

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



TESIS

**ESTUDIO GEOLOGICO GEOTECNICO DE LA MICROCUENCA CHILLUTIRA
PARA EL SERVICIO DE AGUA PARA EL SECTOR DE HUANGARAPAMPA-
CHAUPIMAYO CON FINES DE RIEGO TECNIFICADO EN EL DISTRITO DE
SUYCUTAMBO PROVINCIA DE ESPINAR REGION CUSCO**

PRESENTADO POR:

- Br. ROBERTO CARLOS TTITO CCOA
- Br. JORGE VLADIMIR FERRO ROMAN

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE
INGENIERO GEOLOGO**

ASESOR:

Mgt. RONALD LUIS LOPEZ ZAPANA

CUSCO – PERU

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 de la microcuenca Chillatiro para el servicio de agua para el sector de Huancayo -
elaborado con fines de riego transitorio en el distrito de Suyacatambo provincia de Espinoza
región cusco
presentado por: Jorge Vladimir Ferro Román con DNI Nro.: 70189255
presentado por: Roberto Carlos Tito Coca con DNI Nro.: 46939466
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 4.....%.

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, 23 de enero de 2021.....



Firma

Post firma Romulo L. Lopez Zaparru

Nro. de DNI 23923900

ORCID del Asesor 0000-0003-0148-6535

Se adjunta:

1. Reporte generado por el Sistema Antiplagio.
2. Enlace del Reporte Generado por el Sistema Antiplagio: oid:27259:310863409

NOMBRE DEL TRABAJO

ESTUDI~2.PDF

AUTOR

ROBERTO VLADIMIR TTITO FERRO

RECUENTO DE PALABRAS

42802 Words

RECUENTO DE CARACTERES

245267 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS

156 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

7.2MB

FECHA DE ENTREGA

Jan 23, 2024 9:14 AM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Jan 23, 2024 9:16 AM GMT-5**● 4% de similitud general**

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

- 3% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 2% Base de datos de trabajos entregados
- 0% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● Excluir del Reporte de Similitud

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



AGRADECIMIENTO

Gracias a nuestra universidad, gracias a nuestra amada escuela profesional de Ingeniería Geológica por habernos permitido formarme en ella, gracias a todas las personas que fueron partícipes de este proceso, ya sea de manera directa o indirecta, gracias a todas esas personas que pusieron su pequeño aporte, que en esta tesis se ve reflejado en la culminación de nuestros pasos por la universidad. Gracias a nuestros padres que, con su inalcanzable trabajo y su incalculable apoyo, fueron nuestro mayor promotor durante este proceso y lo más principal agradecer al todo poderoso que es nuestro principal apoyo motivador para cada día continuar sin tirar la toalla.

Este trabajo es tan especial que perdurara en el tiempo no solo en la mente de las personas que agradecí sino también en aquellas personas que invirtieron su tiempo para poder darle una mirada a este proyecto de tesis, a mis docentes en general que fueron impulsores para la formación de nosotros, a ellos muchas gracias.



DEDICATORIA

Este proyecto de tesis está dedicado con mucho cariño a nuestros queridos padres, por habernos forjado como las persona que somos en la actualidad, muchos de nuestros logros se los debemos a ustedes que, con su esmerado apoyo y motivación para poder alcanzar nuestros anhelos, se hizo realidad la culminación por el paso de la universidad a ellos con humildad la dedicación de este proyecto.



INTRODUCCION

La evaluación geológica en este estudio tiene como objetivo describir y establecer la relación entre la geología y el aspecto geotécnico. Esto implica la conexión entre la litoestratigrafía, geomorfología y geología estructural, elementos que son fundamentales para identificar zonas vulnerables y áreas propicias para el desarrollo del proyecto. La realización de este estudio cobra especial importancia al optimizar el uso de los recursos hídricos, especialmente considerando que la población beneficiaria del proyecto se dedica a la ganadería y agricultura.

Es esencial destacar que este análisis se llevará a cabo en el sector de Totorani y Huangarapampa, pertenecientes a la comunidad campesina Chaupymayo, ubicada en el distrito de Suykutambo, provincia de Espinar, en la región de Cusco. Los estudios geológicos en esta área proporcionarán una perspectiva más completa de las características físicas y fisiográficas de la presa, el embalse, la línea de conducción, así como de las zonas designadas para botaderos y canteras. Esta información será fundamental para la correcta aplicación de los estudios de ingeniería y, en última instancia, garantizar el éxito y eficacia del proyecto.



RESUMEN

El proyecto de tesis denominado “Estudio geológico geotécnico de la microcuenca Chillutira para el servicio de agua para el sector de Huangarapampa-Chaupimayo con fines de riego tecnificado en el distrito de Suycutambo provincia de Espinar región Cusco”, está realizado en obtener información que nos permita tener una idea completa de la geología y la geotecnia como estructura de fundación para la presa proyectada Huangarapampa, estructuras auxiliares y canales de conducción.

Este proyecto de tesis es netamente de geología y geotecnia. Se identificó numerosos componentes geomorfológicos de un ambiente glaciar como circo glaciar, lago colgante, valle U y relacionan las diferentes unidades litoestratigráficas y estructurales, así como la actividad geodinámica como modelador superficial de la zona, en lo que concierne la geotecnia se realizó estudios de suelos y canteras, que servirá como información básica para conocer la cimentación donde se proyectan las obras hidráulicas, canales principales, laterales y definir diseños de obras de arte en riachuelos y quebradas.

La presa de la microcuenca Chillutira tiene una caudal de $Q_{m3/s}=3.89$ y un caudal mensual de $Q_{mm/mes}=480.05$.

Concerniente al eje de dique proyectado se han efectuado 3 sondeos eléctricos verticales con resistencias de 1 ohm hasta resistencias de 2800 ohm todas ellas a profundidades de 45 metros, también se ha realizado 3 calicatas con suelos GW-GM con gravas de 57%, arenas 35% y finos 8%, adicional a ellos también se hizo ensayos especiales con ángulo de fricción de 28.4° , además de las líneas de conducción y obras de arte como bocatomas, pases aéreos y/o sifones, estos trabajos sub-superficiales han permitido caracterizar el suelo de fundación, según las prospección geológicas y geotécnicas los suelos encontrados corresponden coluviales y aluviales, también se ha efectuado trabajos geofísicos que estamos añadiendo al proyecto.

Con respecto al vaso se ha realizado 5 sondeos eléctricos verticales con resistencias de 40 ohm a resistencias de 2400 ohm todas ellas a 40 metros de profundidad, se realizaron 8 calicatas con suelos MH, SM y GW-GM con porcentajes de gravas de 21%, arenas 24% y finos 57% en promedio. Adicional a eso se realizó 1 calicata para la bocatoma, 2 calicatas para los pases aéreos y 11 calicatas en los canales de conducción dichas calicatas se tomaron como muestras representativas debido a que se ubican en zonas de la misma formación y/o depósitos teniendo las mismas condiciones geológicas (composición y textura), en las cuales 04 presentan nivel freático y 10 no presenta nivel



freático u ocurrencia de humedad, presentando suelos coluviales (gravas, conglomerados, arena y cuerpos piroclásticos), aluviales (limos, arcillas).

Todos los resultados que se han realizado en los trabajos de reconocimiento se remitieron al laboratorio de mecánica de suelos a fin de conocer sus características físico mecánicas y proyectar el diseño de las estructuras involucradas.

PALABRAS CLAVE

Caudal, Sondeo, Coluvial, Morrenas y Granulometría.



ABSTRACT

The thesis project called “Geotechnical geological study of the Chillutira micro-basin for the water service for the Huangarapampa-Chaupimayo sector for the purposes of technical irrigation in the district of Suycutambo, province of Espinar, Cusco region”, is carried out to obtain information that allows us have a complete idea of the geology and geotechnics such as foundation structure for the projected Huangarapampa dam, auxiliary structures and conveyance channels.

This thesis project is purely geology and geotechnics. Numerous geomorphological components of a glacial environment were identified such as glacial cirque, hanging lake, U valley and relate the different lithostratigraphic and structural units, as well as the geodynamic activity as a surface modeler of the area, with regard to geotechnics, soil studies were carried out. and quarries, which will serve as basic information to know the foundation where the hydraulic works, main and lateral channels are planned, and define designs of works of art in streams and ravines.

The Chillutira micro-basin dam has a flow rate of $Q_{m^3/s}=3.89$ and a monthly flow rate of $Q_{mm/month}=480.05$.

Concerning the projected dam axis, 3 vertical electrical probes have been carried out with resistances from 1 ohm to resistances of 2800 ohm, all of them at depths of 45 meters, 3 pits have also been carried out with GW-GM soils with 57% gravel, 35% sand. % and fines 8%, in addition to them, special tests were also carried out with a friction angle of 28.4° , in addition to the conduction lines and works of art such as intakes, air passes and/or siphons, these sub-surface works have allowed the characterization The foundation soil, according to geological and geotechnical surveys, the soils found correspond to colluvial and alluvial soils. Geophysical work has also been carried out that we are adding to the project.

With respect to the basin, 5 vertical electrical probes have been carried out with resistances of 40 ohm to resistances of 2400 ohm, all of them at 40 meters deep, 8 pits were carried out with MH, SM and GW-GM soils with gravel percentages of 21%, sands 24% and fines 57% on average. In addition to that, 1 pit was made for the intake, 2 pits for the air passes and 11 pits in the conduction channels. These pits were taken as representative samples because they are located in areas of the same formation and/or deposits having the same characteristics. geological conditions (composition and texture), in which 04 have a water table and 10 do not have a water table or occurrence of humidity, presenting colluvial soils (gravel, conglomerates, sand and pyroclastic bodies), alluvial (silt, clay).



All the results that have been carried out in the reconnaissance work were sent to the soil mechanics laboratory in order to know their physical-mechanical characteristics and project the design of the structures involved.

KEYWORDS

Flow, Sounding, Colluvial, Moraines and Granulometry.



INDICE

AGRADECIMIENTO.....	III
DEDICATORIA	IV
INTRODUCCION	V
RESUMEN.....	VI
ABSTRACT.....	VIII
CAPITULO I.....	1
ASPECTOS GENERALES.....	1
1.1. GENERALIDADES.....	1
1.2. UBICACIÓN.....	1
a. UBICACIÓN POLÍTICA.....	1
b. UBICACIÓN GEOGRÁFICA	1
1.3. ACCESIBILIDAD	3
1.4. MARCO TEORICO	3
1.4.1. A NIVEL INTERNACIONAL	3
1.4.2. A NIVEL NACIONAL	3
1.4.3. A NIVEL LOCAL.....	3
1.5. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	4
1.5.1. PROBLEMA GENERAL	4
1.5.2. PROBLEMAS ESPECIFICOS	4
1.6. OBJETIVO DEL ESTUDIO	5
1.6.1. OBJETIVO GENERAL	5
1.6.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS	5
1.7. HIPOTESIS	5
1.8. JUSTIFICACION.....	6
1.9. VARIABLES	6
1.9.1. VARIABLE INDEPENDIENTE	6
1.9.2. VARIABLE DEPENDIENTE	6
1.9.3. INDICADORES	6



1.10.	METODOLOGÍA DEL TRABAJO.....	6
1.10.1.	ENFOQUE	7
1.10.2.	DISEÑO DEL ESTUDIO	7
1.10.3.	ETAPA PRE – CAMPO Y/O GABINETE.....	7
1.10.4.	ETAPA DE CAMPO	7
1.10.5.	POST CAMPO Y/O REDACCIÓN DE LA TESIS.....	8
1.11.	CLIMA	8
1.12.	TEMPERATURA	8
1.13.	PRECIPITACION.....	8
CAPITULO II		10
GEOMORFOLOGÍA		10
2.1.	GENERALIDADES.....	10
2.2.	UNIDADES GEOMORFOLOGICOS REGIONALES.....	10
2.2.1.	FAJA INTRACORDILLERANA	10
2.2.2.	CORDILLERA ORIENTAL.....	11
2.2.3.	VALLES.....	11
2.2.4.	ALTAS CUMBRES.....	12
2.2.5.	PENEPLANICIES ANDINAS.....	12
2.2.6.	COLINAS.....	12
2.2.7.	LADERAS DE VALLE.....	12
2.3.	UNIDADES GEOMORFOLOGICOS LOCALES.....	12
a.	ALTIPLANICIES DISECTADAS	12
b.	VERTIENTES DE CERROS	13
c.	FACTOR ANTRÓPICO	14
d.	FONDOS DE VALLE.....	14
CAPITULO III.....		16
GEOLOGIA.....		16
3.1.	GENERALIDADES.....	16
3.2.	GEOLOGÍA REGIONAL (David DAVILA M. , 1988).....	17



3.2.1.	CENOZOICA – NEOGENO – MIOCENA	18
a.	GRUPO TACAZA	18
1.	FORMACION ICHOCOLLO (Nm - ich)	18
3.2.2.	CENOZOICA – NEOGENO – PLIOCENA (David DAVILA M. , 1988).....	18
a.	GRUPO BARROSO	18
1.	UNIDAD TOBACEA (NQ - ba/pi).....	18
2.	UNIDAD LAVIDA - PROFIRICA A AFIRICA (NQ - ba/da,an).....	18
b.	FORMACION CALDERA CAILLOMA (Np-cay/tbka).....	18
3.2.3.	CENOZOICA – CUATERNARIO HOLOCENA	18
c.	DEPOSITO ALUVIAL (Qh-al).....	18
3.3.	GEOLOGÍA LOCAL	19
3.3.1.	CENOZOICO.....	19
a.	Grupo Tacaza: Formación Ichoccollo (Nm-ich)	20
b.	Grupo Barroso: Formación Huaycha (Np-hu).....	21
c.	Grupo Barroso: Formación Casanuma (Np-ca)	21
3.3.2.	CUATERNARIO: PLEISTOCENO, HOLOCENO	22
a.	Formación Pampa Garzas (Qpl-g)	22
b.	Depósitos Aluviales (Qh-al).....	23
3.4.	GEOLOGIA Y GEOMORFOLOGIA DE LA PRESA.....	25
3.4.1.	GEOMORFOLOGIA DEL EJE DE PRESA	25
a.	PARA EL ESTRIBO DERECHO	25
b.	PARA EL ESTRIBO IZQUIERDO	25
1.	Cauce Fluvial	26
2.	Terraza Fluvioglaciár.....	27
3.	LADERAS	28
i.	Laderas Moderada (L-m)	28
ii.	Ladera fuerte (L-f).....	29
3.4.2.	GEOLOGIA DEL EJE DE PRESA	29
a.	DEPOSITO MORRENICO (Qpl-mo).....	29
b.	DEPOSITO FLUVIOGLACIAR (Qpl-fg).....	30
c.	DEPOSITO BOFEDAL (Qh-bo)	31
d.	DEPOSITO FLUVIAL (Qh-fl).....	31
e.	DEPOSITO COLUVIAL (Qh-co)	32
3.5.	GEOLOGIA Y GEOMORFOLOGIA DEL VASO DE LA PRESA	33
3.5.1.	GEOMORFOLOGIA DEL VASO DE LA PRESA	33
a.	EN LA MARGEN DERECHA.....	34



b.	EN LA MARGEN IZQUIERDA	35
1.	Laderas (L)	36
i.	Ladera moderada (L-m)	36
ii.	Laderas fuertes (L-f)	36
2.	Colinas (C)	36
i.	Colinas medias (C-m)	36
3.	Fondo de Valle U	37
i.	Terraza fluvioglaciario (T-fg)	37
ii.	Cauce fluvial (Ca-fl)	37
3.5.2.	GEOLOGIA DEL VASO DE LA PRESA.....	38
a.	GRUPO BARROSO: FORMACIÓN HUAYCHA (Nm-hu)	39
b.	GRUPO BARROSO: FORMACIÓN CASANUMA (Nm-ca)	39
c.	DEPÓSITOS MORRENICOS (Qpl-mo)	40
d.	DEPÓSITOS FLUVIO GLACIARES (Qpl-fg)	41
e.	DEPÓSITOS BOFEDALES (Qh-bo).....	42
f.	DEPÓSITOS FLUVIALES (Qh-fl)	42
g.	DEPÓSITOS COLUVIALES (Qh-co).....	42
3.6.	GEOLOGIA Y GEOMORFOLOGIA DE LA BOCATOMA CHILLUTIRA	44
3.6.1.	GEOMORFOLOGÍA DE LA BOCATOMA CHILLUTIRA.....	44
a.	FONDO DE VALLE	45
1.	Cauce fluvial (Ca-fl)	45
2.	Terraza aluvial (T-al)	45
b.	LADERAS	45
1.	Laderas escarpadas (L-es).....	45
3.6.2.	GEOLOGIA DE LA BOCATOMA CHILLUTIRA	46
3.6.2.1.	CENOZOICO: NEOGENO (PALEOCENO), CUATERNARIO (HOLOCENO).....	46
a.	GRUPO TACAZA: FORMACIÓN ICHOCCOLLO (Np-ich)	46
b.	DEPÓSITOS ALUVIALES (Qh-al)	47
c.	DEPÓSITOS FLUVIALES (Qh-fl)	48
d.	DEPÓSITOS COLUVIALES (Qh.co).....	48
3.7.	GEOLOGIA Y GEOMORFOLOGIA DEL CANAL DE CONDUCCION CHILLUTIRA.....	49
3.7.1.	GEOMORFOLOGÍA DEL CANAL DE CONDUCCION SUYCKUTAMBO..	49
a.	FONDO DE VALLE	50
1.	Cauce Fluvial (Ca-fl).....	50
2.	Terraza Aluvial (T-al)	50
b.	LADERAS	51
1.	Laderas fuertes (L-f)	51



