.3	
12	1975	145.9	179.4	126.3	115.0	26.6	0.0	0.0	4.2	9.6	37.1	49.8	130.0	823.9	
13	1976	201.0	200.0	106.6	35.0	12.0	7.1	0.0	3.0	72.0	27.5	37.7	117.3	819.2	
14	1977	77.7	236.5	53.2	35.4	0.0	0.0	0.0	0.0	25.4	38.0	84.3	50.2	600.7	
15	1978	167.1	62.1	70.1	41.2	6.7	2.0	0.0	0.0	1.0	19.0	128.0	126.0	623.2	
16	1979	137.0	112.0	134.0	65.3	17.0	0.0	5.0	15.5	2.5	16.0	148.0	158.5	810.8	
17	1980	120.0	184.0	165.7	34.0	9.0	0.0	2.0	0.0	6.0	82.0	89.1	73.9	765.7	
18	1981	256.0	91.1	153.2	0.0	0.0	0.0	0.0	6.0	19.0	84.4	95.5	120.7	825.9	
19	1982	168.4	160.4	186.4	28.6	0.0	0.0	0.0	16.0	22.0	67.2	104.9	63.6	817.5	
20	1983	120.0	82.4	46.1	8.3	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	20.0	61.1	130.0	469.9	
21	1984	360.4	252.7	55.0	49.0	0.0	2.8	14.4	24.0	15.3	107.8	94.2	115.5	1,091.1	
22	1985	124.8	90.8	94.5	61.6	13.5	7.6	2.0	8.0	44.6	79.2	140.8	199.7	867.1	
23	1986	206.9	144.6	206.7	78.7	5.7	0.0	6.2	15.3	29.8	35.7	58.0	57.6	845.2	
24	1987	297.5	78.8	69.1	20.0	2.3	4.2	12.7	0.0	17.1	25.2	68.5	85.3	680.7	
25	1988	131.6	72.1	190.4	47.0	6.6	0.0	0.0	0.0	28.9	14.7	75.8	101.6	668.7	
26	1989	143.4	80.4	127.6	26.0	2.3	17.1	0.0	10.0	16.2	55.1	58.8	55.0	591.9	
27	1990	158.9	89.8	68.5	99.8	7.1	27.2	0.0	9.2	23.6	97.8	90.1	73.5	745.5	
28	1991	77.0	139.5	87.0	45.8	5.5	6.2	2.6	0.0	54.0	47.6	100.7	121.7	687.6	
29	1992	77.0	121.3	76.0	32.0	0.0	0.0	0.0	15.3	32.0	84.4	104.8	199.7	742.5	
30	1993	256.0	78.8	94.5	2.6	14.5	0.0	0.0	5.6	6.5	76.4	103.0	180.0	817.9	
31	1994	198.2	203.8	186.0	56.5	10.0	0.0	0.0	0.0	12.0	38.6	71.9	127.0	904.0	
32	1995	145.9	89.3	73.0	7.0	2.0	0.0	0.0	0.0	95.0	36.0	46.0	49.0	543.2	
33	1996	186.0	189.0	66.0	39.0	3.0	0.0	0.0	26.0	11.0	80.0	49.0	83.0	732.0	
34	1997	173.0	104.0	135.0	52.0	15.0	0.0	1.0	13.0	11.0	34.0	91.0	90.0	719.0	
35	1998	145.1	170.1	62.3	32.5	10.0	2.0	0.0	4.5	1.8	40.7	40.0	56.7	565.7	
36	1999	175.0	74.0	141.0	27.0	5.0	0.0	0.0	0.0	93.0	37.0	37.0	146.0	735.0	
37	2000	83.0	74.0	115.0	52.0	8.0	22.0	5.0	8.0	21.0	49.0	41.0	98.0	576.0	
38	2001	199.0	137.0	118.0	0.0	1.0	0.0	12.0	6.0	1.0	38.0	99.0	178.0	789.0	
39	2002	126.0	124.0	105.0	3.0	6.0	1.0	3.0	11.0	13.0	47.0	86.0	179.0	704.0	
40	2003	182.5	143.8	146.4	71.4	4.8	5.8	0.2	22.6	6.2	26.5	30.8	49.6	690.6	
41	2004	179.2	124.6	75.6	33.2	3.6	20.6	11.0	8.9	18.4	34.0	49.6	91.4	650.1	
42	2005	106.6	100.4	92.6	19.0	1.8	0.2	1.8	2.8	4.4	31.0	40.6	86.8	488.0	
43	2006	226.0	93.5	121.2	60.2	0.0	8.0	0.0	7.2	7.6	87.4	61.0	183.0	855.1	
44	2007	143.0	134.0	127.0	55.0	4.0	0.0	1.0	0.0	6.0	41.0	64.0	61.0	636.0	
45	2008	116.0	59.0	89.0	10.0	0.0	1.0	0.0	4.0	6.0	40.0	45.0	116.0	486.0	
46	2009	100.0	104.0	79.0	28.0	0.0	0.0	5.0	0.0	9.0	17.0	57.0	46.0	445.0	
47	2010	257.0	208.0	113.0	9.0	1.0	0.0	1.0	7.0	5.0	48.0	48.0	174.0	871.0	
48	2011	125.0	234.0	128.0	31.0	3.0	1.0	0.0	0.0	12.0	29.0	74.0	127.0	764.0	
49	2012	185.0	100.0	59.0	17.0	0.0	1.0	1.0	0.0	31.0	37.0	105.0	115.0	651.0	
50	2013	89.0	109.0	80.0	19.0	2.0	0.0	1.0	1.0	11.0	49.0	121.0	154.0	636.0	
51	2014	196.5	140.2	104.9	26.3	7.4	0.0	0.0	7.9	31.1	57.8	67.5	109.8	749.3	
52	2015	175.8	146.5	115.0	38.6	7.5	0.0	0.3	9.8	32.3	47.2	64.5	87.3	724.6	
53	2016	162.5	138.1	84.1	32.6	7.5	0.5	0.3	10.9	29.7	47.7	56.5	69.7	640.0	
54	2017	169.8	134.3	101.1	37.6	8.3	0.5	0.3	10.9	29.2	47.9	54.3	93.9	687.9	
Nº Datos		54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	
Media		153.7	125.3	106.9	38.2	5.8	3.2	3.1	7.4	20.7	46.3	70.5	110.8	691.9	
Desv. Estandar		60.86	50.88	42.00	26.94	6.23	6.22	6.77	8.52	20.96	24.15	29.04	47.22	139.56	
Coef. Variacion		0.40	0.41	0.39	0.71	1.08	1.92	2.17	1.16	1.01	0.52	0.41	0.43	0.20	
Prec. Max.		360.4	252.7	206.7	115.0	26.6	27.2	42.0	32.2	95.0	107.8	148.0	199.7	360.4	
Prec. Min.		56.6	59.0	46.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	14.7	30.8	40.4	0.0	
Prec. 75%		112.60	91.02	78.61	19.98	1.58	0.00	0.00	1.63	6.55	30.01	50.95	78.93	597.75	



## ESTUDIO GEOLÓGICO Y GEOTÉCNICO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA PRESA COLLINI, DISTRITO DE PITUMARCA, PROVINCIA DE CANCHIS, DEPARTAMENTO DEL CUSCO.