2.	Laderas moderadas (L-m).....	52
3.	Laderas suaves (L-s)	52
c.	COLINAS	53
1.	Colinas bajas (C-b)	53
3.7.2.	GEOLOGIA DEL CANAL DE CONDUCCION SUYCKUTAMBO	55
3.7.2.1.	CENOZOICO: NEOGENO (PLIOCENO), CUATERNARIO (PLEISTOCENO, HOLOCENO)	55
a.	GRUPO TACAZA: FORMACIÓN ICHOCCOLLO (Np-ich)	55
b.	FORMACIÓN PAMPA GARZA (Qpl-g).....	56
c.	DEPÓSITOS MORRENICOS (Qpl-mo)	57
d.	DEPÓSITOS ALUVIALES (Qh-al)	58
e.	DEPOSITO FLUVIO ALUVIAL (Qh-fa)	59
f.	DEPÓSITOS FLUVIALES 1 y 2 (Qh-fl1, Qh-fl2)	59
g.	DEPÓSITOS BOFEDAL (Qh-bo)	60
h.	DEPÓSITOS COLUVIALES Y ELUVIALES (Qh-co, Qh-el)	61
CAPITULO V		64
GEODINAMICO		64
5.1.	GENERALIDADES.....	64
5.2.	GEODINÁMICA ENDÓGENO (INTERNO).....	64
a.	SISMOS	64
b.	CRONOLOGÍA SÍSMICA	64
c.	Sismotectónica	66
d.	Aceleraciones Sísmicas	67
5.3.	GEODINÁMICA EXÓGENO (EXTERNA).....	69
5.3.1.	GEODINAMICA DEL SITIO DE LA PRESA	69
5.3.2.	GEODINAMICA DEL VASO DE LA PRESA.....	69
5.3.3.	GEODINAMICA EXTERNA DE LA BOCATOMA CHILLUTIRA	70
5.3.4.	GEODINAMICA EXTERNA DEL CANAL DE CONDUCCION CHILLUTIRA	70
CAPITULO VI.....		72
HIDROLOGICO		72
6.1.	INTRODUCCION	72
6.2.	MODELO DETERMINÍSTICO – ESTOCÁSTICO: LUTZ SCHOLZ.....	72
6.2.1.	ECUACIÓN DEL BALANCE HÍDRICO (CM)	72



6.2.2.	COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO (C)	73
6.2.3.	PRECIPITACIÓN EFECTIVA (PE)	74
6.2.4.	RETENCIÓN DE LA CUENCA (R).....	75
6.2.5.	ALMACENAMIENTO HÍDRICO (h)	75
6.2.6.	COEFICIENTE DE AGOTAMIENTO (a).....	76
6.2.7.	RELACIÓN ENTRE DESCARGAS Y RETENCIÓN (gi).....	77
6.2.8.	GASTO DE LA RETENCIÓN (Gi).....	77
6.2.9.	ABASTECIMIENTO DE LA RETENCIÓN (Ai).....	78
6.2.10.	DETERMINACIÓN DEL CAUDAL MENSUAL PARA EL AÑO PROMEDIO (CMi) 78	
6.2.10.1.	Generación de Caudales Mensuales para Períodos Extendidos.....	79
6.2.11.	PERSISTENCIA DE CAUDALES.....	80
6.2.12.	DEMANDA DE AGUA DE LOS CULTIVOS	80
6.2.13.1.	Balance Hídrico.....	81
6.2.13.	ANÁLISIS DE TORMENTAS	81
6.2.14.1.	Elementos fundamentales en el análisis de tormentas	81
a.	Análisis de riesgo (R).....	82
6.2.14.	ANÁLISIS DE DATOS DUDOSOS (OUTLIERS)	82
6.3.	GENERACIÓN DE PRECIPITACIÓN EN LAS QUEBRADAS CONSIDERADAS	83
6.4.	MODELAMIENTO HIDROLOGICO LUTZ SCHOLZ.....	86
6.5.1.	Caudales generados en las subcuencas en estudio	86
6.5.	DEMANDA HIDRICA.....	87
6.6.1.	Área a regar Con Proyecto	87
6.6.2.	Cédula de Cultivos y Calendario de siembra	87
6.6.3.	PARAMETROS PRINCIPALES.....	90
CAPITULO VII		91
GEOTECNIA.....		91
6.6.	GENERALIDADES.....	91
6.7.	INVESTIGACIONES GEOTECNICAS REALIZADAS	91



6.2.1.	SONDAJES ELECTRICOS VERTICALES (SEVs).....	91
6.2.2.	ESCAVACION DE CALICATAS	92
6.2.3.	ENSAYOS DE PERMEABILIDAD.....	93
6.2.4.	ENSAYOS DE PENETRACION ESTANDAR (SPT).....	94
6.2.5.	TRABAJOS DE LABORATORIO	94
a.	ENSAYOS FÍSICO-MECÁNICOS DE SUELOS PROYECTADOS	94
b.	ENSAYOS FÍSICO-MECÁNICOS DE ROCAS PROYECTADOS.....	94
c.	ENSAYOS QUÍMICOS	95
6.8.	RESULTADOS DE ESTUDIOS GEOTECNICOS.....	95
6.3.1.	ESTUDIO GEOTECNICO EN LA PRESA PROYECTADA	95
6.3.1.1.	SONDAJES ELECTRICOS VERTICALES.....	96
a.	INSTRUMENTOS PARA EL LEVANTAMIENTO GEOFISICO	96
b.	PARAMETROS DE SEV	97
c.	PROCEDIMIENTO DE TRABAJO DE CAMPO	97
d.	CRITERIOS DE PROCESAMIENTO E INTERPRETACION	98
e.	PROCESAMIENTO E INTERPRETACION.....	99
f.	PERFIL A-A” SEV 01,02 Y 03	99
g.	PERFIL B-B” SEV 04, 05, 06, 07 y 08	100
6.3.1.2.	PERFIL GEOTECNICO	101
6.3.1.3.	EXCAVACION DE CALICATAS	102
6.3.1.4.	ENSAYOS DE PERMEABILIDAD	103
6.3.1.5.	RESULTADOS DE LABORATORIO DE CALICATAS	105
6.3.1.6.	CALCULO DE LA CARGA ADMISIBLE.....	107
a.	EJE DE DIQUE.....	107
6.3.2.	ESTUDIO GEOTECNICO DE LA LINEA DE CONDUCCION.....	109
6.3.2.1.	GEOTECNIA DE LA BOCATOMA Y PASES AEREOS	110
a.	ENSAYOS DE PENETRACION ESTANDAR (SPT)	111
b.	TEST HAMMER (MARTILLO SCHMITDH)	112
c.	RESULTADOS DE LABORATORIO	116
d.	CALCULO DE LA CAPACIDAD ADMISIBLE EN SUELOS.....	118
1.	BOCATOMA CHILLUTIRA	118
2.	PASE AEREO (CANAL IZQUIERDO SUYCKUTAMBO PROGRESIVA)	118
3.	PASE AEREO (CANAL DERECHO SUYCKUTAMBO PROGRESIVA).....	119
6.3.2.2.	GEOTECNIA DE LOS CANALES DE CONDUCCION	119
a.	RESULTADOS DE LABORATORIO	119
b.	CARACTERIZACION GEOTECNICA DE LA LINEA DE CONDUCCION	121
6.3.3.	ESTUDIOS GEOTECNICOS DE CANTERAS.....	122



a.	CANtera DE AGREGADO TOTORANI	123
b.	CANtera DE ROCAS.....	126
c.	CANtera PARA RELLENO	128
6.3.4.	UBICACIÓN DE BOTADEROS Y FUENTES DE AGUA	130
a.	BOTADERO	130
b.	FUENTE DE AGUA.....	131
	CONCLUSIONES	132
	RECOMENDACIONES	134
	REFERENCIA BIBLIOGRAFICA	135



LISTA DE CUADROS

Cuadro 1: Accesibilidad hacia el dique proyectado Huangarapampa.....	3
Cuadro 2: Unidades geomorfológicas	15
Cuadro 3: UNIDAD LITOESTRATIGRAFICA REGIONAL	19
Cuadro 4: Unidades litoestratigráficas	24
Cuadro 5: Unidades geomorfológicas del eje de presa Huangarapampa	29
Cuadro 6: Unidades geomorfológicas	38
Cuadro 7: Columna Estratigráfica de la zona de Embalse.....	44
Cuadro 8: Unidades Geomorfológicas de la Bocatoma Chillutira.....	46
Cuadro 9: Columna Estratigráfica de la Bocatoma Chillutira	49
Cuadro 10: Unidades Geomorfológicas identificadas del canal principal Suyckutambo, canal derecho Suyckutambo, canal izquierdo Suyckutambo	54
Cuadro 11: Unidades Geomorfológicas del canal principal Suyckutambo	54
Cuadro 12: Unidades Geomorfológicas del canal derecho Suyckutambo	55
Cuadro 13: Unidades Geomorfológicas del canal izquierdo suyckutambo	55
Cuadro 14: Columna Estratigráfica del canal de conducción Suyckutambo	62
Cuadro 15: Litoestratigrafía del canal principal Suyckutambo	62
Cuadro 16: Litoestratigrafía del canal derecho Suyckutambo	62
Cuadro 17: Litoestratigrafía del canal izquierdo Suyckutambo	63
Cuadro 18: Aceleraciones Sísmicas Según Escala Mercalli.....	68
Cuadro 19: Geodinámica Externa del Sitio de la Presa	69
Cuadro 20: Geodinámica Externa del Vaso de la Presa	69
Cuadro 21: Geodinámica Externa de la Bocatoma Chillutira.....	70
Cuadro 22: Geodinámica Externa del Canal de Conducción Chillutira	70
Cuadro 23: Programa de trabajos realizados	92
Cuadro 24: Cuadro Parámetros De SEV	97
Cuadro 25: Longitudes De Cobertura De Los Sondajes Eléctricos Verticales	98
Cuadro 26: Resultados de los SEVs	99
Cuadro 27: Ensayos de permeabilidad.	104
Cuadro 28: Resultados de laboratorio del eje de dique	105
Cuadro 29: Ensayos especiales del eje de dique.....	106
Cuadro 30: Resultados de laboratorio del vaso de presa	106
Cuadro 31: Resultados de laboratorio del vaso de presa	106
Cuadro 32: Factores de capacidad portante (Prandtl, Reissner, Vesic)	108
Cuadro 33: Cálculo de la capacidad admisible en el eje de dique	109
Cuadro 34: Calicatas en la bocatoma Chillutira y obras conexas	110
Cuadro 35: Ensayo de penetración dinámica tipo cono peck en la bocatoma Chillutira	111
Cuadro 36: Correlaciones para N (SPT).....	112



Cuadro 37: Ensayo de penetración dinámica tipo cono Peck	112
Cuadro 38: Cuadro de valoración según la resistencia a compresión en Mpa.....	113
Cuadro 39: Ensayos insitu	114
Cuadro 40: Ensayos insitu	114
Cuadro 41: Índice RMR	115
Cuadro 42: Resultados de laboratorio para la bocatoma	116
Cuadro 43: Resultados de pase aéreo progresiva 0+500 canal izquierdo Suyckutambo	117
Cuadro 44: Resultados de pase aéreo progresiva 0+350 canal derecho Suyckutambo.....	117
Cuadro 45: Cálculo de la capacidad admisible de la bocatoma Chillutira.....	118
Cuadro 46: Cálculo de la capacidad admisible del pase aéreo en el canal izquierdo Suyckutambo progresiva	118
Cuadro 47: Cálculo de la capacidad admisible del pase aéreo en el canal derecho Suyckutambo progresiva	119
Cuadro 48: Trabajos realizados en los canales de conducción	119
Cuadro 49: Resultados de laboratorio	120
Cuadro 50: Resultados de laboratorio	120
Cuadro 51: Resultados de laboratorio	121
Cuadro 52: Tipo de clasificación.....	121
Cuadro 53: Tipo de Excavación	121
Cuadro 54: Caracterización del canal principal Suyckutambo	122
Cuadro 55: Caracterización del canal derecho Suyckutambo.....	122
Cuadro 56: Caracterización del canal izquierdo Suyckutambo	122
Cuadro 57: Canteras proyectadas	123
Cuadro 58: Ubicación de la cantera de agregados	123
Cuadro 59: Ensayos de laboratorio para agregados.....	124
Cuadro 60: Resultados de laboratorio para cantera de agregados	125
Cuadro 61: Diseño de mezclas para $f'c$ 100 kg/cm ² y $f'c$ 175 kg/cm ²	125
Cuadro 62: Diseño de mezclas para $f'c$ 210 kg/cm ² y $f'c$ 320 kg/cm ²	125
Cuadro 63: Ubicación de la cantera de rocas.....	126
Cuadro 64: Resultados de laboratorio	127
Cuadro 65: Resultados de laboratorio	129
Cuadro 66: Ubicación de botadero	130
Cuadro 67: Ensayos a muestras de Agua.....	131



LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Mapa de ubicación de la zona de estudio	2
Figura 2: Mapa de las Zonas Sísmicas	67
Figura 3: Aceleraciones Sísmicas.....	68
Figura 4: Configuración Del Método Schlumberger	91
Figura 5: Perfil A-A” SEV 01,02 y 03	100
Figura 6: Perfil eléctrico.....	101
Figura 7: Perfil geotécnico del eje de presa proyectado, los códigos “C” corresponden a las exploraciones por medio de calicatas.	102
Figura 8: Trabajos realizados en el eje de dique y vaso	103
Figura 9: Ubicación de calicatas en el eje y vaso	103
Figura 10: Grado de permeabilidad según Whitlow	104
Figura 11: Línea de conducción Suyckutambo, color celeste canal izquierdoSuyckutambo, color amarillo canal derecho Suyckutambo, color rojo acceso existente	110
Figura 12: Ubicación de la cantera para relleno	128
Figura 13: Ubicación de botadero	130