Estacion : KAYRA				Latitud : 13°33'25" S						Departamento : Cusco		Provincia : Cusco			
Tipo: CP-607				Longitud : 71°52'31" W						Provincia : Cusco		Distrito : San Jeronimo			
				Altitud : 3,219 msnm											
N° REG.	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL	
1	1964	100.8	92.5	101.6	26.0	6.5	0.0	0.0	0.0	0.0	36.5	58.0	75.6	497.5	
2	1965	101.8	100.5	111.9	88.0	5.8	0.0	0.4	1.0	29.4	58.3	42.5	153.0	692.6	
3	1966	78.3	171.2	79.9	18.3	19.8	0.0	0.0	1.7	29.9	59.7	65.2	71.4	595.4	
4	1967	59.1	118.4	140.3	19.0	1.8	0.6	11.0	19.0	32.8	70.9	57.2	125.6	655.7	
5	1968	149.9	106.6	84.5	74.6	6.3	5.3	30.9	8.6	16.3	84.6	86.7	54.4	708.7	
6	1969	144.4	77.8	88.3	16.8	2.9	3.3	7.2	3.9	22.8	29.8	54.7	72.9	524.8	
7	1970	170.7	92.6	132.5	86.4	2.3	1.0	3.7	3.4	42.1	46.1	48.2	177.4	806.4	
8	1971	128.9	161.6	83.6	40.0	1.5	0.1	0.0	5.7	3.5	55.7	51.0	127.5	659.1	
9	1972	192.1	66.8	57.2	29.7	3.4	0.0	6.5	27.3	12.2	7.9	50.2	100.2	553.5	
10	1973	221.3	120.5	99.6	75.2	14.0	0.0	9.1	11.8	14.5	65.1	88.8	96.5	816.4	
11	1974	102.5	157.7	121.5	34.5	3.6	8.2	1.0	34.6	5.9	43.3	60.9	108.0	681.7	
12	1975	124.7	131.0	55.3	66.8	22.5	0.7	0.3	0.6	51.1	47.5	51.0	170.1	721.6	
13	1976	119.6	83.1	123.1	42.9	13.0	8.7	0.7	0.0	26.8	25.3	47.8	66.8	557.8	
14	1977	116.7	122.8	69.3	47.6	7.9	0.0	4.4	0.0	29.9	65.0	71.5	78.0	613.1	
15	1978	175.4	106.6	88.5	48.7	11.4	0.0	3.4	0.0	10.7	12.8	88.7	117.9	664.1	
16	1979	101.1	131.6	108.8	46.8	6.2	0.0	0.9	8.1	11.5	18.4	85.6	81.8	600.8	
17	1980	106.2	126.4	135.0	23.2	3.7	0.0	5.3	1.0	12.6	62.9	60.2	83.1	619.6	
18	1981	125.4	80.8	124.4	58.9	1.8	3.9	0.0	9.8	45.9	106.9	120.8	144.3	822.9	
19	1982	178.9	115.5	143.1	58.8	0.0	9.2	3.4	4.9	14.0	37.9	122.5	98.6	786.8	
20	1983	127.8	84.0	54.5	29.8	3.4	6.2	0.5	0.9	5.5	26.0	44.3	100.2	483.1	
21	1984	198.6	142.4	71.0	82.8	0.0	2.0	1.3	11.4	4.2	114.6	69.4	102.8	800.5	
22	1985	129.1	119.4	74.2	33.2	15.6	11.6	0.9	0.0	43.3	62.1	116.5	122.4	728.3	
23	1986	76.4	92.2	125.7	65.5	6.2	0.0	1.8	4.2	7.5	17.3	69.6	102.7	569.1	
24	1987	224.3	87.9	48.6	13.1	2.1	1.3	9.2	0.0	8.2	29.5	101.8	107.6	633.6	
25	1988	159.2	84.3	166.5	108.9	4.6	0.0	0.0	0.0	9.9	36.2	39.6	93.4	702.6	
26	1989	151.4	126.8	119.3	38.6	6.4	9.1	0.0	6.1	30.7	48.7	60.7	88.5	686.3	
27	1990	157.6	90.4	60.7	47.4	7.5	31.8	0.0	5.8	13.3	73.7	87.0	65.1	640.3	
28	1991	97.6	163.6	105.1	49.6	10.1	5.1	1.5	0.0	20.2	49.3	70.6	86.8	659.5	
29	1992	139.3	126.8	104.0	19.7	0.0	19.4	0.0	21.4	8.0	50.7	117.4	57.2	663.9	
30	1993	208.5	90.4	76.2	18.8	46.6	0.0	2.7	6.9	17.0	46.2	111.9	201.5	826.7	
31	1994	176.4	163.6	173.9	45.5	11.8	0.0	0.0	0.0	25.7	20.2	40.5	119.9	797.5	
32	1995	122.0	94.8	94.4	17.8	0.0	0.0	0.6	1.2	28.8	46.7	70.2	102.6	559.1	
33	1996	131.9	98.0	70.5	32.3	11.0	0.0	0.0	6.3	19.6	58.4	49.0	133.2	610.2	
34	1997	123.3	127.7	104.8	31.0	4.8	0.0	0.0	7.1	12.3	44.4	200.4	148.4	804.2	
35	1998	116.3	139.3	22.0	31.0	1.6	1.9	0.0	1.6	6.8	38.3	45.2	58.9	462.9	
36	1999	90.2	91.5	92.0	42.8	1.3	3.4	1.0	0.0	43.1	18.4	39.7	119.5	542.9	
37	2000	197.4	141.5	119.5	10.9	2.6	5.8	2.7	4.5	10.7	49.2	27.0	82.0	653.8	
38	2001	233.0	173.1	137.4	48.0	11.5	0.0	17.4	10.2	20.1	19.9	92.6	89.4	852.6	
39	2002	134.5	184.6	112.7	21.6	16.2	2.5	27.1	3.2	10.3	78.7	97.8	132.4	821.6	
40	2003	163.9	132.4	147.9	56.5	2.0	6.4	0.0	21.3	3.7	34.6	23.1	123.8	715.6	
41	2004	173.7	125.8	66.5	20.2	2.4	20.5	12.0	9.0	21.7	25.6	60.9	87.9	626.2	
42	2005	141.0	130.6	120.2	33.1	3.2	0.4	1.2	4.0	4.5	39.1	59.3	101.2	637.8	
43	2006	203.4	155.5	145.9	40.9	0.2	4.9	0.0	10.5	7.5	72.5	67.8	147.2	856.3	
44	2007	140.8	58.7	107.3	93.6	5.8	0.0	4.0	0.0	1.0	49.4	74.0	88.4	623.0	
45	2008	108.8	109.2	64.4	7.6	8.7	1.8	0.0	3.9	13.9	58.9	90.2	138.6	606.0	
46	2009	112.5	108.3	79.1	21.3	5.3	0.0	3.3	0.7	15.1	7.0	91.3	82.1	526.0	
47	2010	275.6	148.7	147.4	18.2	1.3	0.0	1.4	4.7	7.0	63.5	40.0	172.7	880.5	
48	2011	103.4	179.3	131.9	67.6	3.9	3.2	3.7	0.0	38.9	37.4	60.2	110.2	739.7	
49	2012	78.0	159.8	41.7	48.1	4.5	1.2	0.0	0.0	18.4	19.5	128.1	179.5	678.8	
50	2013	180.5	136.4	75.7	15.1	25.6	6.1	2.0	12.4	6.3	89.5	101.5	158.2	809.3	
51	2014	161.9	116.5	36.5	35.0	10.1	0.0	3.2	5.8	12.6	48.1	29.6	152.1	611.4	
52	2015	169.8	146.5	66.7	69.8	18.6	3.9	10.3	4.6	16.1	19.1	48.6	113.0	687.0	
53	2016	104.0	153.1	54.3	24.4	3.0	0.0	4.5	0.5	7.0	79.5	28.0	89.8	548.1	
54	2017	111.2	122.4	122.8	47.5	11.2	5.9	0.0	8.4	17.7	48.1	70.3	110.8	676.4	
N° Datos		54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	
Media		143.5	120.6	98.0	42.4	7.5	3.6	3.7	5.9	17.6	47.3	71.0	110.1	671.2	
Desv. Estandar		45.92	31.28	34.83	23.59	8.09	5.98	6.25	7.30	12.55	23.66	32.13	35.12	107.74	
Coef. Variacion		0.32	0.26	0.36	0.56	1.08	1.65	1.68	1.24	0.71	0.50	0.45	0.32	0.16	
Prec. Max.		275.6	184.6	173.9	108.9	46.6	31.8	30.9	34.6	51.1	114.6	200.4	201.5	275.6	
Prec. Min.		59.1	58.7	22.0	7.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.0	23.1	54.4	0.0	
Prec. 75%		112.51	99.52	74.46	26.48	2.02	0.00	0.00	0.96	9.10	31.35	49.36	86.46	598.54	



# ESTUDIO GEOLÓGICO Y GEOTÉCNICO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA PRESA COLLINI, DISTRITO DE PITUMARCA, PROVINCIA DE CANCHIS, DEPARTAMENTO DEL CUSCO.



Estación : PISAC				Latitud : 13°25'40" S						Departamento : Cusco				
Tipo: CO				Longitud : 71°50'29" W						Provincia : Calca				
				Altitud : 3,147 msnm						Distrito : Pisac				
N° REG.	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1	1964	81.3	70.0	102.0	3.0	8.0	0.0	0.0	0.0	44.0	65.0	35.0	31.7	440.0
2	1965	54.5	38.6	63.0	51.0	0.0	0.0	2.5	0.0	34.9	16.2	17.0	73.5	351.2
3	1966	84.0	28.7	27.2	5.0	18.1	0.0	2.0	0.0	16.4	9.6	15.8	36.0	242.8
4	1967	51.0	78.9	96.0	0.0	13.0	2.3	17.1	9.9	9.4	37.8	59.2	65.2	439.8
5	1968	122.7	180.2	32.0	13.3	1.0	5.2	17.9	0.2	8.5	9.5	110.5	27.6	528.6
6	1969	138.3	65.9	137.2	75.6	0.0	16.5	13.0	4.1	19.9	26.6	60.5	103.7	661.3
7	1970	150.3	279.6	48.6	57.3	7.3	6.3	7.2	5.1	73.2	94.7	17.3	108.5	855.4
8	1971	155.3	291.2	80.7	58.5	4.1	5.9	2.1	9.1	0.0	50.3	18.6	43.6	719.4
9	1972	101.8	53.3	136.5	25.9	4.1	0.0	7.4	13.1	13.3	4.2	24.8	77.5	461.9
10	1973	267.2	205.1	141.0	60.6	9.5	9.7	12.8	13.4	7.1	32.9	57.2	152.0	968.5
11	1974	131.7	177.4	130.1	50.7	4.1	11.4	1.0	27.8	6.2	10.1	11.5	70.0	632.0
12	1975	80.6	101.3	83.8	44.1	44.6	5.1	0.0	0.0	25.6	13.0	45.0	68.6	511.7
13	1976	133.0	53.2	123.7	39.1	49.5	3.2	2.1	2.0	21.8	4.1	39.6	39.8	511.1
14	1977	86.5	112.5	69.4	34.3	0.0	0.0	4.0	4.1	12.4	19.0	129.3	14.2	485.7
15	1978	212.6	151.8	6.0	81.3	31.1	0.0	0.0	0.0	21.9	2.1	37.9	81.9	626.6
16	1979	210.6	163.4	179.4	59.3	7.1	8.0	6.0	2.0	19.9	18.4	39.2	73.2	786.5
17	1980	92.8	182.2	226.8	89.7	2.0	0.0	0.0	11.3	36.7	39.8	5.0	48.5	734.8
18	1981	97.9	178.3	89.7	31.4	7.3	4.2	15.3	3.0	16.4	63.6	126.9	119.9	753.9
19	1982	276.4	68.4	236.2	403.7	25.5	8.0	1.0	15.1	19.9	30.1	88.3	18.7	1191.3
20	1983	5.1	31.1	106.0	29.8	0.0	2.0	11.1	6.1	13.3	18.5	30.5	34.0	287.5
21	1984	98.4	81.0	119.0	122.0	0.0	10.0	8.0	16.5	3.0	43.5	73.9	13.6	588.9
22	1985	140.6	205.5	194.5	64.3	8.3	0.0	0.0	5.1	27.9	108.1	129.2	25.0	908.5
23	1986	27.7	116.6	134.6	38.5	12.5	0.0	2.1	3.3	4.0	2.1	8.3	11.8	361.5
24	1987	276.3	45.9	24.6	13.3	0.0	14.6	9.1	0.0	0.0	8.2	61.0	34.7	487.7
25	1988	95.4	99.6	191.4	52.4	2.0	0.0	0.0	0.0	2.3	12.0	13.7	85.8	554.6
26	1989	116.3	94.8	111.4	25.9	7.0	0.0	3.0	9.2	7.2	20.5	20.5	27.1	442.9
27	1990	76.7	45.6	20.3	82.6	6.2	38.4	0.0	3.0	8.4	44.1	96.4	113.0	534.7
28	1991	76.2	101.8	64.5	31.4	11.5	8.0	0.0	2.0	2.0	50.7	70.7	65.3	484.1
29	1992	81.0	45.4	31.7	14.4	0.0	26.0	0.0	13.3	4.0	32.0	91.8	73.0	412.6
30	1993	178.9	82.9	12.4	36.0	8.2	4.2	8.2	14.0	3.0	18.2	87.0	109.8	562.8
31	1994	167.2	118.0	151.6	59.8	5.3	0.0	0.0	0.0	12.4	52.6	13.2	158.6	738.7
32	1995	98.9	79.5	80.0	7.2	4.2	0.0	0.0	0.0	12.2	24.2	18.2	51.6	376.0
33	1996	117.6	69.3	44.4	69.3	12.1	0.0	0.0	21.6	9.3	52.5	49.3	72.0	517.4
34	1997	82.7	100.0	97.6	3.3	2.9	0.0	0.0	21.3	18.1	13.5	108.9	97.8	546.1
35	1998	126.3	98.7	38.2	21.6	8.0	3.0	0.0	1.0	13.5	63.8	55.2	55.3	484.6
36	1999	93.2	113.9	44.3	28.3	4.9	3.7	2.6	0.0	30.9	17.7	44.0	111.0	494.5
37	2000	159.8	105.4	58.7	2.2	9.1	3.7	0.0	2.0	4.4	41.6	11.0	70.0	467.9
38	2001	211.2	136.4	152.2	19.9	12.1	0.0	19.4	5.6	8.0	50.0	77.4	102.0	794.2
39	2002	90.6	161.4	106.1	35.8	6.6	4.3	46.6	33.0	10.9	39.4	91.6	127.9	754.2
40	2003	114.4	108.7	110.7	15.8	4.4	6.8	0.0	23.6	4.0	31.7	18.3	120.9	559.3
41	2004	149.9	109.2	95.6	15.8	2.0	16.4	10.3	6.9	32.5	25.9	43.0	94.3	601.8
42	2005	127.0	76.9	69.1	29.6	0.0	0.0	1.5	3.7	4.1	18.0	50.5	58.6	439.0
43	2006	170.7	82.2	125.0	34.5	0.0	30.0	0.0	14.3	5.2	42.7	69.7	117.1	691.4
44	2007	102.7	55.8	135.8	42.1	7.6	0.0	1.7	0.0	4.9	32.7	66.9	83.3	533.5
45	2008	154.3	151.5	61.5	8.5	5.9	3.6	0.7	3.2	9.8	46.8	64.1	133.9	643.8
46	2009	89.9	89.4	66.2	14.1	0.2	0.0	3.1	0.8	20.4	8.2	117.9	125.3	535.5
47	2010	270.7	119.9	171.0	5.1	1.8	1.1	1.4	8.4	1.8	64.8	26.3	200.2	872.5
48	2011	100.7	170.6	109.2	32.9	6.8	7.0	8.6	0.6	20.6	25.8	48.0	140.5	671.3
49	2012	78.8	157.0	54.2	30.1	1.2	0.0	0.9	0.5	22.3	8.6	114.8	159.0	627.4
50	2013	102.1	153.9	68.1	23.3	10.7	5.4	4.1	15.8	5.6	115.3	69.5	108.0	681.8
51	2014	145.2	83.4	69.4	50.5	12.9	0.0	1.3	1.5	23.1	28.5	12.6	106.9	535.3
52	2015	78.8	50.3	28.6	48.9	12.6	0.0	27.1	3.6	13.2	7.5	20.8	52.3	343.7
53	2016	87.2	85.4	19.9	28.7	22.7	1.5	7.4	0.0	14.3	73.7	27.4	99.3	467.5
54	2017	67.2	53.1	117.5	55.4	13.0	3.2	0.8	7.7	9.1	33.6	52.0	83.6	496.2
N° Datos		54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54
Media		123.9	110.4	94.3	44.0	8.5	5.2	5.4	6.8	14.7	33.8	53.6	81.0	581.5
Desv. Estandar		59.92	57.97	54.66	55.96	10.08	8.08	8.37	7.92	12.97	25.70	35.63	42.67	180.47
Coef. Variacion		0.48	0.53	0.58	1.27	1.19	1.56	1.56	1.16	0.88	0.76	0.67	0.53	0.31
Prec. Max.		276.4	291.2	236.2	403.7	49.5	38.4	46.6	33.0	73.2	115.3	129.3	200.2	403.7
Prec. Min.		5.1	28.7	6.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.1	5.0	11.8	0.0
Prec. 75%		83.44	71.27	57.48	6.28	1.70	0.00	0.00	1.47	5.94	16.44	29.53	52.27	459.79



## ESTUDIO GEOLÓGICO Y GEOTÉCNICO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA PRESA COLLINI, DISTRITO DE PITUMARCA, PROVINCIA DE CANCHIS, DEPARTAMENTO DEL CUSCO.