LISTA DE FOTOS

Foto 1: Altiplanicies disectadas, que generan considerables fondos de valle.....	13
Foto 2: Vertiente de cerro, ubicado en la margen izquierda del rio Chillutira.....	14
Foto 3: Afloramiento rocoso flujo andesítico silicificado de la formación Ichocollo, aguas debajo de la presa.	20
Foto 4: Afloramiento de la formación Huaycha, en área de embalse de la presa de Huangarapampa	21
Foto 5: Afloramiento de la formación Casanuma, típica estructura en forma de lajas, aguas arriba del área de embalse, presa de Huangarapampa.	22
Foto 6: Afloramientos de la formación Pampa Garza, en la línea de conducción Totorani, aguas abajo de la presa de Huangarapampa.....	23
Foto 7: Depósitos Aluviales que corresponden al fondo de valle del sector de Totorani	24
Foto 8: Estribo derecho del eje de presa, presenta unidades de terraza fluvio glacial y laderas moderadas.....	25
Foto 9: Estribo derecho del eje de presa, con dos unidades bien marcadas, laderas moderadas y fuertes	26
Foto 10: Cauce fluvial del rio Chillutira, atraviesa el eje de presa Huangarapampa	27
Foto 11: Terraza fluvio glacial, estribo derecho del eje de presa Huangarapampa	28
Foto 12: Unidad de ladera moderada en los estribos derecho e izquierdo y ladera fuerte en el estribo izquierdo, en el eje de presa Huangarapampa.	29
Foto 13: Estribo izquierdo del eje de presa Huangarapampa, se puede apreciar material morrenico en la ladera fuerte.....	30
Foto 14: Depósitos fluvio glaciares, en el estribo izquierdo del eje de presa Huangarapampa	31
Foto 15: Material fluvial, corresponde al riachuelo Chillutira, que discurre por el medio del eje de presa Huangarapampa.....	32
Foto 16: Depósitos coluviales, estribo derecho del eje de presa Huangarapampa.....	33
Foto 17: zona de embalse de la presa Huangarapampa	34
Foto 18: Laderas moderadas, coluvios y morrenas en la margen derecha del embalse	35
Foto 19: Unidades geomorfológicas en el margen izquierdo del embalse.	36
Foto 20: Colinas medias, circundantes al área del embalse.	37
Foto 21: Terraza fluvio glacial, dentro del fondo de valle glacial, en el área de embalse.....	38
Foto 22: Afloramiento de la formación Huaycha en el margen izquierdo del embalse.....	39
Foto 23: Afloramiento de la formación Casanuma en el extremo noroeste del embalse en el margen izquierdo.....	40
Foto 24: Depósitos morrenicos ubicados en las laderas del área de embalse	41
Foto 25: Depósitos fluvio glaciares y fluviales en el área de embalse	41
Foto 26: Depósitos bofedales, en el área de embalse	42
Foto 27: Depósitos coluviales de gran tamaño en el margen derecho del área de embalse.....	43
Foto 28: Zona de bocatoma, se puede apreciar las unidades geomorfológicas	45
Foto 29: Laderas escarpadas, margen izquierdo del riachuelo Chillutira	46
Foto 30: Afloramiento de la formación Ichocollo, junto con deposito coluvial, margen izquierdo del riachuelo Chillutira.	47
Foto 31: Depósito aluvial, bocatoma Chillutira.....	48



Foto 32: Riachuelos Chillutira y Pitune; rio Pitune en progresiva 0+520 Canal Derecho Suyckutambo y Canal Izquierdo Suyckutambo	50
Foto 33: Terraza aluvial, progresiva 3+460 línea de conducción	51
Foto 34: Laderas de pendiente fuerte, Progresiva 0+700 lateral izquierdo de la línea de conducción	52
Foto 35: Laderas suaves en la progresiva 2+400 de canal derecho Suyckutambo	53
Foto 36: Cima de colina baja, en la progresiva 0+760 del canal derecho Suyckutambo	54
Foto 37: Formación Ichocollo, progresiva 1+330 del canal izquierdo Suyckutambo.....	56
Foto 38: Afloramiento de la formación Pampa Garza, progresiva 4+800, del canal derecho Suyckutambo.....	57
Foto 39: Depósitos morrenicos, en la progresiva 0+000, canal derecho Suyckutambo, repartidor.....	58
Foto 40: Depósitos fluvio aluviales, progresiva 1+820 del canal derecho Suyckutambo.....	59
Foto 41: Depósitos fluviales 1, progresiva 4+120 del canal derecho Suyckutambo	60
Foto 42: Depósitos bofedales, progresiva 2+880 del canal derecho Suyckutambo.....	60
Foto 43: Depósitos eluviales y coluviales, 4+640 del canal derecho Suyckutambo.....	61
Foto 44: Calicata de vaso de presa	93
Foto 45: Ensayo de permeabilidad tipo Lefranc variable	93
Foto 46: Test Hammer en campo	113
Foto 47: Cantera de agregados Totorani.....	124
Foto 48: Cantera de rocas	127
Foto 49: Cantera para relleno	129

LISTA DE GRAFICOS

Gráfico 1: Representación gráfica de la temperatura de la zona de estudio	8
Gráfico 2: Representación grafica de la precipitacion de la zona de estudio.....	9



CAPITULO I

ASPECTOS GENERALES

1.1. GENERALIDADES

1.2. UBICACIÓN

El proyecto a ejecutarse se ubica en la región Cusco.

El Distrito de Suycutambo se ubica en la provincia de Espinar, departamento de Cusco, en la parte este, entre los paralelos 14°18'35" latitud Sur y los meridianos 72°08'02" longitud Oeste, sobre altitudes que oscilan entre los 3,550 a 3,650 m.s.n.m., sus límites son:

Por el Norte	: El distrito de Coporaque
Por el Sur	: El departamento de Arequipa
Por el Este	: El departamento de Arequipa
Por el Oeste	: El departamento de Arequipa
Superficie en (Km ²)	: 221.05

a. UBICACIÓN POLÍTICA

Distrito	: Suykutambo
Provincia	: Espinar
Región	: Cusco

b. UBICACIÓN GEOGRÁFICA

Departamento	: Cusco
Provincia	: Espinar
Distrito	: Suykutambo

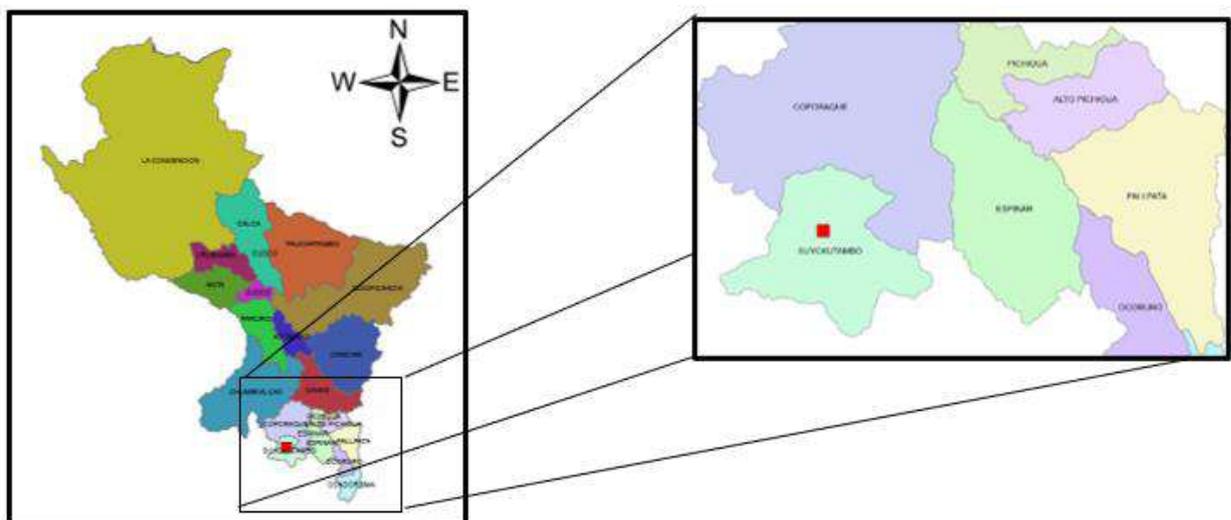
La zona en estudio se encuentra ubicado en las siguientes coordenadas.

Región Geográfica	: Sierra
Altitud punto Inicio (BOCATOMA)	: 4494 m.s.n.m.
Coordenadas UTM	: E 212757; N 8343637
Altitud punto Final	: 4090 m.s.n.m.
Coordenadas UTM	: E 218081.94; N 8342269.88

Figura 1: Mapa de ubicación de la zona de estudio



Fuente: Elaboración Propia



Fuente: Elaboración Propia



1.3. ACCESIBILIDAD

El acceso hacia la zona de estudio se realiza mediante la carretera afirmada desde la ciudad de Arequipa hasta Espinar o desde la ciudad de Cusco hasta Espinar, de allí se toma la carretera afirmada hasta la localidad de Huangarapampa finalizando la ruta a pie hasta el eje de presa proyectado, los detalles de las distancias y tiempo de recorrido se encuentran resumidos en el siguiente cuadro:

Cuadro 1: Accesibilidad hacia el dique proyectado Huangarapampa

VIAS DE COMUNICACION	DISTANCIA (km)	TIPO DE VIA	TRASPORTE	TIEMPO (Horas)
Lima – Cusco	1105	Asfaltada	Camioneta	23 Hrs
Cusco – Espinar	240	Asfaltada	Camioneta	04 Hrs.
Arequipa - Espinar	275	Asfaltada	Camioneta	05 Hrs.
Espinar - Huangarapampa	41	Afirmada	Camioneta	01 Hrs
Huangarapampa - Proyecto	2	Herradura	Ninguno	30 min.

Fuente: Elaboración Propia

1.4. MARCO TEORICO

1.4.1. A NIVEL INTERNACIONAL

De acuerdo con (Elizabeth Karina, Febres Guamán, 2012, pág. 3), el Canal de Riego Macará representa un crucial sistema de riego, especialmente en el Tramo La Bocana – El Limón. Este sistema facilita el riego de terrenos, contribuyendo al desarrollo de la Agricultura y Ganadería en la región, lo que resalta la importancia de su funcionamiento. Sin embargo, durante su construcción, no se llevaron a cabo estudios geológico-geotécnicos para evaluar las condiciones del terreno. En este trabajo de investigación, basado en la topografía detallada, se describe la geología del área, se identifican movimientos en masa, se determinan las propiedades físico-mecánicas del terreno y se calcula el factor de seguridad.

1.4.2. A NIVEL NACIONAL

La presente tesis, según el autor (Msc. Pablo Meza Aréstegui , 2018, pág. 3), se realizó mediante el estudio geológico geotécnico realizado para el sector de La Joya Antigua, para el sistema hidráulico de riego agrícola. Actualmente el sector de La Joya Antigua no cuenta con una base de datos completa de los tipos de suelos que conforman su sector; para lo cual este estudio se avoca en la clasificación y zonificación geotécnica de suelos, en base a resultados de laboratorio, además del mapeo geológico y geomorfológico del área de estudio; esto servirá para tener una base de datos para determinar el tipo de fundación que presenta el terreno.

1.4.3. A NIVEL LOCAL

La presente tesis, titulada "Estudio Geológico-Geotécnico para la Instalación y Mejoramiento del Sistema de Riego Tecnificado en la Cuenca del Río Pitumarca - Distritos de Checacupe y Pitumarca



– Canchis – Cusco”, presentada por (Colque & Huillca, 2018), se centra principalmente en la caracterización geológica-geotécnica del suelo de fundación para el desarrollo y mejora del sistema de riego tecnificado en la cuenca del río Pitumarca, abarcando los distritos de Checacupe y Pitumarca en la región de Canchis, Cusco.

DISCUSIÓN

Tanto a nivel internacional, nacional y local para un sistema de riego, se llega a una misma conclusión que es principalmente conocer la geología, geomorfología, la fisiografía, pendiente, la hidrología y la geotecnia, dando a conocer la zonificación del suelo de fundación, las propiedades físicas mecánicas; por donde pasara la red de distribución del sistema de riego.

1.5. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la actualidad hay demanda de la población para todo lo que es agricultura y ganadería que es factor fundamental en zonas donde se practica esta actividad en especial en zonas andinas del Perú.

Este estudio realizado, tiene como finalidad obtener información técnica que nos permita tener una idea completa de la geología y los suelos como estructura de fundación para el sistema de riego proyectada Huangarapampa, estructuras auxiliares y canales de conducción.

En este proyecto se desarrollan los estudios de geología y geotecnia; en el ámbito geológico se describen y relación las diferentes unidades litoestratigraficas, geomorfológicas y estructurales así como la actividad geodinámica como modelador superficial de la zona, en lo que concierne a estudio de suelos y canteras, servirá como información básica para conocer la cimentación donde se proyectan las obras hidráulicas, canales principales, laterales y definir diseños de obras de arte en riachuelos y quebradas.

Para este proyecto en especial existe demanda y también se tiene las condiciones para poder realizar dicho trabajo, pero tenemos deficiencia de datos geológicos y geotécnicos que describa las propiedades físicas – mecánicas de los suelos de fundación para poder realizar el trazo de la red de tuberías del sistema de riego hidráulico y asegurar su correcto funcionamiento

1.5.1. PROBLEMA GENERAL

- ¿Qué unidades geológicas geotécnicas y que tipos de suelos de fundación de la microcuenca Chillutira existen a lo largo de la línea de conducción para la creación del servicio de agua para el sector de Huangarapampa – Chaupimayo con fines de riego tecnificado, en el distrito de Suycutambo provincia de Espinar región Cusco?

1.5.2. PROBLEMAS ESPECIFICOS

- ¿Cuáles son los unidades geomorfológicas y litológicas?



- ¿Qué tipos de parámetros geotécnicos serán tomados en cuenta al afectar el grado de intemperismo a lo largo de la línea de aducción de la microcuenca Chillutira para la creación del servicio de agua para el Sector de Huangarapampa-Chaupimayo con fines de riego tecnificado?
- ¿En caso de detectarse zonas inestables a lo largo de la línea de conduccion durante el proceso de ejecución, que medidas serán adoptadas?

1.6. OBJETIVO DEL ESTUDIO

1.6.1. OBJETIVO GENERAL

- Evaluar las características geológicas geotécnicas del suelo de fundación de la microcuenca Chillutira existente a lo largo de la línea de conduccion para la creación del servicio de agua para el sector de Huangarapampa – Chaupimayo con fines de riego tecnificado, en el distrito de Suycutambo provincia de Espinar región Cusco.

1.6.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Reconocer las diferentes unidades geomorfológicas para caracterizarlos y dimensionarlos a lo largo de la línea de aducción de la microcuenca Chillutira, las que serán representadas y delimitadas en los mapas temáticos respectivos.
- Determinar los parámetros geotécnicos mediante sus propiedades físico mecánicas de los suelos a lo largo de la línea de conduccion de la microcuenca Chillutira para la creación del servicio de agua para el Sector de Huangarapampa-Chaupimayo con fines de riego tecnificado
- Evaluar las áreas susceptibles a geodinámica con fines de garantizar seguridad a lo largo del sector de Huangarapampa – Chaupimayo con fines de riego tecnificado, para sus medidas de control y mitigación.

1.7. HIPOTESIS

Se ha hecho trabajos de campo y gabinete como mapeo geológico – geotécnico, apertura de calicatas, ensayos geotécnicos e interpretación de resultados de laboratorio, que si se permitió identificar y evaluar los diferentes tipos de suelos y subsuelos que se encuentren a lo largo de la línea de conducción, vaso y eje de presa proyectada, para poder realizar la Creación del Servicio de Agua para el Sector de Huangarapampa-Chaupimayo con Fines de Riego Tecnificado en el distrito de Suycutambo provincia de Espinar Región Cusco.



1.8. JUSTIFICACION

Los trabajos realizados con anterioridad, son trabajos hechos por la municipalidad y por entes del estado también se registra estudios realizados para las diferentes universidades nacionales, dichos estudios hacen mención a estudios geológicos geotecnias y también hidrológicos.

-Estudio geológico geotécnico para el emplazamiento de la represa de Pallalaje, Espinar Cusco para los estudios Complementarios de la Represa de Pallallaje del Proyecto Construcción y Mejoramiento de Riego Mayor Pallallaje-Distrito de Coporaque, Provincia de Espinar, Región Cusco.

-Estudio Geológico - Geotécnico de Factibilidad para la Construcción de la Presa Prado Esperanza, distrito Pallpata, provincia de Espinar -departamento de Cuzco.

-Estudio geológico, geotécnico y caracterización de suelos para la cimentación de reservorios de agua potable en la ciudad de espinar – cusco.

-Estudio geológico - geotécnico para construcción de la presa Quillca, Alto Pichigua, Espinar, Cusco.

-Evaluación hidrogeológica de las microcuencas Cañipía y Salado, zona de influencia de la compañía minera Tintaya. Región Cusco, provincia de Espinar, distrito de Espinar.

1.9. VARIABLES

1.9.1. VARIABLE INDEPENDIENTE

- Estudio geológico – geotécnico.

1.9.2. VARIABLE DEPENDIENTE

- Geología, Geomorfología.
- Ensayos geotécnicos.
- Resultados de laboratorios (granulometría, límites de Atterberg, contenido de humedad, clasificación SUCS, ensayo de Proctor, ensayo de corte directo)

1.9.3. INDICADORES

- Servicio de agua para el sector de Huangarapampa

1.10. METODOLOGÍA DEL TRABAJO

Se “procedió con la generación de información Temática específica, a partir de la recopilación de información básica, recopilación bibliográfica (libros, revistas, publicaciones, artículos y tesis), obtención de información cartográfica base de la región a una escala adecuada, Mapa Base y una imagen Satelital de la zona de estudio (Imagen satelital de 15m de resolución), así como también opiniones técnico-científicas. Para la elaboración de la información temática y la generación de los



mapas temáticos se recurrió a las fuentes de los entes oficiales como referencia, en base a los cuales se realizó la interpretación, contrastación y/o actualización en el campo de los datos preliminares.

1.10.1. ENFOQUE

El proyecto se centra en una investigación de enfoque cuantitativo.

Durante esta fase, se llevó a cabo la recopilación de datos y un análisis exhaustivo de la bibliografía existente sobre la zona de estudio. Además, se realizó un análisis de foto interpretación del área. Después de las salidas de campo, se elaboraron planos geológicos y geomorfológicos utilizando un plano a escala 1:25,000 de la zona. En este proceso, se tuvieron en cuenta las asociaciones litológicas existentes para realizar las interpretaciones correspondientes.

Durante la etapa de campo, se llevó a cabo el cartografiado geológico de las unidades estratigráficas y estructurales en el plano base a escala 1:25,000. Se realizaron levantamientos de columnas estratigráficas en los afloramientos observados, prestando atención a los detalles de la estratigrafía secuencial. Estos levantamientos permitieron establecer la caracterización geológica y geotécnica de las unidades. Además, se recolectaron muestras de suelos y rocas de calicatas y afloramientos para realizar los análisis respectivos

1.10.2. DISEÑO DEL ESTUDIO

El proyecto tiene un diseño de estudio descriptivo-cuantitativo.

En este proceso, se desarrollará un informe preliminar seguido por la consolidación del informe final, que incluirá la presentación de planos, cuadros, fotografías y anexos relevantes.

Esta metodología se estructurará de manera cuidadosa en diversos capítulos.

1.10.3. ETAPA PRE – CAMPO Y/O GABINETE

Durante esta fase, se llevó a cabo la recopilación de datos y un análisis bibliográfico exhaustivo sobre la zona de estudio. Además, se realizó un análisis de foto interpretación del área. Tras las salidas de campo, se elaboraron planos geológicos y geomorfológicos en una escala de 1:25,000, teniendo en cuenta las asociaciones litológicas existentes para realizar interpretaciones adecuadas.

1.10.4. ETAPA DE CAMPO

En esta etapa, se procedió al cartografiado geológico de las unidades estratigráficas y estructurales sobre el plano base a escala 1:25,000. Se llevó a cabo el levantamiento de columnas estratigráficas en los afloramientos identificados, prestando especial atención a los detalles de la estratigrafía secuencial para establecer su caracterización geológica y geotécnica. También se recolectaron muestras de suelos y rocas de calicatas y afloramientos para análisis posteriores.



1.10.5. POST CAMPO Y/O REDACCIÓN DE LA TESIS

La fase posterior al campo implica la elaboración del informe preliminar y, posteriormente, la consolidación del informe final. En este proceso, se adjuntarán todos los elementos generados, como planos, cuadros, fotografías y anexos pertinentes.

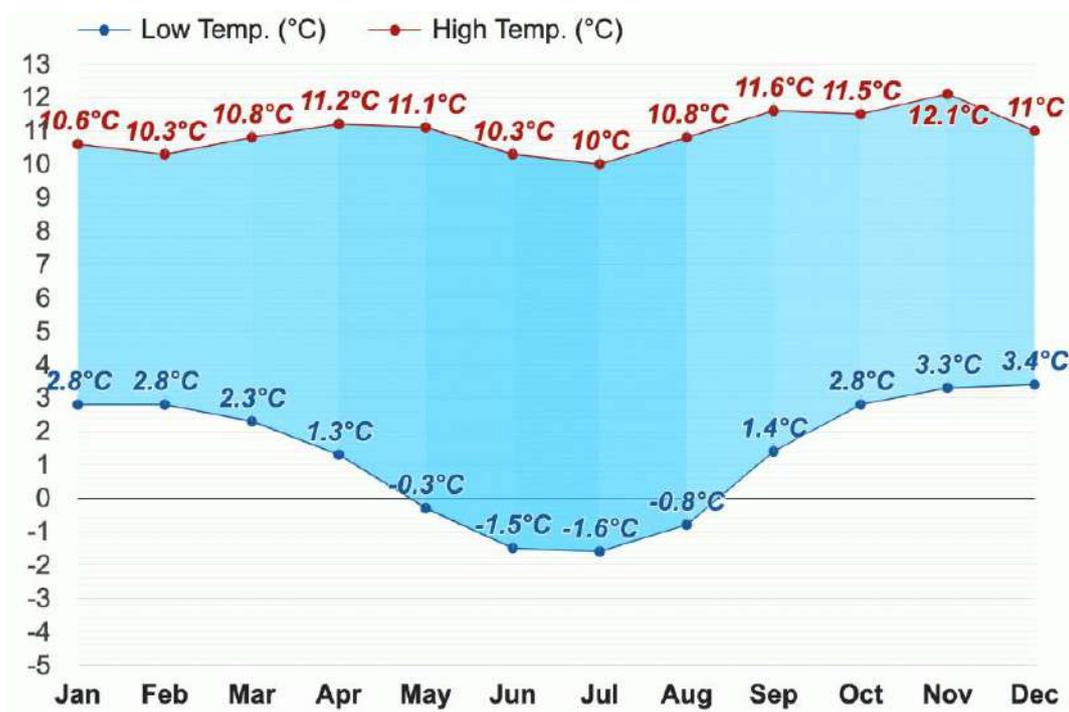
1.11. CLIMA

La región de estudio exhibe un clima de tundra, caracterizado por condiciones frías a lo largo de todo el año. La temperatura media anual en Espinar es de 23°C, y la precipitación media anual alcanza los 16 mm. La lluvia es escasa durante 334 días al año, con una humedad promedio del 77% y un Índice UV de 6.

1.12. TEMPERATURA

El mes más cálido, con la temperatura alta promedio máxima, es noviembre (12.1°C), mientras que el mes con la temperatura alta promedio más baja es julio (10°C).

Gráfico 1: Representación gráfica de la temperatura de la zona de estudio



Fuente: www.weather-atlas.com

1.13. PRECIPITACION

El mes de Febrero destaca como el período más lluvioso, registrando la mayor precipitación con 244 mm. Por otro lado, Junio y Julio se perfilan como los meses más secos, con una mínima precipitación de 5 mm cada uno.



Gráfico 2: Representación gráfica de la precipitación de la zona de estudio



Fuente: www.weather-atlas.com



CAPITULO II

GEOMORFOLOGÍA

2.1. GENERALIDADES

Esta investigación tiene como ubicación geográfica la vertiente Oriental de la Cordillera Occidental de los Andes Peruanos. En este capítulo, se aborda el origen y las características de las formas de relieve, así como los procesos erosivos que se evidencian con mayor claridad en la región de Huangarapampa y Totorani.

La evolución morfogenética de la zona de estudio y del departamento de Cusco está estrechamente vinculada a los cambios en la cadena montañosa de los Andes en el sur del país. En la región cusqueña, dos conjuntos estructurales definen su geografía: la Cordillera Occidental, predominantemente meso-cenozoica y que abarca gran parte del departamento en su zona occidental, y la Cordillera Oriental, mayormente paleozoica, ubicada en la región sureste del departamento.

La ubicación de la zona de Huangarapampa y Totorani se encuentra en la Cordillera Occidental, situada en una hondonada esculpida por la actividad glaciaria. Se han tomado como referencia la carta nacional del Instituto Geográfico Nacional IGN a escala 1/100,000 del año 1985, las hojas del INGEMMET y la información proporcionada por la Autoridad Nacional del Agua del Perú ANA para definir los detalles que se presentan a continuación.

2.2. UNIDADES GEOMORFOLOGICAS REGIONALES

El área de estudio está enmarcada en el cuadrángulo de Santo Tomas, ubicado en el flanco oriental de la Cordillera Occidental de los Andes, con altitudes que oscilan entre los 4950 y 4420 metros sobre el nivel del mar.

A nivel regional, la zona de estudio se sitúa en la Unidad Geomorfológica denominada Altiplanicie. Esta se caracteriza por una topografía de pendiente suave, con planicies, colinas y cerros modelados por la erosión glaciaria. Las geoformas más destacadas incluyen altiplanicies y cadenas de cerros con una orientación predominante en dirección noreste-sureste.

2.2.1. FAJA INTRACORDILLERANA

Esta unidad geográfica se encuentra entre la Cordillera Occidental y la Cordillera Oriental, presentando una morfología suave. Aquí se localizan las partes más planas delimitadas por cadenas montañosas o depresiones moderadas.

2.2.2. CORDILLERA ORIENTAL

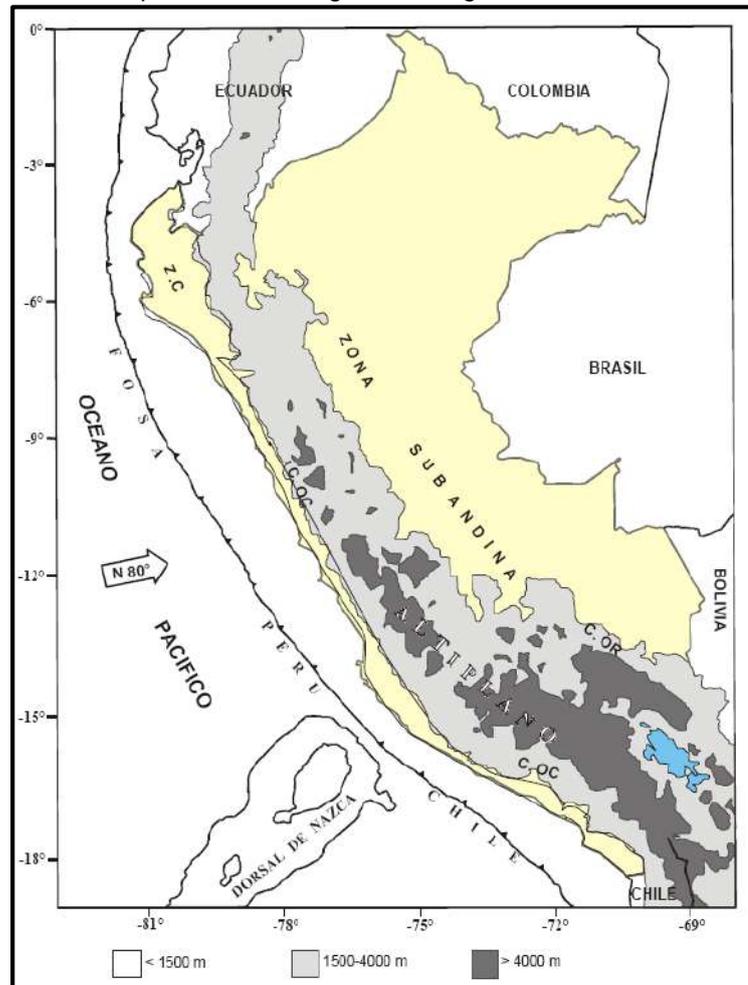
Esta sección corresponde a las partes más occidentales de la Cordillera Oriental y se extiende al NE - SE del cuadrángulo del VELILLE, YAURI, AYAVIRI, AZANGARO. Su topografía es más moderada en comparación con la Cordillera Occidental, con altitudes extremas comprendidas entre los 4420 m.s.n.m.

2.2.3. VALLES

En esta unidad se encuentran valles y quebradas, siendo los tramos correspondientes a los denominados valles transversales (Huangarapampa - Chaupimayo) y valles longitudinales (Río Apurímac).

Figura 01

Principales unidades geomorfológicas del Perú



Z.C = Zona Costera ubicada desde el Norte hasta el Sur a lo largo de todo el litoral, C.O.C = Cordillera Occidental limita por el Oeste con la Zona Costera y por el Este con la Cordillera Oriental, C.O.R= Al Norte limita con la Zona



Costera y en el Centro rodea a la C.OC y hacia el Sur va limitando con la Zona Subandina Z.S = que limita por el Oeste con la C.OC (Tavera y Buforn 1998).

2.2.4. ALTAS CUMBRES

Esta unidad geomorfológica se distribuye de manera irregular en los cuadrángulos de VELILLE, YAURI, AYAVIRI y AZANGARO. Sus elevaciones oscilan entre los 4,200 y los 4,985 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m.). Desde el punto de vista morfológico, se caracteriza por la presencia de colinas con pendientes pronunciadas, y en algunos casos, picos de considerable altura.

La glaciación cuaternaria ha dejado su huella distintiva en gran parte de los Andes, siendo particularmente intrigante en estas altas cumbres. Las regiones más elevadas han experimentado procesos erosivos, mientras que las áreas adyacentes están cubiertas por depósitos morrénicos y, predominantemente, por depósitos fluvio-glaciares, enmascarados parcialmente bajo otros materiales clásticos.

2.2.5. PENEPLANICIES ANDINAS

Geomorfológicamente se extiende en diversas áreas, formando auténticas peneplanicies de relieve moderadamente ondulado. Estos espacios interfluviales exhiben suaves convexidades, cuyos contornos son irregulares debido a las formas topográficas limitantes representadas por cadenas montañosas o pequeñas agrupaciones de cerros de altitudes variadas (3,600 a 4,200 m.s.n.m.).

2.2.6. COLINAS

Desde el punto de vista morfológico, este paisaje ofrece una topografía moderadamente accidentada, siendo los lugares de mayor altitud (3,800 a 4,600 m.s.n.m.). Con frecuencia, se han formado escarpas abruptas en esta unidad, y se observa un aspecto cárstico con superficies rugosas a ásperas debido a diferentes procesos de meteorización. En muchos sectores, es posible apreciar colinas de perfiles suaves y convexos moderados, formadas principalmente por calizas.

2.2.7. LADERAS DE VALLE

Con desniveles que oscilan entre los 2,800 y 3,800 m.s.n.m., esta unidad geomorfológica se caracteriza morfológicamente por presentar pendientes moderadas a pronunciadas.

Se pueden observar laderas escarpadas con chorreras casi verticales distribuidas alrededor de drenajes radiales, creando una ruptura de pendiente desde las peneplanicies hasta el fondo del valle.