Estacion : PAUCARTAMBO				Latitud : 13°19'28" S						Departamento : Cusco		Provincia : Paucartambo			
Tipo: CO				Longitud : 71°35'26" W						Provincia : Paucartambo		Distrito : Paucartambo			
				Altitud : 2,924 msnm											
N° REG	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL	
1	1964	35.8	61.3	57.0	82.0	5.2	2.0	0.0	0.0	22.7	18.9	27.2	61.0	373.1	
2	1965	123.0	53.0	78.0	31.2	2.5	0.0	6.5	9.0	24.9	17.8	65.0	140.8	551.7	
3	1966	59.9	147.7	77.9	9.9	27.6	0.0	5.0	15.3	11.3	6.0	37.6	66.0	464.2	
4	1967	71.0	9.0	39.6	19.0	2.0	14.0	11.0	45.0	9.0	23.0	77.0	63.0	382.6	
5	1968	85.0	40.0	79.0	36.0	8.0	13.0	5.0	5.0	25.0	45.0	18.0	30.0	389.0	
6	1969	194.0	144.0	165.0	57.0	1.0	1.0	10.0	7.0	3.0	20.0	32.0	60.0	694.0	
7	1970	51.0	50.0	73.0	59.0	2.0	4.0	38.0	13.0	11.0	13.0	56.0	115.0	485.0	
8	1971	69.0	104.0	156.0	25.0	2.0	0.0	1.0	68.0	1.0	51.0	14.0	73.0	564.0	
9	1972	95.0	74.0	226.3	31.4	2.9	0.8	33.9	43.6	49.4	19.6	37.0	58.8	672.7	
10	1973	165.3	113.1	79.7	54.5	34.0	4.0	0.0	11.0	3.5	28.0	19.0	85.5	597.6	
11	1974	219.0	161.0	96.0	97.0	0.0	0.0	6.0	118.0	32.0	0.0	0.0	44.2	773.2	
12	1975	132.7	108.3	57.5	26.1	31.4	6.9	6.2	24.5	27.7	21.3	13.9	64.3	520.8	
13	1976	79.9	84.6	82.8	19.5	6.6	6.7	0.0	0.0	11.4	0.0	10.9	30.1	332.5	
14	1977	77.0	79.0	111.0	60.0	0.0	18.0	0.0	8.0	26.0	3.0	78.0	88.0	548.0	
15	1978	215.0	34.0	13.0	32.0	20.0	7.0	0.5	21.2	16.9	33.8	62.4	95.1	550.9	
16	1979	61.8	38.4	55.0	52.0	58.0	0.0	0.0	0.0	14.0	38.0	38.0	51.0	406.2	
17	1980	48.0	38.4	62.5	19.2	6.8	2.2	9.7	5.9	6.7	25.6	9.2	25.1	259.3	
18	1981	33.5	141.0	119.0	55.0	6.0	2.0	0.0	6.2	0.0	19.0	56.0	102.0	539.7	
19	1982	12.8	13.4	10.9	1.6	2.9	0.0	1.3	6.9	37.0	36.0	78.0	53.0	253.8	
20	1983	146.0	69.0	136.0	57.0	0.0	2.0	4.0	28.0	15.0	21.0	5.0	47.0	530.0	
21	1984	131.0	151.0	73.0	23.0	3.0	2.0	10.0	4.0	15.0	11.0	78.0	90.0	591.0	
22	1985	143.0	159.0	149.0	42.0	21.0	0.0	0.0	0.0	7.0	28.0	36.0	62.0	647.0	
23	1986	112.0	87.0	85.0	62.0	20.0	4.0	2.0	2.0	29.0	0.0	34.0	55.0	492.0	
24	1987	212.0	120.0	43.0	42.8	12.5	7.6	38.1	0.0	3.3	39.6	63.6	100.8	683.3	
25	1988	147.5	74.9	136.4	106.8	6.4	4.6	0.0	3.5	5.4	30.4	32.8	75.7	624.4	
26	1989	100.6	74.3	160.3	85.6	15.5	1.3	6.1	5.0	10.0	0.0	19.0	45.0	522.7	
27	1990	232.0	171.0	81.9	18.8	14.4	32.7	0.0	0.0	4.8	37.4	63.7	58.6	715.3	
28	1991	35.1	123.7	43.6	3.1	0.0	26.2	1.0	0.0	6.1	17.7	34.5	22.6	313.6	
29	1992	41.5	60.0	23.9	20.4	21.8	6.6	14.6	25.3	2.3	37.5	32.7	26.1	312.7	
30	1993	195.1	115.1	57.1	27.7	25.5	0.0	8.9	59.6	38.8	27.0	65.5	141.8	762.1	
31	1994	117.3	108.7	68.2	62.0	6.7	4.2	0.0	4.4	17.2	52.2	35.6	114.5	591.0	
32	1995	83.0	85.0	143.0	50.0	9.0	1.0	3.0	21.0	35.0	25.0	30.0	65.0	550.0	
33	1996	200.0	99.0	111.0	41.0	4.0	1.0	0.0	20.0	22.0	57.0	50.0	90.0	695.0	
34	1997	230.0	157.0	104.0	76.0	33.0	2.0	0.0	14.0	10.0	58.0	54.0	98.0	836.0	
35	1998	111.8	91.8	72.6	11.4	0.0	29.1	0.0	0.3	2.9	30.2	45.4	64.1	459.6	
36	1999	96.9	159.7	82.4	75.0	2.8	1.0	2.0	0.7	41.5	40.5	6.1	91.0	599.6	
37	2000	205.4	154.8	119.0	36.0	21.4	13.4	0.0	11.0	7.1	54.9	3.6	49.2	675.8	
38	2001	180.2	136.2	136.8	85.4	13.5	1.5	15.7	34.6	6.7	65.3	68.3	50.2	794.4	
39	2002	89.8	144.8	118.1	76.3	1.5	11.0	55.0	9.6	20.1	33.0	49.6	109.5	718.3	
40	2003	105.6	128.1	102.6	47.4	159.0	3.6	3.4	19.3	14.5	29.3	31.3	113.6	757.7	
41	2004	141.5	70.3	88.2	25.0	13.1	8.3	43.3	42.8	16.4	27.0	34.6	98.7	609.2	
42	2005	63.3	124.0	79.2	28.0	0.0	0.0	1.2	46.2	15.6	16.8	32.8	61.5	468.6	
43	2006	153.0	70.1	86.0	33.2	0.0	5.8	0.0	16.5	6.5	64.7	82.1	124.1	642.0	
44	2007	131.4	66.9	133.2	49.9	14.3	1.1	2.5	6.8	3.5	43.7	31.8	99.0	584.1	
45	2008	126.9	112.6	75.4	24.2	3.2	22.0	2.4	2.8	6.9	36.2	38.8	119.6	571.0	
46	2009	114.7	138.4	97.2	22.8	0.0	0.0	5.7	10.4	12.2	7.2	89.0	79.4	577.0	
47	2010	160.5	151.8	150.1	27.6	9.5	14.0	5.6	0.8	11.9	64.7	15.0	123.8	735.3	
48	2011	145.4	139.0	138.0	86.7	5.6	1.8	18.9	8.4	24.4	37.8	4.0	136.8	746.8	
49	2012	113.6	187.9	98.0	55.0	4.7	3.2	13.1	10.8	20.9	18.4	41.0	237.8	804.4	
50	2013	62.0	185.9	102.0	28.3	19.7	0.0	0.0	3.0	9.3	112.4	77.0	186.0	785.6	
51	2014	100.1	116.8	97.0	44.2	43.4	5.7	25.7	29.5	16.7	26.5	37.1	95.8	638.5	
52	2015	72.2	98.1	76.1	34.6	12.8	1.4	4.2	8.5	13.3	25.1	44.0	99.5	489.7	
53	2016	122.3	82.8	91.7	33.0	6.6	1.4	4.2	8.5	10.5	23.4	43.7	95.8	523.9	
54	2017	118.7	93.4	95.5	40.1	8.8	1.7	2.9	7.9	8.1	19.2	47.8	101.1	545.0	
N° Datos		54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	
Media		119.1	104.2	94.7	44.0	13.6	5.9	7.8	16.4	15.5	30.9	40.3	82.8	575.1	
Desv. Estandar		58.12	45.82	42.39	25.26	24.06	7.89	12.54	21.88	11.68	21.11	24.07	41.49	149.45	
Coef. Variacion		0.49	0.44	0.45	0.57	1.77	1.35	1.61	1.34	0.75	0.68	0.60	0.50	0.26	
Prec. Max.		232.0	187.9	226.3	106.8	159.0	32.7	55.0	118.0	49.4	112.4	89.0	237.8	237.8	
Prec. Min.		12.8	9.0	10.9	1.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	22.6	0.0	
Prec. 75%		79.93	73.32	66.08	26.92	0.00	0.53	0.00	1.61	7.60	16.62	24.05	54.86	474.27	





**ESTUDIO GEOLÓGICO Y GEOTÉCNICO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA PRESA COLLINI, DISTRITO DE PITUMARCA, PROVINCIA DE CANCHIS, DEPARTAMENTO DEL CUSCO.**