2.3. UNIDADES GEOMORFOLOGICAS LOCALES

a. ALTIPLANICIES DISECTADAS

Estas formas de relieve se originaron a partir de la destrucción parcial de las altiplanicies, un evento desencadenado por la intensa erosión durante el levantamiento andino plio-pleistocénico, la acción

glaciar y la incisión profunda de los cursos de agua. Aunque comparten su origen con las altiplanicies, estas han sido profundamente disectadas, configurando un relieve de colinas ampliamente distribuidas en las zonas altas del departamento. Las pendientes son abruptas debido a la disección, formando escarpes en lugar de laderas. En las unidades inferiores, se encuentran sectores más planos donde las aguas de escorrentía se concentran, dando lugar a pequeñas y abundantes áreas hidromórficas conocidas como bofedales, como es el caso del sector de Totorani, situado en el fondo de una profunda disección.

Foto 1: Altiplanicies disectadas, que generan considerables fondos de valle



b. VERTIENTES DE CERROS

Se refieren a características del relieve que se distinguen por sus pronunciadas inclinaciones, con pendientes que varían desde los 20° hasta superar los 45°. La génesis de estas formas se atribuye a la profunda incisión de los cursos de agua, resultado del levantamiento plio-pleistocénico en la región andina, que ha esculpido el paisaje.

En algunas ocasiones, ciertas laderas de montaña destacan sobre las mesetas, manifestándose como relieves residuales compuestos por rocas extremadamente duras o elevaciones tectónicas tipo horst. Estas elevaciones, en ocasiones, exhiben una topografía rugosa debido a los procesos de modelado glacial y periglacial recientes que han afectado la región.

Foto 2: Vertiente de cerro, ubicado en la margen izquierda del rio Chillutira



c. FACTOR ANTRÓPICO

Aunque la acción de los factores antrópicos no suele ser preponderante a gran escala, siempre está presente. El sobrepastoreo en las laderas de montaña deteriora la frágil cobertura vegetal natural, mientras que los cultivos en terrenos de fuerte pendiente aceleran la erosión laminar y propician el desarrollo de cárcavas. Además, algunas obras de ingeniería, como el ensanchamiento de carreteras y la apertura de accesos, pueden desencadenar procesos peligrosos, como deslizamientos, que pueden llevar varios años en estabilizarse.

d. FONDOS DE VALLE

Los valles son extensiones de terreno alargadas que se sitúan en áreas adyacentes a los cursos de agua que han erosionado profundamente el terreno. Su topografía es predominantemente plana, con pendientes que oscilan entre 0° y 5° . La formación de estos valles se debe a la disección del relieve andino, resultado del levantamiento plio-pleistocénico.



Es importante señalar que existen diferencias significativas entre los valles, dependiendo de su altitud. Aquellos situados por encima de los 3800 m.s.n.m. han sido modelados por kilómetros de hielo durante los avances glaciales del Cuaternario, presentando fondos anchos y planos por donde serpentean pequeños riachuelos incapaces de transportar sedimentos acumulados previamente. En contraste, los valles ubicados por debajo de los 3,800 y 4,000 m.s.n.m. no han experimentado la invasión de masas de hielo, mostrando una morfología más estrecha y la presencia de distintos niveles de terrazas fluviales.

Asimismo, es posible identificar los valles según los materiales que los componen. Aquellos moldeados por la acción glacial exhiben una cubierta compuesta principalmente por morrenas de fondo, con materiales heterométricos que incluyen bloques rocosos en una matriz arcillo-arenosa. Por otro lado, los valles esculpidos exclusivamente por acción fluvial presentan depósitos estratificados y bien seleccionados provenientes de corrientes de agua, así como una cobertura coluvial más abundante, originada en las laderas adyacentes.

Cuadro 2: Unidades geomorfológicas

Sistema	Unidad (código)	Descripción
Antropomórfico	Carreteras y accesos (CAR-AC)	Accesos construidos, (trocha carrozable) construida con material de la zona sin mantenimiento permanente
	Área Rural (A-R)	Infraestructura rural antigua construida con materiales de la zona con poco equipamiento y carencia de planificación.
Glacial	Valle Glacial (V-G)	Presente en el área de estudio, constituidos por valles en U con depósitos de materiales angulosos a sub angulosos en sus lechos
	Morrenas (MR)	Constituidos por depósitos glaciares compuestos de fragmentos angulosos a sub angulosos de diferentes tamaños, presentes en el área del proyecto.
	Lagunas (LAG)	Corresponden a lagunas escalonadas de origen glaciario y que están presentes en el área de influencia directa del proyecto
Fluvio - aluvial	Ríos (RI)	De naturaleza juvenil con escasos meandros en las partes bajas y planicies altas, lechos estrechos en valles glaciario.
	Lecho fluvio-pluvial (L-F-P)	Constituidos por ríos de segundo orden, canales de riachuelos temporales asociados a las lluvias anuales. Forman un sistema de drenaje dendrítico en las quebradas y ríos
	Valle (V)	Fondos erosionales de valle, En erosión hídrica concentrada en época de avenidas, son de naturaleza juvenil y de forma en V
Cerros	Cerros Altos (C-A)	De pendientes altas, formado por proceso de erosión, presenta zonas de erosión diferencial.
	Colinas Medias (C-M)	De pendientes medianas formadas por desgaste diferencial en formaciones blandas de composición sedimentaria.
	Escarpas (Esc)	Formadas por rocas y estratos de rocas poco consolidadas depositados en los flancos de los valles



CAPITULO III

GEOLOGIA

3.1. GENERALIDADES

En este capítulo, se ha empleado información existente proveniente del cuadrángulo de VELILLE, YAURI, AYAVIRI, AZANGARO, específicamente de las Hojas 30-s, 30-t, 30-u y 30-v elaboradas por el INGEMMET. Además, se ha hecho uso de la carta geológica del cuadrángulo de VELILLE, hoja 30-s, integrando datos recopilados en el terreno y consultando también cuadrángulos conexos, así como informes y mapas proporcionados por diversas entidades, tanto del ámbito estatal como privado.

La identificación detallada de las unidades litoestratigráficas y geomorfológicas en la zona de estudio se presenta como un pilar fundamental para comprender el desarrollo geológico histórico en la región de Huangarapampa. El análisis litoestratigráfico regional implica la descripción minuciosa de las diversas unidades litoestratigráficas presentes en los afloramientos rocosos y suelos, organizándolas en orden cronológico desde las más antiguas hasta las más recientes. Para esta tarea, se han empleado como fuentes primarias los mapas geológicos de las Hojas 30-s de Velille y 30-t de Yauri, realizados por el INGEMMET, así como el Boletín N° 58 Serie A Carta Geológica Nacional, que aborda la geología del cuadrángulo VELILLE, YAURI, AYAVIRI, AZANGARO, Hojas 30-s, 30-t, 30-u y 30-v. Además, se ha complementado la información con datos de campo adicionales recolectados con el propósito de enriquecer este estudio.

En la región de estudio, se observan diversos afloramientos de unidades litoestratigráficas con edades que abarcan desde las más recientes. El Cuadro N° 02 ilustra la disposición y relaciones de estas unidades, mostrando una variedad de composiciones que incluyen rocas volcánicas, flujos piroclásticos, brechas, así como materiales más recientes como suelos coluviales, aluviales, deluviales, entre otros.

Es importante destacar que, cuando estas formaciones geológicas se manifiestan con amplitud suficiente o presentan diferenciación evidente, se han delimitado de manera individual, utilizando los símbolos respectivos, pero conservando el color que identifica a la unidad geológica principal. Este enfoque detallado proporciona una visión más completa y precisa del entorno geológico en la zona de Huangarapampa.



3.2.1. CENOZOICA – NEOGENO – MIOCENA

a. GRUPO TACAZA

1. FORMACION ICHOCOLLO (Nm – ich)

La Formación Ichocollo (Nm – ich) fue identificada en el cuadrángulo de Cailloma por el geólogo (David DAVILA M. , 1988, pág. 27). Su presencia es notable en la región meridional de la hoja de Velille, próxima al límite con la hoja de Cailloma, donde se manifiesta principalmente en pequeños afloramientos. Estos afloramientos están constituidos mayormente por flujos de composición andesítica y andesítica-basáltica, que se distribuyen en las faldas del cerro Gallina, los cerros Alcamita y el paraje de Tallurhuana.

La composición de los flujos de la Formación Ichocollo incluye biotitas y fenocristales de plagioclasas algo sericitizados. Estos depósitos presentan un característico color grisáceo con matices verdosos y exhiben fenocristales de plagioclasas y piroxenos en una matriz microgranular afanítica. Es interesante señalar que la Formación Ichocollo se encuentra discordante con respecto al Grupo Puno.

3.2.2. CENOZOICA – NEOGENO – PLIOCENA (David DAVILA M. , 1988)

a. GRUPO BARROSO

1. UNIDAD TOBACEA (NQ – ba/pi)

Lavas andesíticas, dacíticas a traquiandesíticas, con textura porfíricas a afiricas.

2. UNIDAD LAVIDA – PROFIRICA A AFIRICA (NQ – ba/da,an)

Domos y flujos de lavas andesíticas afiricas vesiculares negruzcas. Las vesículas tienen formas elongadas, en algunos casos mayores a 3 cm.”

b. FORMACION CALDERA CAILLOMA (Np-cay/tbka)

Se observa claramente la presencia de una estructura de subsidencia vinculada al tectonismo y al vulcanismo, lo que nos lleva a considerar la existencia de una caldera de tipo valle. Esta caldera se caracteriza por su relleno de materiales volcánicos andesíticos del Pleistoceno.

3.2.3. CENOZOICA – CUATERNARIO HOLOCENA

c. DEPOSITO ALUVIAL (Qh-al)

Estos depósitos se encuentran predominantemente en áreas relativamente planas, como peneplanicies o pampas, limitadas por colinas o cadenas montañosas. También se localizan en las partes bajas de los valles o en expansiones que resultan de la interacción entre estos factores, formando llanuras aluviales, depósitos fluviales y lacustres.



Estos depósitos aluviales están compuestos por bloques, guijarros, gravas, arenas, limos y arcillas de composición heterogénea. La estratificación de estos materiales varía desde difusa, donde se destaca la presencia de lentes, hasta estratificaciones más notorias, con algunas excepciones donde se observan comisuras bien definidas.

Los mejores ejemplos de estas acumulaciones aluviales se encuentran en Totorani, Ccancahua, Quishco, Cllanta y Huaccalla, así como a lo largo de todos los valles y en los bordes de diversas regiones. Estos depósitos aluviales han rellenado, al menos parcialmente, todos los valles al final de la época glaciaria y han continuado acumulándose en el tiempo, ya que la acción erosiva ha profundizado antiguos cauces y depositado nuevos sedimentos. Por lo tanto, estos depósitos han experimentado la acumulación a lo largo de diferentes períodos, abarcando desde el inicio de la época reciente hasta posiblemente las últimas etapas del Pleistoceno hasta la actualidad.

Cuadro 3: UNIDAD LITOESTRATIGRAFICA REGIONAL

EDAD			UNIDAD LITOESTRATIGRAFICA				
ERA	SISTEMA	SERIE					
CENOZOICA	CUATERNARIO	HOLOCENA	Deposito Aluvial		Qh-al	Clastos y gravas en matriz limo arenosa	
			Caldera Cailloma		Np-cay/tbka	Tobas soldadas cristalolíticas	
	NEOGENO	PLIOCENA	Grupo Barroso	Unidad Lavica Profirica a Africa		NQ-ba/da,an	Lavas dacíticas a andesíticas porfiríticas a afaricas
				Unidad Tobacea		NQ-ba/pi	Intercalacion de tobas cineríticas y liticas
		MIOCENA	Grupo Tacaza	Formacion Ichocollo		Nm-ich	Lavas andesíticas a traquibasáticas

Fuente: Elaboracion Propia Tesistas

3.3. GEOLOGÍA LOCAL

3.3.1. CENOZOICO

Se caracteriza por una serie de eventos vinculados al vulcanismo, que resulta de la subducción de la placa oceánica de Nazca debajo del continente sudamericano. A lo largo del tiempo, se identifican diversos pulsos de actividad volcánica que conducen a la acumulación de considerables volúmenes de brechas, derrames de lavas y depósitos piroclásticos.

Después de un hiato marcado por secuencias sedimentarias de menor magnitud, de origen continental y fases de plegamiento durante el Mioceno inferior, se observa nuevamente la manifestación de varios ciclos de actividad volcánica durante el Mioceno superior. Estos ciclos alcanzan su punto

culminante en el Mio-Plioceno con la erupción de considerables volúmenes de productos volcánicos. Estas erupciones no experimentan movimientos tectónicos de gran relevancia, concluyendo con una última actividad volcánica en el Pleistoceno.

En términos generales, se puede notar una cierta acumulación de focos volcánicos en el flanco suroccidental, específicamente en la Cordillera Occidental.

a. Grupo Tacaza: Formación Ichoccollo (Nm-ich)

Esta unidad geológica se presenta extensamente al sur de la hoja de Velille, cerca del límite con la hoja de Caylloma. En su mayoría, esta formación se manifiesta a través de pequeños afloramientos compuestos por flujos de composición andesítica y andesítica-basáltica. Estos flujos exhiben biotita y fenocristales de plagioclasa algo sericitizados.

Las andesitas basálticas, predominantemente compuestas por plagioclasas y piroxenos, poseen un tono gris oscuro, grano fino a medio, y un aspecto porfídico con matriz afanítica. Además, presentan fracturas concoidales angulosas, resultado del aumento de sílice debido a la alteración supergénica. Las fracturas también muestran recubrimientos de limonita, conferiendo a la roca tonalidades rojizas. En términos generales, la roca se presenta blanquecina, afanítica y con un aspecto tobáceo argilizado. Se atribuye a esta formación una edad Miocénica.

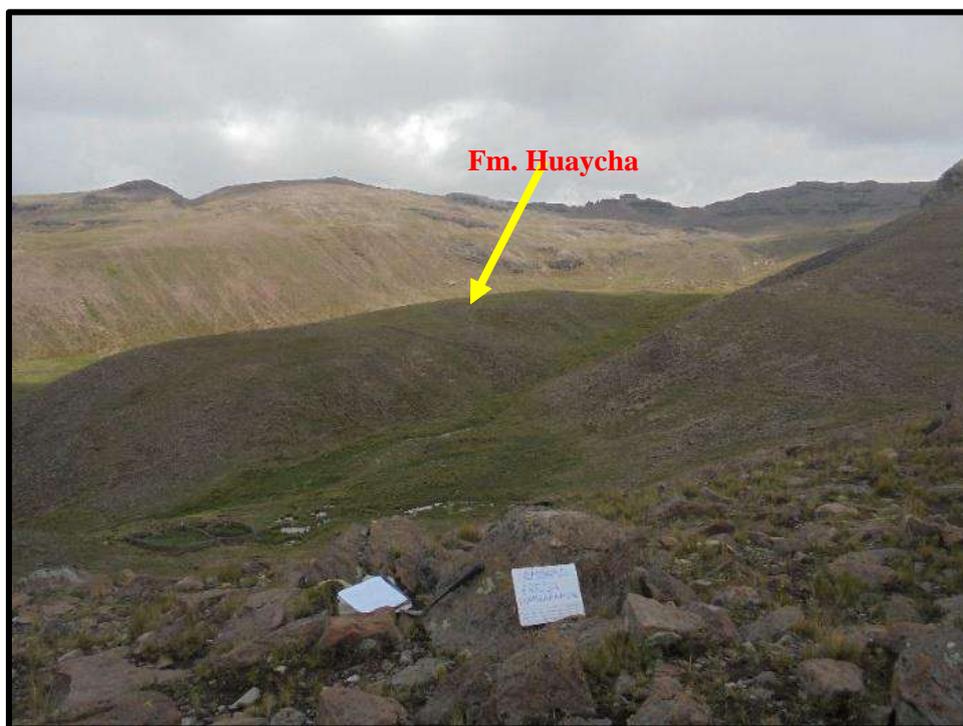
Foto 3: Afloramiento rocoso flujo andesítico silicificado de la formación Ichoccollo, aguas debajo de la presa.



b. Grupo Barroso: Formación Huaycha (Np-hu)

Esta formación geológica se compone de una extensa secuencia de tobas brechosas, tobas líticas y cineríticas. Las tobas cineríticas presentan una textura blanca y friable, exhibiendo variedades como la toba rosada y la toba blanquecina con niveles de tobas friables que contienen clastos andesíticos subredondeados. También se encuentran tobas riolíticas de grano grueso, con un tono gris blanquecino y clastos de lapilli alterados. Además, se identifican tobas dacíticas con un ligero tinte rosado a marrón, de grano fino y presencia de micas pequeñas y dispersas. En esta formación, fenocristales de plagioclasa blanquecina y algunos lapillis desvitrificados son comunes. Se estima que la Formación Huaycha tiene una antigüedad del Plioceno.

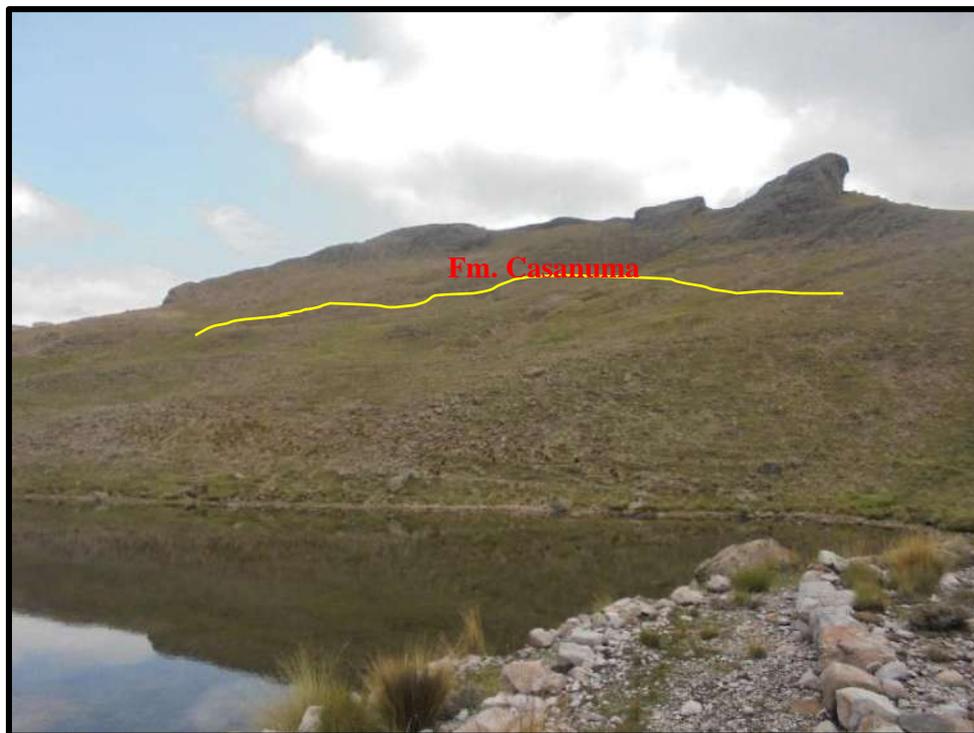
Foto 4: Afloramiento de la formación Huaycha, en área de embalse de la presa de Huangarapampa



c. Grupo Barroso: Formación Casanuma (Np-ca)

Está caracterizada por la presencia de flujos lávicos y algunos flujos tobáceos. Los flujos lávicos son de naturaleza afanítica y de color gris negra, con disyunción en forma de lajas. Estos se intercalan con tobas blanquecinas de textura riolítica, que incluyen litoclastos de lapilli y feldespatos. Las lavas presentan composiciones que varían desde dacítica hasta andesítica, exhibiendo una textura porfírica afanítica. La datación sugiere que esta formación se formó en el Plioceno.

Foto 5: Afloramiento de la formación Casanuma, típica estructura en forma de lajas, aguas arriba del área de embalse, presa de Huangarapampa.



3.3.2. CUATERNARIO: PLEISTOCENO, HOLOCENO

Para esta parte, son eventos ya recientes, para la zona de estudio está ligada aun ultimo evento aun, durante el Pleistoceno, seguido por periodos de glaciación y finalmente agentes erosivos recientes que han de estar en el Holoceno.

a. Formación Pampa Garzas (Qpl-g)

Se caracteriza por ser el resultado de eventos explosivos que han rellenado extensas porciones del cauce del río Apurímac, llegando hasta la Cuenca Yauri. En su parte más distal, se presenta claramente en el corte realizado por el río Salado. Está compuesta por tobas que varían desde cristalovítricas hasta vítricas, con una textura eutaxítica, un color gris claro con ligeras tonalidades rosadas y una matriz afanítica de grano fino a medio. Los fragmentos líticos muestran limonitización y provienen de rocas lávicas que contienen plagioclasa, cuarzo, opacos y limonitas.

Esta formación ha rellenado el valle preexistente tallado en rocas volcánicas de los grupos Tacaza y Barroso, ocupando la parte inferior de la Formación Yauri en la Cuenca Yauri. La edad de la Formación Pampa Garzas se ubica en el Pleistoceno.

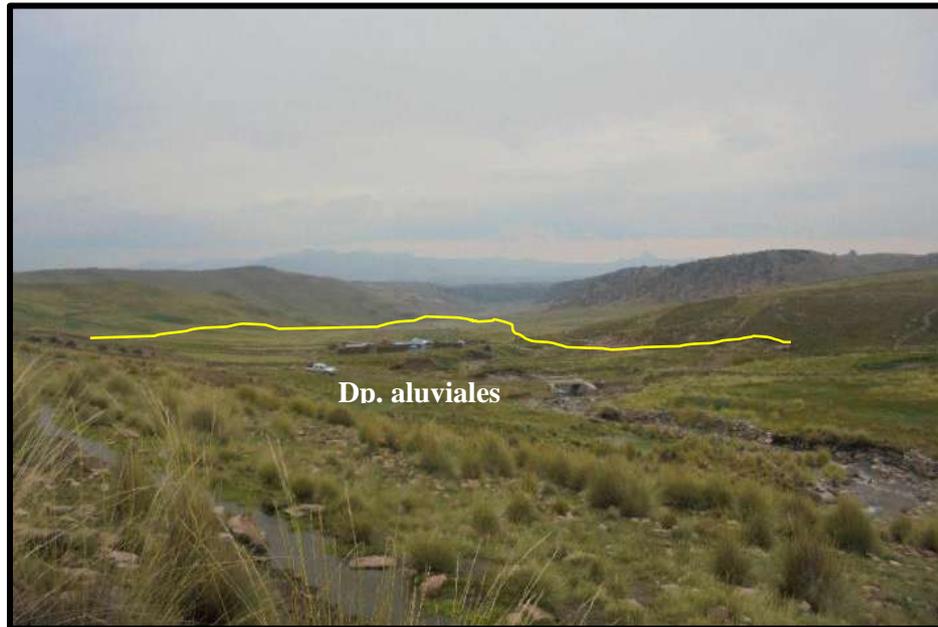
Foto 6: Afloramientos de la formación Pampa Garza, en la línea de conducción Totorani, aguas abajo de la presa de Huangarapampa



b. Depósitos Aluviales (Qh-al)

Son resultado de la acumulación de materiales en el lecho de ríos y quebradas. Estos depósitos se distribuyen de manera óptima a lo largo de los cursos fluviales más significativos. Comprenden una variedad de materiales polimícticos que abarcan desde arcillas hasta gravas, mostrando una clasificación moderada.

Foto 7: Depósitos Aluviales que corresponden al fondo de valle del sector de Totorani



Cuadro 4: Unidades litoestratigráficas

ERA	PERIODO	EPOCA	UNIDADES	SIMBOLO	DESCRIPCION LITOLOGICA
CENOZOICO	CUATERNARIO	HOLOCENO	Depósitos Aluviales	Qh-al	Cantos rodados angulosos subangulosos y también angulosos, envueltos en una matriz limos arcillosa
		PLEISTOCENO	Formación Pampa Garza	Qpl-g	Tobas retrabajadas cristalovítricas a vítricas, con tonalidades rosadas, contiene fragmentos de rocas volcánicas.
	NEOGENO	PLIOCENO	Grupo Barroso/Formación Casanuma	Np-ca	Flujos lávicos con disyunción en forma de lajas, estos van desde dacíticos a andesíticos con fenocristales de Anfíboles y piroxenos en forma de agujas y prismas
			Grupo Barroso/Formación Huaycha	Np-hu	Tobas líticas y cineríticas, de coloración blanquecina, también son muy friables; son dacíticos y riolíticos, con fenocristales de Plagioclasa contienen lapilli. En general tiene coloraciones rosadas a gris blanquecinas y contiene clastos sub angulosos de andesitas.
		MIOCENO	Grupo Tacaza/Formación Ichoccollo	Nm-ich	Flujos lávicos de composición andesítica y andesítica – basáltica, contiene fenocristales de biotita, vidrio, plagioclasa. La andesita basáltica compuesta esencialmente de fenocristales de plagioclasa y piroxenos. La andesita tiene fractura concoidal angulosa debido a un proceso de alteración supergena, en la cual este se ha silicificado.

3.4. GEOLOGIA Y GEOMORFOLOGIA DE LA PRESA

En este apartado, se realizará una detallada descripción de las diversas unidades geomorfológicas y litológicas presentes en la zona del eje de la presa.

3.4.1. GEOMORFOLOGIA DEL EJE DE PRESA

Geomorfológicamente en la zona de cerrada de presa se puede describir de la siguiente manera:

a. PARA EL ESTRIBO DERECHO

Se observa materiales de bofedal que en épocas de lluvia absorben bastante agua, siguiendo ladera arriba en dirección paralela al eje de presa se puede encontrar material colesial, que ha sufrido transporte y ha sido re TRABAJADO por la acción glaciaria; geomorfológicamente está compuesta por una pequeña terraza fluvio glaciaria y ladera moderada con pendientes de 0° a 8° y 20° a 40° respectivamente.

Foto 8: Estribo derecho del eje de presa, presenta unidades de terraza fluvio glaciaria y laderas moderadas



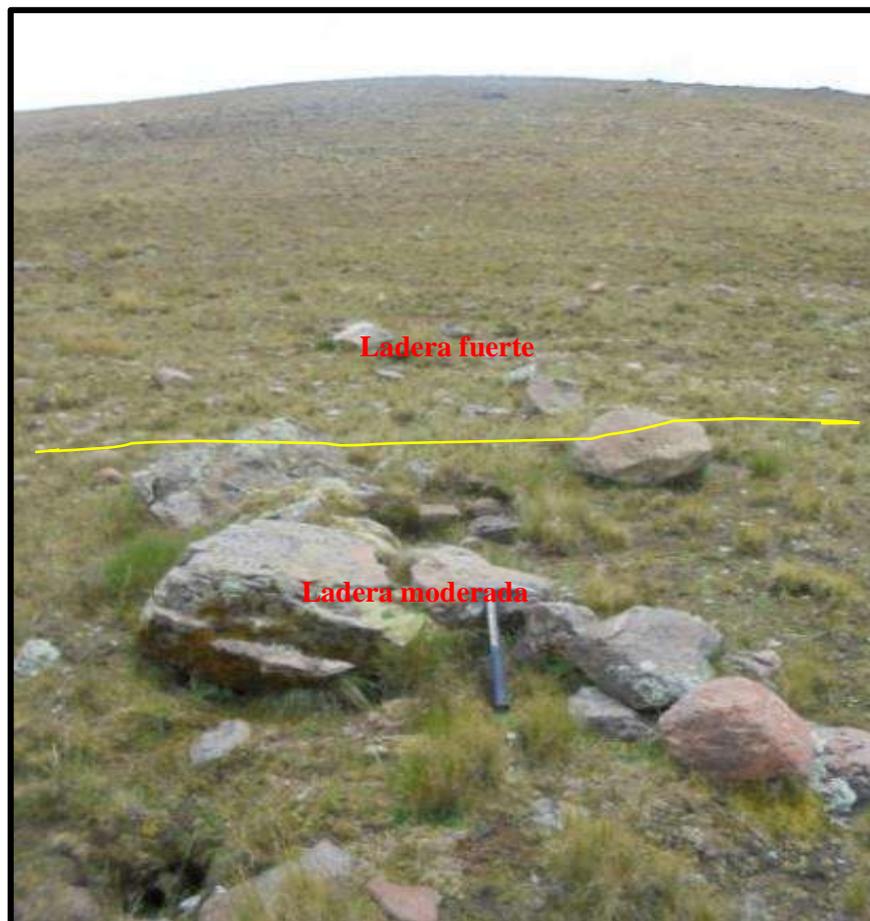
b. PARA EL ESTRIBO IZQUIERDO

Este estribo es más pronunciado, esto debido quizás a que en el substrato la roca tenga más altura y haya resistido más a la erosión (Fm. Huaycha), también se puede apreciar coluvios de menor tamaño y un tanto disperso, superpuestos estos a materiales morrenicos no consolidados, esto debido a la

altura a la que se encuentra donde generalmente expuestos a cambios de tiempo extremos, lluvias, nevadas, viento. Geomorfológicamente este estribo tiene unidades de ladera moderada y fuerte, con pendientes 20° a 40° y 40° a 60° respectivamente.

Con respecto a la ladera suave, está pegada al riachuelo de nombre Chillutira que discurre por el medio del eje de presa, que en épocas de lluvia tiene un moderado caudal; la ladera fuerte está en dirección paralela al eje, como unidad superior inmediata de la ladera moderada.

Foto 9: Estribo derecho del eje de presa, con dos unidades bien marcadas, laderas moderadas y fuertes



1. Cauce Fluvial

Dentro del perfil del cierre, esta unidad corresponde al cauce actual del riachuelo principal Chillutira que en épocas de avenidas tiene un considerable caudal, está ubicada en el centro del eje de presa, y tiene una pequeña pero notable incisión a la terraza fluvio glacial, compuesto por material suelto subanguloso, siendo de mayor energía aguas debajo del eje de presa.

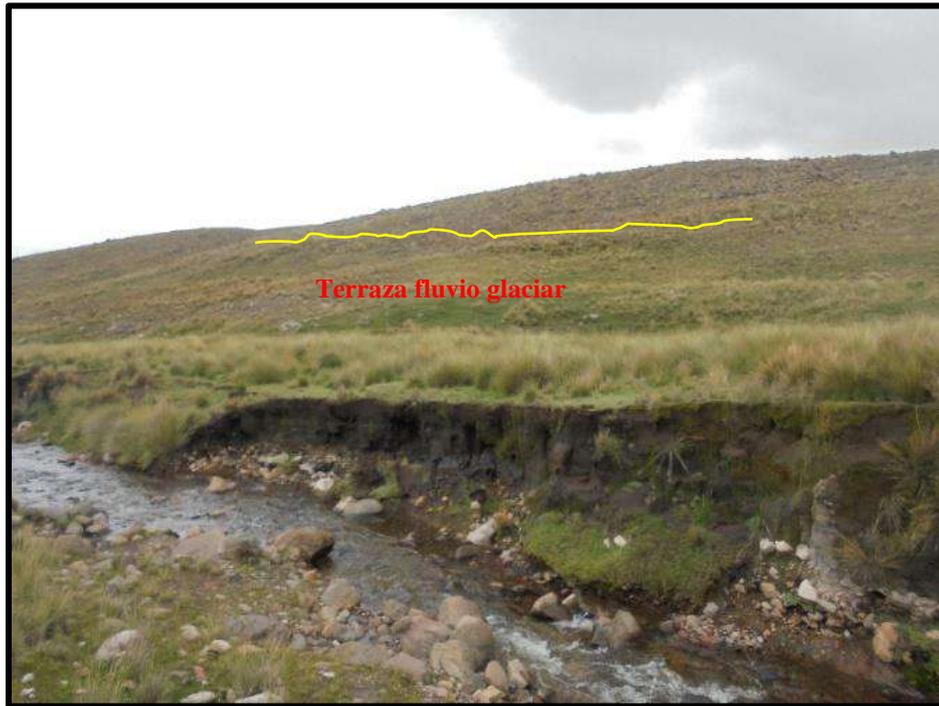
Foto 10: Cauce fluvial del rio Chillutira, atraviesa el eje de presa Huangarapampa



2. Terraza Fluvioglacial

Dentro del perfil simétrico del cierre, esta unidad esta adyacente al cauce fluvial y a la ladera moderada del estribo derecho del eje de presa, está compuesta por material moderadamente suelto, con bastantes fragmentos de rocas arrastrados desde los cerros altos, los cuales son entre angulosos subangulosos, esta terraza en épocas de lluvia tiene fuerte presencia de humedad, a tal magnitud que estos se convierten en bofedales durante la época de avenidas. Es una unidad de pequeña extensión en este estribo con una pendiente de 0° a 8° .