		<b>INFORME DE ENSAYO</b>				CODIGO: GEO-0029-2022
		REGISTRO DE AUSCULTACIÓN DINÁMICA LIGERA - DPL				FECHA: 13/08/2022
						CALICATA: C-01
						ENSAYADO POR: BACHILLERES
						COLOR DE SUELO: MARRON CLARO
						COORDENADAS:
						NORTE: 8457933.99
						ESTE: 241930.26
						COTA: 4688msnm
						ALTURA NF: NF
PROYECTO: ESTUDIO GEOLÓGICO Y GEOTÉCNICO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA PRESA COLLINI, DISTRITO DE PITUMARCA, PROVINCIA DE CANCHIS, DEPARTAMENTO DEL CUSCO.						
SOLICITANTE: YESSY RUIZ PERALTA RAFAEL NELSON ESQUIVEL CHAÑI						
PROFUNDIDAD: -1.50m						
<b>PERFORACION : DPL-1</b>						
PROF. (m)	DESCRIPCION DEL SUELO	U L C S	N <sub>60</sub>	CORRELACIONES		ENSAYOS DE PENETRACION DINAMICA LIGERA D <sub>60</sub> de golpe 15 cm
				q <sub>tip</sub>	c <sub>u</sub> (kg/cm <sup>2</sup> ) c <sub>u</sub> (kg/cm <sup>2</sup> ) c <sub>u</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	
0.00			0			0.0
0.05			0			0.0
0.10			0			0.0
0.15			0			0.0
0.20			0			0.0
0.25			0			0.0
0.30			0			0.0
0.35			0			0.0
0.40			0			0.0
0.45			0			0.0
0.50			0			0.0
0.55			0			0.0
0.60			0			0.0
0.65			0			0.0
0.70			0			0.0
0.75			0			0.0
0.80			0			0.0
0.85			0			0.0
0.90			0			0.0
0.95			0			0.0
1.00			0			0.0
1.05			0			0.0
1.10			0			0.0
1.15			0			0.0
1.20			0			0.0
1.25			0			0.0
1.30			0			0.0
1.35			0			0.0
1.40			0			0.0
1.45			0			0.0
1.50			0			0.0
1.55			0			0.0
1.60			0			0.0
1.65			0			0.0
1.70			0			0.0
1.75			0			0.0
1.80			0			0.0
1.85			0			0.0
1.90			0			0.0
1.95			0			0.0
2.00			0			0.0
2.05			0			0.0
2.10			0			0.0
2.15			0			0.0
2.20			0			0.0
2.25			0			0.0
2.30			0			0.0
2.35			0			0.0
2.40			0			0.0
2.45			0			0.0
2.50			0			0.0
2.55			0			0.0
2.60			0			0.0
2.65			0			0.0
2.70			0			0.0
2.75			0			0.0
2.80			0			0.0
2.85			0			0.0
2.90			0			0.0
2.95			0			0.0
3.00			0			0.0

**OBSERVACIONES:**  
 Los ensayos carecen de validez sin la extracción de muestra y correlaciones con los perfiles estratigráficos y clasificación de suelos de cada estrato.  
 El ensayo se realizó en la parte exterior de la calicata ( al costado de la misma).  
 El ángulo de fricción y cohesión se estimaron correlacionando el DPL con SPT (suelos gruesos).





**ESTUDIO GEOLÓGICO Y GEOTÉCNICO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA PRESA COLLINI, DISTRITO DE PITUMARCA, PROVINCIA DE CANCHIS, DEPARTAMENTO DEL CUSCO.**



	<b>INFORME DE ENSAYO</b>			CODIGO:	GEO - 00023-2022
	LIMITES DE CONSISTENCIA ASTM D4318			CALICATA:	C - 01
				FECHA:	17/08/2022
				PAGINA:	1 de 1
PROYECTO:	ESTUDIO GEOLÓGICO Y GEOTÉCNICO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA PRESA COLLINI, DISTRITO DE PITUMARCA, PROVINCIA DE CANCHIS, DEPARTAMENTO DEL CUSCO.			MUESTREADO POR:	BACHILLERES
SOLICITANTE:	YESSY RUIZ PERALTA RAFAEL NELSON ESQUIVEL CHAÑI			ELABORADO POR:	J.D.T.
UBICACIÓN:	DISTRITO DE PITUMARCA, PROVINCIA DE CANCHIS, DEPARTAMENTO DEL CUSCO.			FECHA DE ENSAYO:	14/08/2022
				PROFUNDIDAD:	1.50m
				NOOTE:	2457993.99
				ESTE:	241930.28
				COTA:	4685 manm
				METODO DE ENSAYO:	MULTIPUNTO
				COND. DE LA MUE.	ALTERADA
				PRE. DE LA MUESTRA:	HUMEDO

C-DL	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		
	1	2	3	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03
FRUEBA N°	A	B	C	1-A	2-B	3-C
RECIPIENTE N°	29	21	16			
NUMERO DE GOLPES	25 - 35	20 - 30	15 - 25			
PESO DEL RECIPIENTE (g)	22.64	15.55	21.80	23.02	23.22	22.10
PESO DEL RECIPIENTE + SUELO HUMEDO (g)	47.92	42.36	52.03	29.19	29.29	29.43
PESO DEL RECIPIENTE + SUELO SECO (g)	45.65	39.92	49.28	28.87	28.90	28.05
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	9.87	10.01	10.04	6.20	6.87	6.39



LIMITE LIQUIDO	10
LIMITE PLASTICO	6
INDICE PLASTICO	4



**ESTUDIO GEOLÓGICO Y GEOTÉCNICO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA PRESA COLLINI, DISTRITO DE PITUMARCA, PROVINCIA DE CANCHIS, DEPARTAMENTO DEL CUSCO.**



		<b>INFORME DE ENSAYO</b>		CODIGO:	Geo-00035-2022
<b>PROYECTO:</b> ESTUDIO GEOLÓGICO Y GEOTÉCNICO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA PRESA COLLINI, DISTRITO DE PITUMARCA, PROVINCIA DE CANCHIS, DEPARTAMENTO DEL CUSCO.		CLASIFICACION DE SUELOS - SUCS (ASTM D2487 - 17e1) CLASIFICACION DE SUELOS - AASHTO (ASTM D3282 - 18)		CALICATA:	C - 1B2
				FECHA:	17/08/2022
<b>SOLICITANTE:</b> BACH. YESSY RUIZ PERALTA BACH. RAFAEL NELSON ESQUIVEL CHAÑI		UBICACIÓN: DISTRITO DE PITUMARCA, PROVINCIA DE CANCHIS, DEPARTAMENTO DEL CUSCO		PAGINA:	1 de 1
				MUESTREADO POR:	Bachilleres
<b>UBICACIÓN:</b> DISTRITO DE PITUMARCA, PROVINCIA DE CANCHIS, DEPARTAMENTO DEL CUSCO				ENSAYADO POR:	J.D.T
				FECHA DE ENSAYO:	14/08/2022
				PROFUNDIDAD:	1.20m
				NOORTE:	3457915.11
				EPE:	241875.97
				COTA:	4698msnm
				<b>CARACTERÍSTICAS</b>	
				COLOR DE SUELO	GRIS
				ALTURA NF	NF
				<b>HUMEDAD ASTM D 2216</b>	
				% DE HUMEDAD	5.44
<b>CALICATA N°</b>		<b>C-02</b>			
PESO DE LA MUESTRA SECA ANTES DE LAVADO		1491.60			
PESO DE LA MUESTRA SECA DESPUES DE LAVADO		1386.45			
<b>Tamiz N°</b>	<b>(mm)</b>	<b>PESO RET.</b>	<b>% PASA</b>	<b>LIMITES DE ATTERBERG ASTM D4318</b>	
3"	75		100.00%	<b>LIMITE LIQUIDO (LL) - %</b>	
2"	50		100.00%	13	
1 1/2"	38.1		100.00%	<b>LIMITE PLASTICO (LP) - %</b>	
1"	25.4	113.99	92.15%	8	
3/4"	19	52.66	88.52%	<b>INDICE PLASTICO (IP) - %</b>	
1/2"	12.7	205.68	74.36%	-5	
3/8"	9.5	94.72	67.84%	<b>DISTRIBUCION GRANULOMETRICA</b>	
1/4"	6.35	153.07	57.29%	% GRAVAS	45.64%
N° 6	4.75	42.65	54.36%	% ARENAS	25.59%
N° 10	2	170.82	42.50%	% LIMOS Y ARCILLAS	28.76%
N° 20	0.85	87.45	36.56%	TOTAL	100.00%
N° 40	0.425	1.76	36.44%		
N° 60	0.25	42.85	33.45%		
N° 100	0.15	43.16	30.52%		
N° 200	0.075	25.45	28.76%		
Cazuela	-	1.39			
< 200	-	415.55			
<b>TOTAL</b>		<b>1491.60</b>			

D10	
D30	
D60	
CU	
CC	

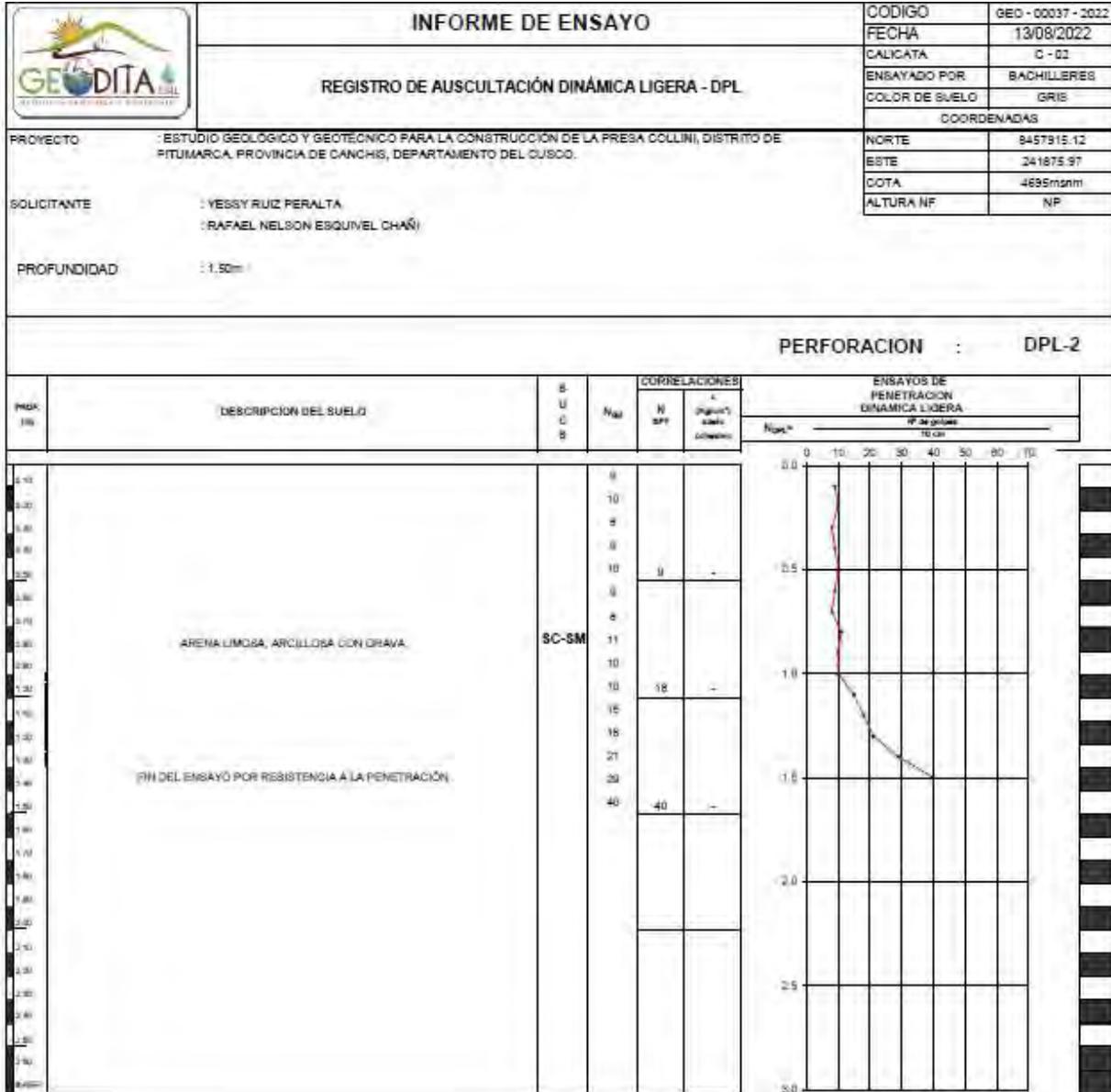
<b>CLASIFICACION DE SUELOS:</b>	<b>SIMBOLO DE GRUPO</b>	
SUCS	SC - SM	
<b>NOMBRE DE GRUPO</b>	ARENA LIMOSA, ARCILLOSA CON GRAVA	

<b>CLASIFICACION DE SUELOS:</b>	<b>CLASIFICACION DE GRUPO</b>	<b>INDICE DE GRUPO</b>
AASHTO	A - 2 - 4	(0)
<b>TIPO HABITUAL DE MATERIAL SIGNIFIC</b>	GRAVAS Y ARENAS LIMOSAS Y ARCILLOSA	

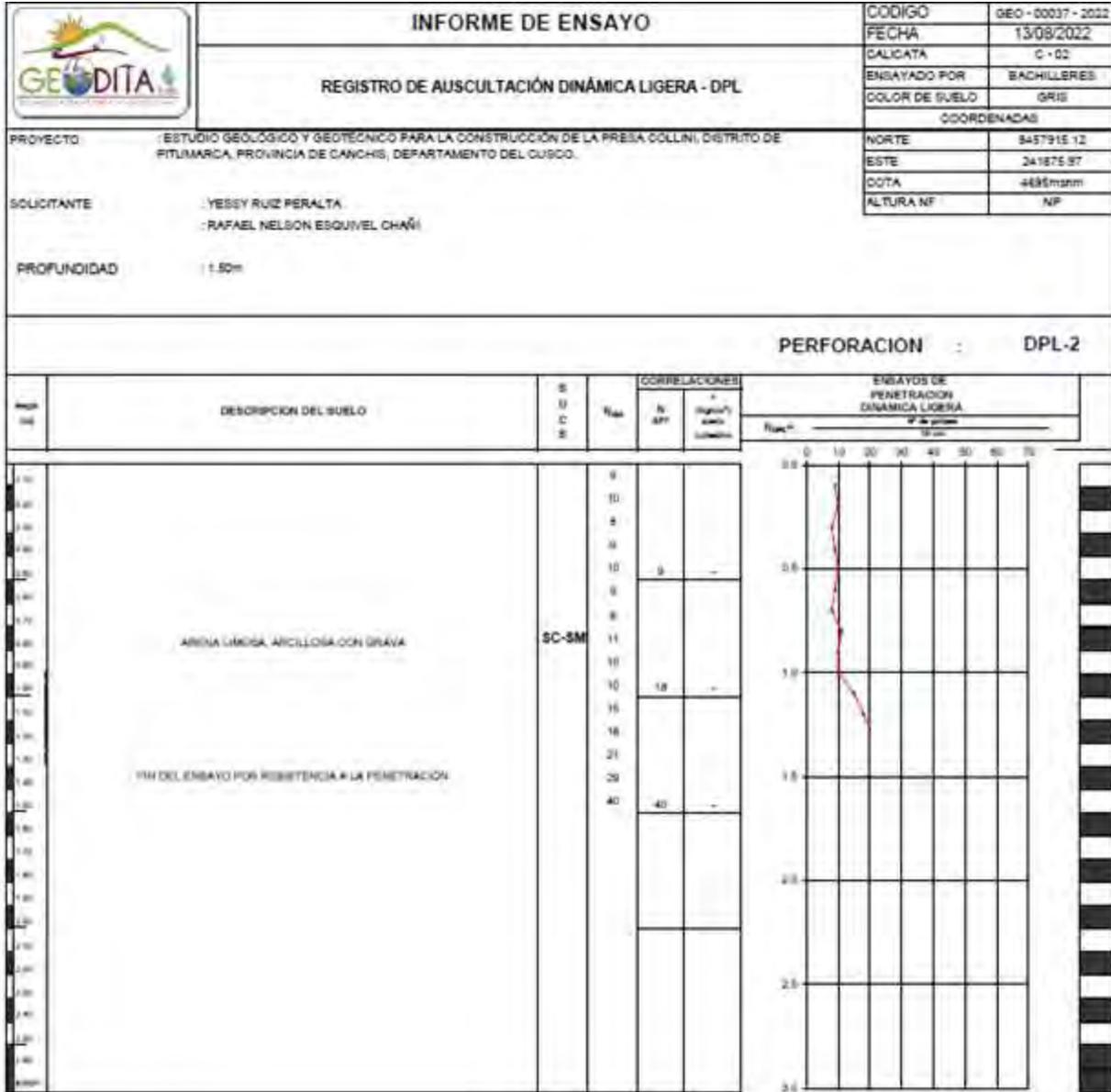


**ESTUDIO GEOLÓGICO Y GEOTÉCNICO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA PRESA COLLINI, DISTRITO DE PITUMARCA, PROVINCIA DE CANCHIS, DEPARTAMENTO DEL CUSCO.**





**ESTUDIO GEOLÓGICO Y GEOTÉCNICO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA PRESA COLLINI, DISTRITO DE PITUMARCA, PROVINCIA DE CANCHIS, DEPARTAMENTO DEL CUSCO.**