Foto 11: Terraza fluvio glacial, estribo derecho del eje de presa Huangarapampa



3. LADERAS

i. Laderas Moderada (L-m)

Dentro del perfil simétrico del Cierre, esta unidad se manifiesta en ambos estribos, están compuestos por material coluvial superficialmente, estando estos sobre puestos a material morrenico semi consolidado; son estables, estas laderas me muestran resistentes al proceso erosivo, esto debido a que en el substrato se tiene material competente, que en este caso podría ser la formación Huaycha; con respecto a sus pendientes estos están 20° a 40°.

Foto 12: Unidad de ladera moderada en los estribos derecho e izquierdo y ladera fuerte en el estribo izquierdo, en el eje de presa Huangarapampa.



ii. Ladera fuerte (L-f)

Dentro del perfil simétrico del cierre, la ladera fuerte está ubicada en el estribo izquierdo del eje de presa, con notable estabilidad, está cubierta superficialmente por material coluvial de menor tamaños que en el estribo derecho, estos materiales están sobrepuestos a material morrenico semi consolidado y este a la vez sobrepuesto a la formación Huaycha, que en este caso a ha resistido más a la erosión. La pendiente de esta unidad esta entre los 40° a 60°.

Cuadro 5: Unidades geomorfológicas del eje de presa Huangarapampa

Unidades Geomorfológicas	Sub Unidades	Símbolo
VALLE	Cauce fluvial	Ca-fl
	Terraza fluvio glacial	T-fg
LADERA	Ladera moderada	L-m
	Ladera fuerte	L-f

3.4.2. GEOLOGIA DEL EJE DE PRESA

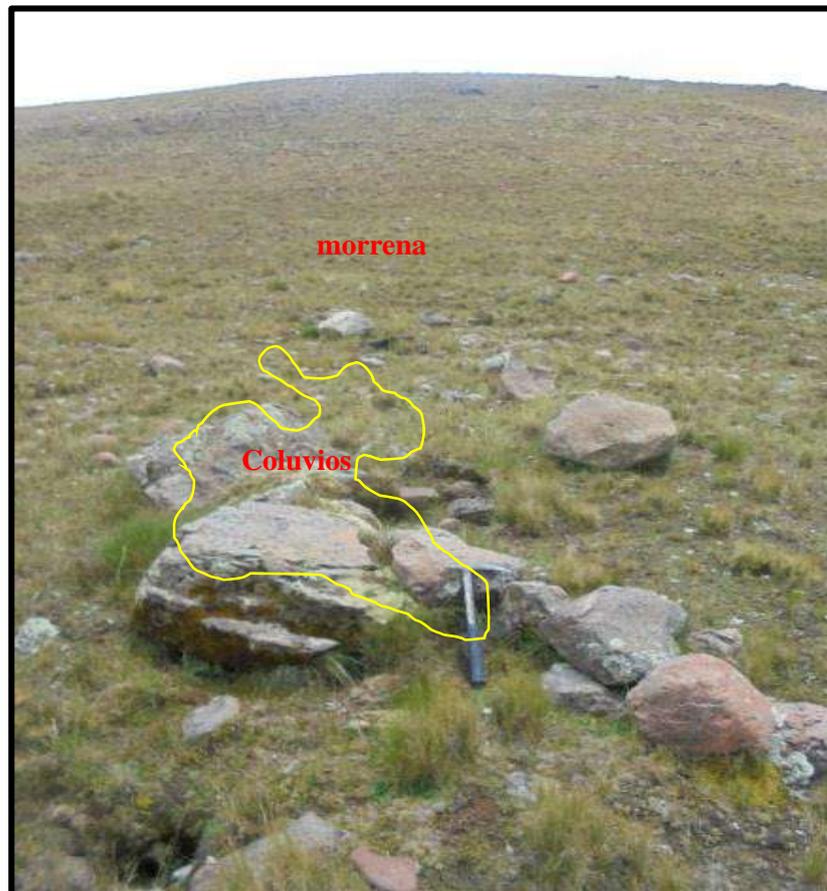
En este acápite, mencionamos todas las unidades geológicas que se han podido observar, superficialmente y aprovechando el corte del riachuelo Chillutira.

a. DEPOSITO MORRENICO (Qpl-mo)

Estos están ubicados en ambos estribos del eje de presa Huangarapampa, están ubicados en las laderas con pendientes moderadas a fuertes, según fotografía aérea se puede notar el claro trabajo

glaciar que ha hecho en estas laderas, generando así morrenas laterales; estos depósitos consisten en gravas y bolones subangulosos, con arena envueltos en una matriz limosa con poca arcilla, están semi consolidados. Cabe mencionar que estos suelos en épocas de lluvia adquieren cierto grado de esponjosidad, lo cual nos induce a entender el contenido de suelo orgánico que estos depósitos tienen. Estos materiales granulares están desordenados, sin un patrón de orden aparente, pues estos han sido retrabajados una y otra vez; en mención de lo anterior, se puede apreciar que en muestras de mano los fragmentos tienen cierto pulimento, indicio claro de que estos han sido abrasionados una y otra.

Foto 13: Estribo izquierdo del eje de presa Huangarapampa, se puede apreciar material morrenico en la ladera fuerte

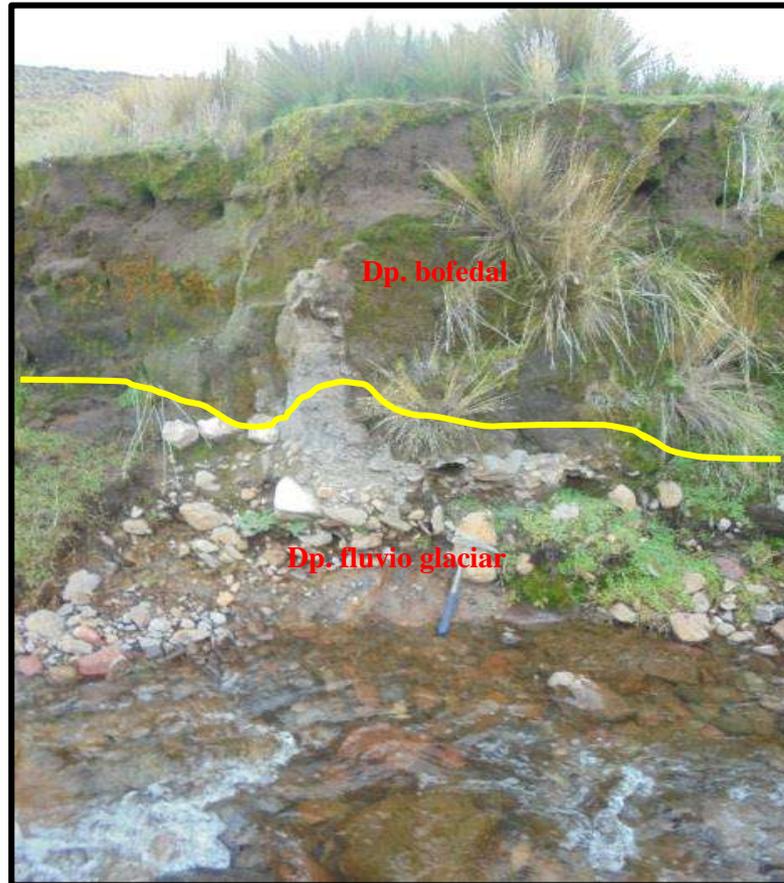


b. DEPOSITO FLUVIOGLACIAR (Qpl-fg)

Corresponde a depósitos que han tenido más una acción combinada, entre hielo descongelado que actúa como flujo y que este a la vez arrastró partes de fragmentos del agua sólida. Este depósito se ubica en la terraza fluvio glaciar, esta compuestos por suelos Limo gravosos con bolones arena y suelo orgánico, los componentes granulares son generalmente subangulares y ocasionalmente angulares, esto debido a la acción fluvial que actuó en esa época, con fuerte presencia de humedad, es de naturaleza grano decreciente, siendo hacia el techo un suelo más suelto y hacia la base más

compacta que incluso funciona como un acuícludo, es decir está bien consolidado, podría incluso confundírsele hacia la base con la Formación Huaycha. Está ubicado en el estribo derecho del eje de presa Huangarapampa.

Foto 14: Depósitos fluvio glaciares, en el estribo izquierdo del eje de presa Huangarapampa



c. DEPOSITO BOFEDAL (Qh-bo)

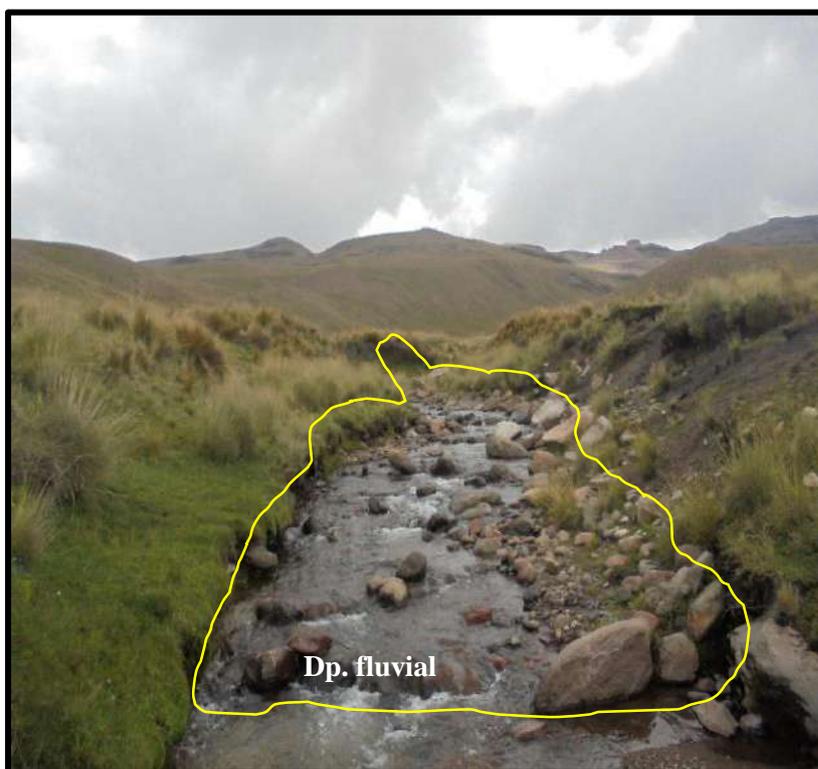
Estos depósitos están ligados a la presencia de agua, y que en contacto con ellas se sobresaturan rápidamente, razón por la cual, estos se diferencian de los depósitos por mantener un color verdoso en su cobertura vegetal, y el suelo en si es de color negruzco a pardo oscuro, pues son suelos higroscópicos, siendo para este entorno de escasamente esponjosos a fuertemente esponjoso. Una vez saturados de agua estos generan escorrentía superficial del agua. Se ubica en el estribo izquierdo del eje de presa Huangarapampa.

d. DEPOSITO FLUVIAL (Qh-fl)

Estos se limitan exclusivamente para nuestro estudio al cauce de río actual, el cual tiene material suelto de grava con bolones y arena con algo de limo, con respecto a los componentes granulares estos son subredondeados a subangulosos, esto debido al poco transporte que han tenido, pero si al

constante pulimentos al que son sometidos durante las épocas de lluvia, se puede notar claramente que estos gránulos son de rocas volcánicas que circundan la zona de estudio.

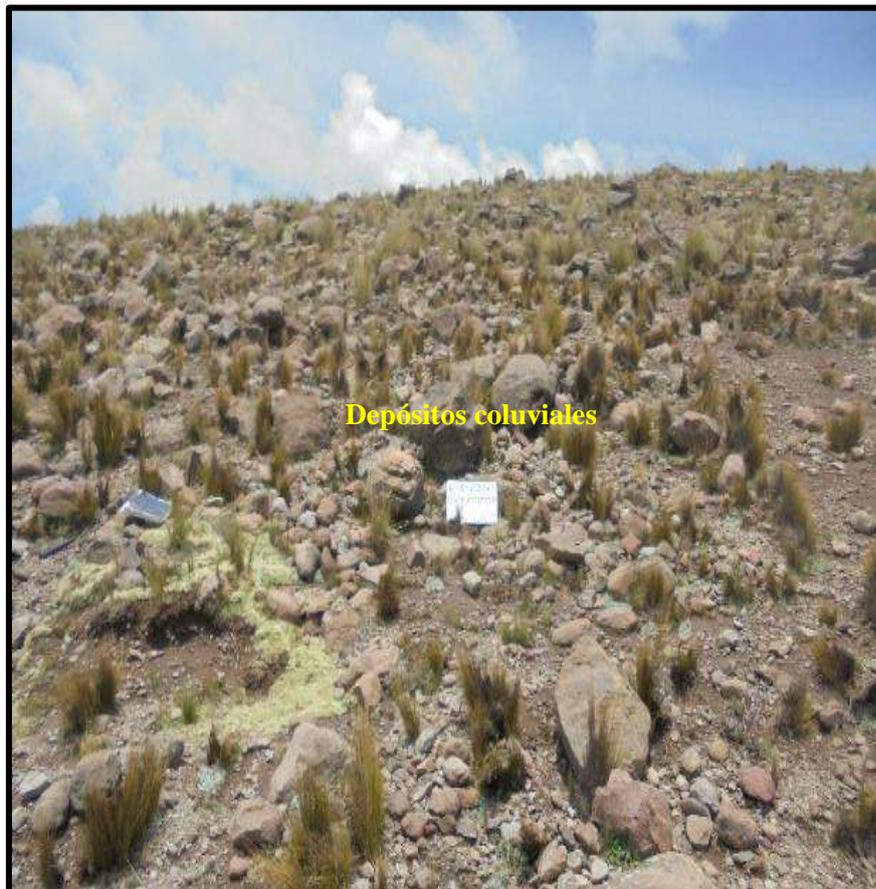
Foto 15: Material fluvial, corresponde al riachuelo Chillutira, que discurre por el medio del eje de presa Huangarapampa



e. DEPOSITO COLUVIAL (Qh-co)

Estos depósitos se ubican en las laderas de ambos estribos del eje de presa Huangarapampa, estos están inconsolidados, es decir están sobrepuestos a la superficie del terreno; estos coluvios están compuestos por gravas, bolones y bloques con arena; con respecto a los materiales granulares estos son angulosos (en algunos casos a modo de cuchilla) a subangulosos, con cierto rastro de abrasión, lo cual nos ayuda a entender que la acción glaciár tuvo mucho que ver antes de que estos caigan. Con respecto a la distribución de los tamaños estos están claramente diferenciados en ambos estribos, en el estribo derecho son más bloques a modo general, mientras que en el estribo izquierdo son más bolones a modo general.