INFORME DE ENSAYO		CODIGO:	
Métodos de prueba estándar para la distribución del tamaño de partícula (gradación) de los suelos mediante análisis de tamiz, ASTM D6913		CALICATA: C-02	
		FECHA: 17/08/2022	
SOLICITANTE: BACH. YESSY RUIZ PERALTA BACH. RAFAEL NELSON ESQUIVEL CHAÑI		PAGINA: 1 de 1	
		SOLICITADO POR: Bachilleres	
PROYECTO: ESTUDIO GEOLÓGICO Y GEOTÉCNICO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA PRESA COLLINI, DISTRITO DE PITUMARCA, PROVINCIA DE CANCHIS, DEPARTAMENTO DEL CUSCO		ENVIADO POR: I.D.T.	
		FECHA DE ENVÍO: 14/08/2022	
UBICACIÓN: DISTRITO DE PITUMARCA, PROVINCIA DE CANCHIS, DEPARTAMENTO DEL CUSCO		PROFUNDIDAD: 1.20m	
		NORTE: 8457915.12	
		ESTE: 241875.97	
		COTA: 668msnm	
<b>CARACTERÍSTICAS</b>			
COLOR DEL SUELO		GRIS	
ALTURA DE NF		NP	
<b>C-02</b>			
PESO DE LA MUESTRA SECA ANTES DE LAVADO		1481.60	
PESO DE LA MUESTRA SECA DESPUES DE LAVADO		1481.60	
Tamiz N°	(mm)	PERO RET.	% RET. ACUM.
3"	75	0.00%	0.00%
2"	50	0.00%	0.00%
1 1/2"	38.1	0.00%	0.00%
1"	25.4	113.99	7.85%
3/4"	19	52.66	3.62%
1/2"	12.7	205.48	14.16%
3/8"	9.5	34.72	2.39%
1/4"	6.35	153.07	10.54%
N° 4	4.75	42.65	2.94%
N°10	2	179.62	12.19%
N°20	0.85	87.43	5.90%
N°40	0.425	1.76	0.12%
N°60	0.25	42.85	2.90%
N°100	0.15	43.16	2.91%
N°200	0.075	25.45	1.72%
Carbure	-	1.39	0.09%
< 200	-	615.55	41.53%
TOTAL	-	1481.60	100.00%
CONTENIDO DE HUMEDAD		35.9	
PESO DE CAPSULA M. HUMIDA (M)		271.5	
PESO DE CAPSULA M. SECA (M)		259.34	
PESO DE MUESTRA		12.16	
PESO DE MUESTRA SECA (M)		223.44	
HUMEDAD %		5.44%	
<b>DISTRIBUCION GRANULOMETRICA</b>			
% GRAVAS		45.64%	
% ARENAS		25.59%	
% LIMOS Y ARCILLAS		28.76%	
TOTAL		100.00%	



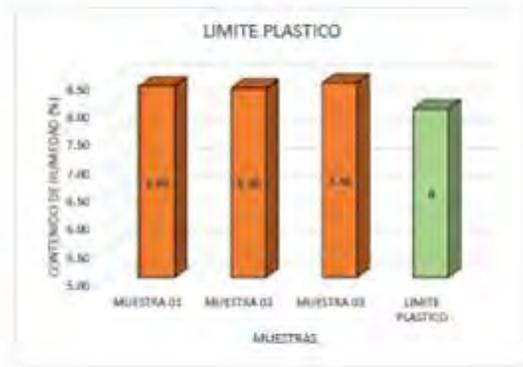
**ESTUDIO GEOLÓGICO Y GEOTÉCNICO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA PRESA COLLINI, DISTRITO DE PITUMARCA, PROVINCIA DE CANCHIS, DEPARTAMENTO DEL CUSCO.**



INFORME DE ENSAYO		CODIGO:	GEO-00032-2022	
 <p align="center"><b>LIMITES DE CONSISTENCIA ASTM D4318</b></p>		CALICATA:	C-02	
		FECHA:	17/08/2022	
		PAGINA:	1 de 1	
PROYECTO:	ESTUDIO GEOLÓGICO Y GEOTÉCNICO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA PRESA COLLINI, DISTRITO DE PITUMARCA, PROVINCIA DE CANCHIS, DEPARTAMENTO DEL CUSCO.		MUESTREADO POR:	Bachilleres
SOLICITANTE:	YESSY RUIZ PERALTA		ENSAYADO POR:	J.D.T
UBICACIÓN:	DISTRITO DE PITUMARCA, PROVINCIA DE CANCHIS, DEPARTAMENTO DEL CUSCO		FECHA DE ENSAYO:	14/08/2022
			PROFUNDIDAD:	120m
			NORTE:	8457915.12
			ESTE:	241875.97
			COTA:	4696msnm
			METODO DE ENSAYO:	MULTIPUNTO
			COND. DE LA MUE:	ALTERADA
			PRE. DE LA MUESTRA:	HUMEDO

C-02	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		
PRUEBA N°	1	2	3	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03
RECIPIENTE N°	A	B	C	1-A	2-B	3-C
NUMERO DE GOLPES	34	26	19			
	25 - 35	20 - 30	15 - 25			
PESO DEL RECIPIENTE (g)	29.90	23.60	34.26	22.60	22.44	23.02
PESO DEL RECIPIENTE + SUELO HUMEDO (g)	63.83	48.28	60.35	28.92	28.33	29.56
PESO DEL RECIPIENTE + SUELO SECO (g)	60.33	45.55	57.19	28.43	27.85	28.05
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	11.50	12.44	13.78	8.40	8.36	8.46



LIMITE LIQUIDO	13
LIMITE PLASTICO	8
INDICE PLASTICO	5





**ESTUDIO GEOLÓGICO Y GEOTÉCNICO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA PRESA COLLINI, DISTRITO DE PITUMARCA, PROVINCIA DE CANCHIS, DEPARTAMENTO DEL CUSCO.**



		<b>INFORME DE ENSAYO</b>		CODIGO:	GEO-00042-2022	
<b>PROYECTO:</b> ESTUDIO GEOLÓGICO Y GEOTÉCNICO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA PRESA COLLINI, DISTRITO DE PITUMARCA, PROVINCIA DE CANCHIS, DEPARTAMENTO DEL CUSCO.		CLASIFICACION DE SUELOS - SUCS (ASTM D2487 - 17e1) CLASIFICACION DE SUELOS - AASHTO (ASTM D5282 - 18)		CALICATA:	C-03	
				FECHA:	20/11/2022	
				PAGINA:	1 de 1	
				<b>SOLICITANTE:</b> BACH. YESSY RUIZ PERALTA	<b>ELABORADO POR:</b> DRAZ.F	
<b>UBICACIÓN:</b> DISTRITO DE PITUMARCA, PROVINCIA DE CANCHIS, DEPARTAMENTO DEL CUSCO	<b>FECHA DE MUESTREO:</b> 05/11/2022	<b>PROFUNDIDAD:</b> 1.50m	<b>LOCAL:</b> 8807099	<b>UTM:</b> 261793.06	<b>COTA:</b> 2090mmsn	
<b>CARACTERÍSTICAS</b>						
<b>QUILICATA #</b>		<b>C-03</b>				<b>COLOR DE SUELO:</b> MARRON CLARO
<b>PESO DE LA MUESTRA SECA ANTES DE LAVADO</b>		<b>186.79</b>				<b>ALTURA #</b> #F
<b>PESO DE LA MUESTRA SECA DESPUES DE LAVADO</b>		<b>153.42</b>				<b>MUJEDAD ASTM D 2216</b> <b>% DE HUMEDAD</b> 7.17
<b>Tamaño #</b>	<b>(mm)</b>	<b>PESO RET.</b>	<b>% PASA</b>	<b>LIMITES DE ATTERBERG ASTM D4310</b>		
3"	75		100.00%	<b>LIMITE LIQUIDO (LL) - %</b>		
2"	50		100.00%	<b>LIMITE LIQUIDO (LL) - %</b>		
1 1/2"	38.1		100.00%	<b>LIMITE PLASTICO (LP) - %</b>		
1"	25.4		100.00%	<b>INDICE PLASTICO (IP) - %</b>		
3/4"	19		100.00%			
1/2"	12.7	2.05	99.73%			
3/8"	9.5	9.35	99.18%			
1/4"	6.25	42.38	94.89%	<b>% GRAVIAS</b>	7.40%	
Nº 4	4.75	32.62	92.00%	<b>% ARENAS</b>	48.28%	
Nº 10	2	181.05	74.95%	<b>% LIMOS Y ARCILLAS</b>	44.51%	
Nº 20	0.85	195.19	63.22%	<b>TOTAL</b>	100.00%	
Nº 40	0.425	71.35	65.94%			
Nº 60	0.25	76.82	62.90%			
Nº 100	0.15	51.74	47.05%			
Nº 200	0.075	52.34	44.01%			
CASASANO		2.90				
< 200		454.27				
<b>TOTAL</b>		<b>496.30</b>				

U13	
U50	
U80	
U1	
U2	

<b>CLASIFICACION DE SUELOS SUCS</b>	<b>SMBLOJO DE GRUPO</b>
	SC - SM
<b>NOMBRE DE GRUPO</b>	ARENA LIMOSA, ARCILLOSA

<b>CLASIFICACION DE SUELOS AASHTO</b>	<b>CLASIFICACION DE GRUPO</b>	<b>INDICE DE GRUPO</b>
	A - 2	(0)
<b>TIPO HABITUAL DE MATERIAL SIGNIFIC</b>	SUELOS LIMOSOS	



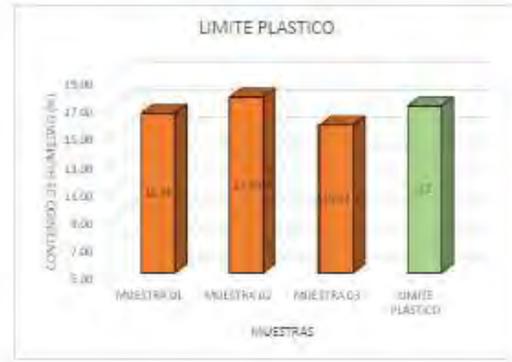
**ESTUDIO GEOLÓGICO Y GEOTÉCNICO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA PRESA COLLINI, DISTRITO DE PITUMARCA, PROVINCIA DE CANCHIS, DEPARTAMENTO DEL CUSCO.**



		INFORME DE ENSAYO		CODIGO: GEO - 00040 - 2022	
		LIMITES DE CONSISTENCIA ASTM D4318		CALICATA: C - 03	
				FECHA: 17/08/2022	
				PAGINA: 1 de 1	
PROYECTO:	ESTUDIO GEOLÓGICO Y GEOTÉCNICO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA PRESA COLLINI, DISTRITO DE PITUMARCA, PROVINCIA DE CANCHIS, DEPARTAMENTO DEL CUSCO.			MUESTREO POR:	BACHILLERES
SOLICITANTE:	YESSY RUIZ PERALTA RAFAEL NELSON ESQUIVEL CHAÑI			ENSAYADO POR:	J.D.T
UBICACIÓN:	DISTRITO DE PITUMARCA, PROVINCIA DE CANCHIS, DEPARTAMENTO DEL CUSCO			FECHA DE ENSAYO:	14/08/2022
				PROFUNDIDAD:	1.5m
				NOR DE:	2457289
				ESTE:	241793.06
				COTA:	469.6m s.n.m
				METODO DE ENSAYO:	MULTIPUNTO
				COND. DE LA MUE:	ALTERADA
				FRE. DE LA MUESTRA:	HUMEDO

C-03	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		
PRUEBA N°	1	2	3	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03
RECIPIENTE N°	A	B	C	1-A	2-B	3-C
NUMERO DE GOLPES	35	29	16			
	25 - 35	20 - 30	15 - 25			
PESO DEL RECIPIENTE (g)	23.21	23.10	22.04	24.10	21.91	16.38
PESO DEL RECIPIENTE + SUELO HUMEDO (g)	43.89	43.77	38.95	30.82	28.25	22.75
PESO DEL RECIPIENTE + SUELO SECO (g)	40.28	40.13	35.76	29.87	27.30	21.89
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	21.15	21.37	23.25	16.46	17.63	15.61



LIMITE LIQUIDO	22
LIMITE PLÁSTICO	17
INDICE PLÁSTICO	5





**ESTUDIO GEOLÓGICO Y GEOTÉCNICO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA PRESA COLLINI, DISTRITO DE PITUMARCA, PROVINCIA DE CANCHIS, DEPARTAMENTO DEL CUSCO.**



<b>INFORME DE ENSAYO</b>						CODIGO:	GEO-00047-2022	
 <p>Métodos de prueba estándar para la distribución del tamaño de partícula (gradación) de los suelos mediante análisis de tamiz. ASTM D6913</p>						CALICATA:	C-04	
						FECHA:	17/08/2022	
						PAGINA:	1 de 1	
PROYECTO:	ESTUDIO GEOLÓGICO Y GEOTÉCNICO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA PRESA COLLINI, DISTRITO DE PITUMARCA, PROVINCIA DE CANCHIS, DEPARTAMENTO DEL CUSCO.					MUESTREADO POR:	Bachilleres	
SOLICITANTE:	BACH. YESSY RUIZ PERALTA BACH. RAFAEL NELSON ESQUIVEL CHAÑI					ENSAYADO POR:	Jefe de laboratorio	
UBICACIÓN:	DISTRITO DE PITUMARCA, PROVINCIA DE CANCHIS, DEPARTAMENTO DEL CUSCO					FECHA DE ENSAYO:	14/08/2022	
						PROFUNDIDAD:	1.40m	
						NORTE:	8457982	
						ESTE:	241737.64	
						COTA:	4692msnm	
<b>CARACTERÍSTICAS</b>								
CALICATA N°						C-04	COLOR DEL SUELO	MARRON CLARO
PESO DE LA MUESTRA SECA ANTES DE LAVADO						1000.02	ALTURA DE NF	NP
PESO DE LA MUESTRA SECA DESPUES DE LAVADO						517.28	<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>	
Tamiz N°	(mm)	PESO RET.	% RET.	% RET ACUM.	% PASA	PESO DE CAPSULA (gr)	35.9	
3"	75		0.00%	0.00%	100.00%	PESO DE CAPSULA + M. HUMEDA (gr)	363.11	
2"	50		0.00%	0.00%	100.00%	PESO DE CAPSULA + M. SECA (gr)	347.12	
1 1/2"	38.1		0.00%	0.00%	100.00%	PESO DEL AGUA (gr)	15.99	
1"	25.4		0.00%	0.00%	100.00%	PESO DE LA M. SECA (gr)	311.22	
3/4"	19	1.93	0.19%	0.19%	99.81%	HUMEDAD %	5.14%	
1/2"	12.7	3.01	0.30%	0.49%	99.51%	<b>DISTRIBUCION GRANULOMETRICA</b>		
3/8"	9.5	5.24	0.52%	1.02%	98.98%	% GRAVAS	7.10%	
1/4"	6.35	40.85	4.08%	5.10%	94.90%	% ARENAS	48.41%	
N° 4	4.75	19.58	2.00%	7.10%	92.90%	% LIMOS Y ARCILLAS	44.49%	
N° 10	2	190.30	19.03%	26.13%	73.87%	TOTAL	100.00%	
N° 20	0.85	106.55	10.63%	36.77%	63.23%			
N° 40	0.425	80.85	8.08%	44.85%	55.15%			
N° 60	0.25	20.65	2.06%	46.92%	53.08%			
N° 100	0.15	55.65	5.56%	52.48%	47.52%			
N° 200	0.075	30.32	3.03%	55.51%	44.49%			
Cazuela	-	2.15	0.21%	55.73%				
< 200	-	442.74	44.27%	100.00%				
<b>TOTAL</b>		<b>1000.02</b>	<b>100.00%</b>					



**ESTUDIO GEOLÓGICO Y GEOTÉCNICO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA PRESA COLLINI, DISTRITO DE PITUMARCA, PROVINCIA DE CANCHIS, DEPARTAMENTO DEL CUSCO.**



	<b>INFORME DE ENSAYO</b>			CODIGO:	GEO-00047-2022	
	<b>LIMITES DE CONSISTENCIA ASTM D4318</b>			CALICATA:	C-04	
				FECHA:	17/08/2022	
				PAGINA:	1 de 1	
<b>PROYECTO:</b> ESTUDIO GEOLÓGICO Y GEOTÉCNICO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA PRESA COLLINI, DISTRITO DE PITUMARCA, PROVINCIA DE CANCHIS, DEPARTAMENTO DEL CUSCO.				<b>MUESTREADO POR:</b> Bachilleres <b>ENSAYADO POR:</b> J.D.T <b>FECHA DE ENSAYO:</b> 14/08/2022 <b>PROFUNDIDAD:</b> 1.40m <b>NORTE:</b> 8457982 <b>ESTE:</b> 241737.64 <b>COTA:</b> 4696mnm		
<b>SOLICITANTE:</b> YESSY RUIZ PERALTA RAFAEL NELSON ESQUIVEL CHAÑI				<b>METODO DE ENSAYO:</b> MULTIPUNTO <b>COND. DE LA MUE:</b> ALTERADA <b>PRE. DE LA MUESTRA:</b> HUMEDO		
<b>UBICACIÓN:</b> DISTRITO DE PITUMARCA, PROVINCIA DE CANCHIS, DEPARTAMENTO DEL CUSCO.						
<b>C-04</b>	<b>LIMITE LIQUIDO</b>			<b>LIMITE PLASTICO</b>		
PRUEBA N°	1	2	3	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03
RECIPIENTE N°	A	B	C	1-A	2-B	3-C
NUMERO DE GOLPES	34	30	17			
	25 - 35	20 - 30	15 - 25			
PESO DEL RECIPIENTE (g)	22.64	20.36	21.90	24.10	21.91	16.38
PESO DEL RECIPIENTE + SUELO HUMEDO (g)	41.89	43.77	38.95	30.82	28.25	22.75
PESO DEL RECIPIENTE + SUELO SECO (g)	40.54	40.00	36.12	29.95	27.45	21.95
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	18.72	19.20	19.90	14.87	14.44	14.36



LIMITE LIQUIDO	19
LIMITE PLASTICO	14



*Nota : Ensayo de cuarteo de la calicata N°3.*



*Nota: Ensayo de Proctor modificado de la cantera.*



*Nota: Ensayo de Proctor modificado.*



*Nota: Ensayo de humedad de las calicatas*