Foto 16: Depósitos coluviales, estribo derecho del eje de presa Huangarapampa



3.5. GEOLOGIA Y GEOMORFOLOGIA DEL VASO DE LA PRESA

En la zona de embalse se ha realizado un trabajo de reconocimiento superficial y a la vez aprovechando algunos afloramientos y pequeños cortes se ha podido interpretar la litología de la zona de embalse, a la vez que su geomorfología está ligada a unidades de ambiente glaciar. Este estudio se da para dar mayor detalle con respecto a los puntos donde se emplazar la obra del Eje de la Presa.

3.5.1. GEOMORFOLOGIA DEL VASO DE LA PRESA

En la zona de embalse de la presa nos muestra en el margen derecho no se puede observar claramente el afloramiento de las unidades rocosas, las que, si se ven más al fondo, a modo de circo glaciar; este circo glaciar también se ve en la margen izquierda del embalse, conteniendo una laguna colgante en la parte más distal del área de embalse. Por otra parte, las pendientes que predominan en la zona de embalse, son de laderas 25° a 60° , siendo las unidades ladera moderada y ladera fuerte las que se han identificado; al igual en el fondo de valle U se ha podido observar pendientes del orden de 0° a 25° , así mismo las unidades de terraza fluvio aluvial y cauce fluvial también las que se han podido identificar en la zona de embalse.

Como unidades superiores no encontramos frente a colinas altas y cerros intermedios.

Foto 17: Zona de embalse de la presa Huangarapampa



a. EN LA MARGEN DERECHA

Se puede apreciar en esta margen que el embalse está compuesto por unidades geomorfológicas de laderas fuertes, moderadas y terrazas fluvio-glaciares, las cuales tienen pendientes del orden de 40° a 60° , 25° a 40° y 0° a 8° respectivamente; se puede decir que estas unidades son estables, a la vez que las laderas están cubiertas por coluvios y morrenas, las cuales presentan una moderada peligrosidad (coluvios). En épocas de lluvia se evidencian pequeños afloramientos de agua a modo de humedales con poca importancia o poco impacto para el embalse. Cabe mencionar también se ha podido identificar colinas medias, las cuales tienen una forma ovalada debido a la acción glacial y al tipo de litología que tienen.

Foto 18: Laderas moderadas, coluvios y morrenas en la margen derecha del embalse



b. EN LA MARGEN IZQUIERDA

En el margen izquierdo se ha podido identificar una geomorfología más pronunciada, es decir con más pendientes que van desde los 0° a 8° , 25° a 40° y 40° a 60° , las cuales son terrazas fluvio glaciares, laderas moderadas, laderas fuertes respectivamente con sus pendientes. Estas unidades están cubiertas con coluvios de tamaños relativamente más pequeños que los de la margen derecha, a la vez que también están cubiertos por morrenas.

Con respecto a esta margen se puede decir que, hacia el noroeste, se tiene un aportante de agua, el cual es un bofedal que se activa en épocas de lluvia, también la presencia de un lago que tiene un eje de presa artesanal (espaldas del margen izquierdo del embalse).

Foto 19: Unidades geomorfológicas en el margen izquierdo del embalse.



1. Laderas (L)

i. Ladera moderada (L-m)

Son geo formas moderadamente pronunciadas, abiertas, moderadamente simétricas, con taludes 25° a 40° , la parte media baja presenta material cuaternario coluvial y la parte superior y media está cubierta por morrenas, esto en todo el margen derecho; en tanto en el margen izquierdo esta unidad está restringida ala para oeste, donde también está cubierta por morrenas, existe otra ladera moderada en la parte noroeste de la zona de embalse, conde si está cubierto por morrenas y coluvios de tamaños considerables casi iguales que en el margen derecho.

ii. Laderas fuertes (L-f)

Esta Unidad se refiere a declives fuertes, con pendiente de talud de 40° a 60° , están cubiertos por material coluvial en la parte media baja (en ambas márgenes) y también están cubiertas por morrenas en gran parte de su extensión. Cabe mencionar que en el margen izquierdo se ha podido observar indicios notorios de la solifluxión del suelo, pero que no afectaría de sobre manera a la estabilidad de estas unidades con este tipo de pendiente.

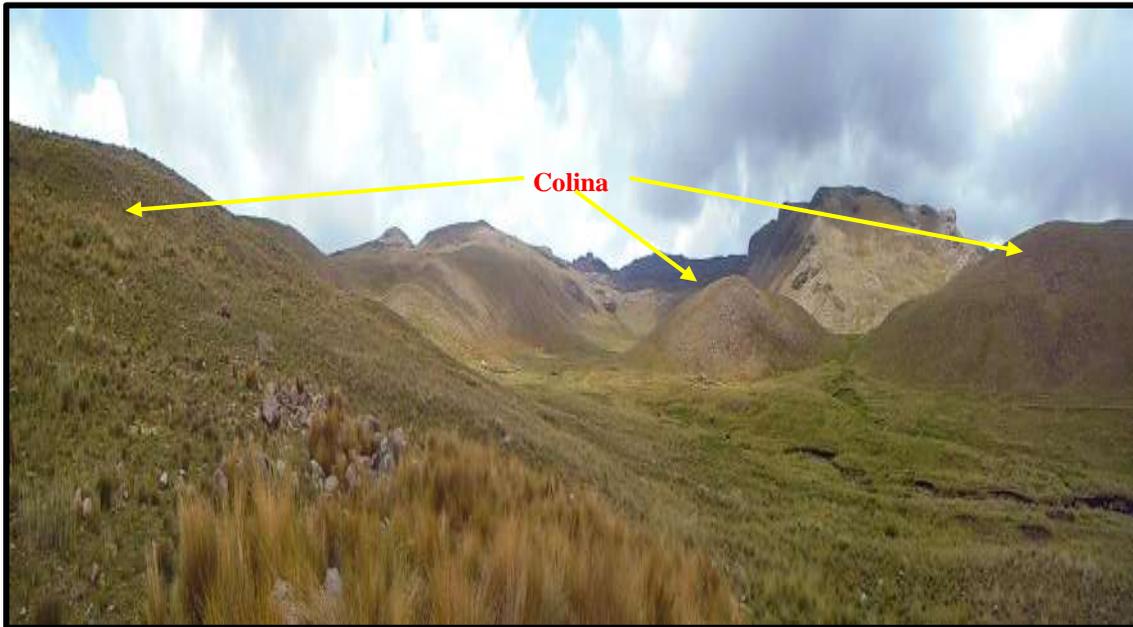
2. Colinas (C)

i. Colinas medias (C-m)

Esta unidad está presente en el área del embalse como cima de las laderas moderadas y fuertes, estas unidades geomorfológicas tienen una forma ovalada, es decir no han presentado mucha resistencia a

la acción glaciár, razón por la cual este ha sido pulido de una manera muy peculiar; están cubiertas por material coluvial bastante variado en tamaños, correspondientes a la formación Casanuma (en ambas márgenes) y en algunos casos aflora la unidad geológica del substrato (formación Huaycha) en la zona bajas en contacto con la laguna abarcando la zona de bofedales y parte de deposición coluvial, estas geo formas presentan una pendiente baja entre 10° - 20° .

Foto 20: Colinas medias, circundantes al área del embalse.



3. Fondo de Valle U

i. Terraza fluvioglaciár (T-fg)

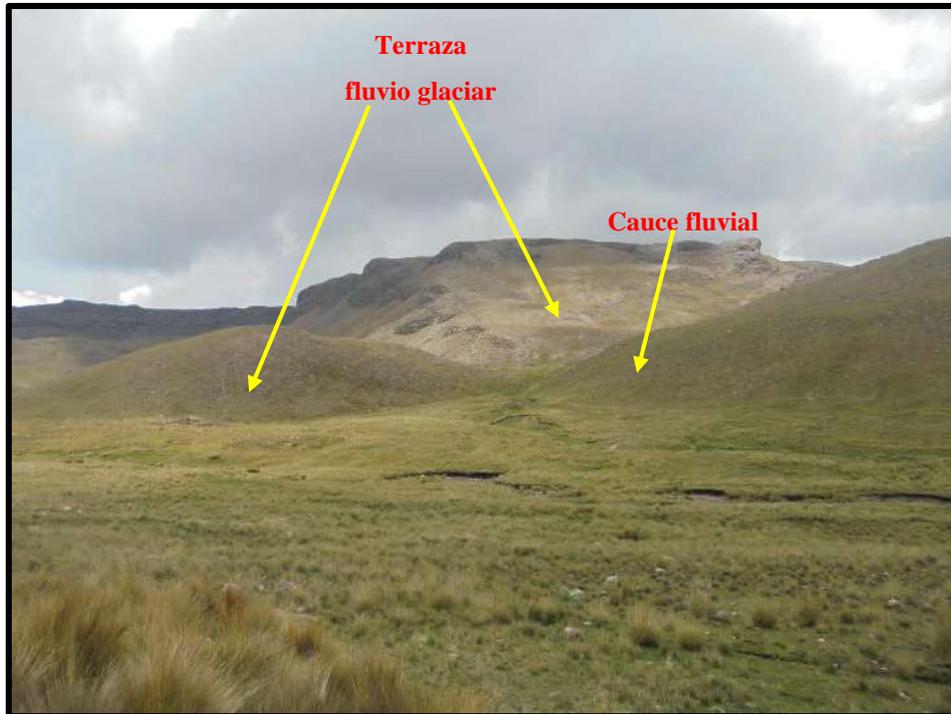
Son relieves sub horizontales que se en el fondo de valle en forma de U (acción glaciár), y adyacente al cauce fluvial, está cubierto en parte por humedales o bofedales que en épocas de lluvia este se vuelve esponjoso, teniendo una importante acumulación como en un pequeño vaso en el margen izquierdo flanco noroeste del mencionado flanco; otro tipo de material que cubre gran parte de esta unidad es el suelo fluvioglaciár el cual es un suelo gravoso con bolones, arena, limo los cuales actúan como acuicludos en conjuntos con los bofedales permitiendo así la esorrentía superficial del agua que en este caso confluyen en el riachuelo Chillutira; hacia la parte externa esta unidad geomorfología está cubierta por materiales coluviales y muy poca morrena; con respecto a sus pendientes son de 0° a 8° .

ii. Cauce fluvial (Ca-fl)

son cursos de agua por donde actualmente discurre el riachuelo Chillutira, el cual en épocas de lluvia adquiere un moderado caudal. Esta unidad es de un ancho muy reducido, siendo su recorrido meandro en las zonas pegadas al circo glaciár, perdiendo su forma meandrica moderadamente llegando a la

zona del eje de presa, los materiales por las que está compuesta esta unidad son materiales sueltos de gravas y bolones subangulosos a angulosos con arena y limo.

Foto 21: Terraza fluvio glaciario, dentro del fondo de valle glaciario, en el área de embalse



Cuadro 6: Unidades geomorfológicas

Unidades Geomorfológicas	Sub Unidades	Símbolo
COLINAS	Media	C-m
	Ladera moderada	L-m
LADERAS	Ladera fuerte	L-f
	Tarrazza fluvio glaciario	T-fg
FONDO DE VALLE	Cauce fluvial	Ca-fl
	Media	C-m

3.5.2. GEOLOGIA DEL VASO DE LA PRESA

En el embalse de presa margen izquierdo predominan suelos morrenicos en la parte alta a media, seguido suelo coluvial regados por toda la ladera y en la cima de las colinas medias, y hacia su parte occidental se ha observado un pequeño afloramiento de la formación Huaycha; hacia el fondo de valle se ha podido identificar depósitos fluvio glaciares, bofedales y fluviales.

En la zona de margen derecho presenta la misma litología, con una notoria diferencia que aguas debajo del eje de presa en la parte superior de una colina se encuentra un pequeño lago que funciona durante la época de lluvia; cabe recalcar también que en esta margen es bastante notoria la presencia

de morrenas laterales, las cuales según fotografía aérea también son evidentes, en esta margen también se ha podido observar pequeños afloramientos de la formación Huaycha.

a. GRUPO BARROSO: FORMACIÓN HUAYCHA (Nm-hu)

Esta formación aflora en las partes superiores de las colinas y otras veces en algunas laderas debido a que la cubierta vegetal ha sido totalmente retirada por la acción erosiva; la composición es de una toba lítica, cineríticas de coloración blanquecina a rosada, con vidrio, biotita, lapilli y minerales menores; tiene un bajo peso. Una de las características de esta toba es que es muy friable, es decir no tiene mucha resistencia a la ruptura.

El afloramiento más notorio se puede apreciar en la cima de la colina media ubicado en el extremo occidental de la margen izquierda del embalse, dicha colina está a modo de lengüeta en el embalse.

Foto 22: Afloramiento de la formación Huaycha en el margen izquierdo del embalse



b. GRUPO BARROSO: FORMACIÓN CASANUMA (Nm-ca)

Esta formación aparece en también en la margen izquierda del embalse, pero restringida al lado noroeste del embalse compuesta esencialmente de flujos lávicos andesíticos y dacíticos con una disyunción laminar o lajas; con respecto a su coloración estos van de gris verdoso a gris oscuro, estos flujos lávicos contienen fenocristales de anfíboles y piroxenos a modo de agujas delgadas, así como también fenocristales de plagioclasa y feldespatos potásicos con indicios de oxidación.

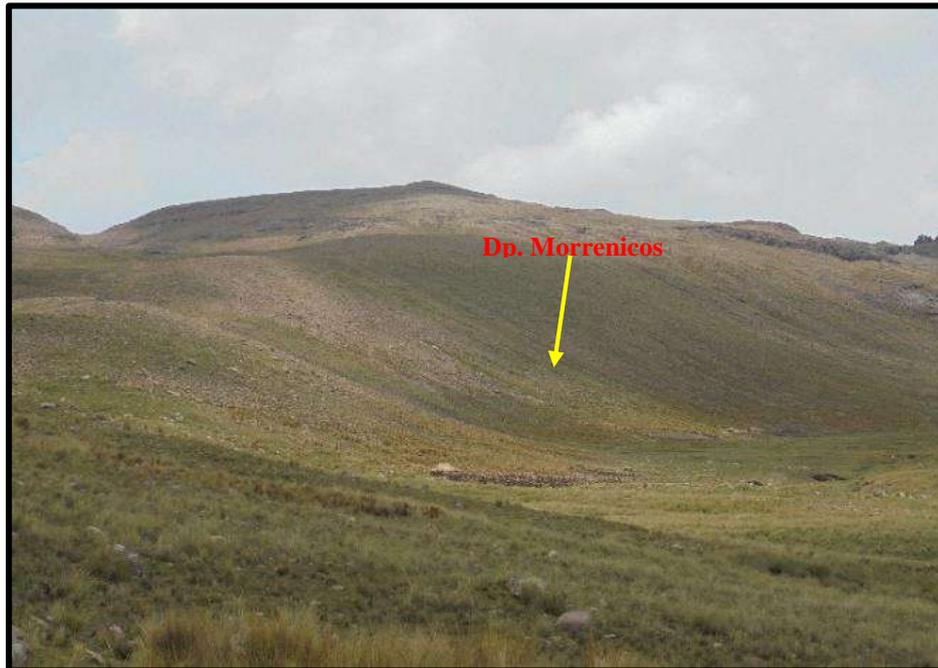
Foto 23: Afloramiento de la formación Casanuma en el extremo noroeste del embalse en el margen izquierdo



c. DEPÓSITOS MORRENICOS (Qpl-mo)

Litológicamente está compuesto por coluvios de las formaciones adyacentes las cuales son la formación Casanuma, estos están en el subsuelo de manera desordenada y angulosa a subangulosa envueltos en una matriz limosa y poco arcillosa, ya en superficie estas se muestra no consolidadas pero que vestigios de su origen como el pulimento típico de estos depósitos, están ubicado en todo el embalse, es decir en los flancos muchas veces cubiertos por los materiales coluviales.

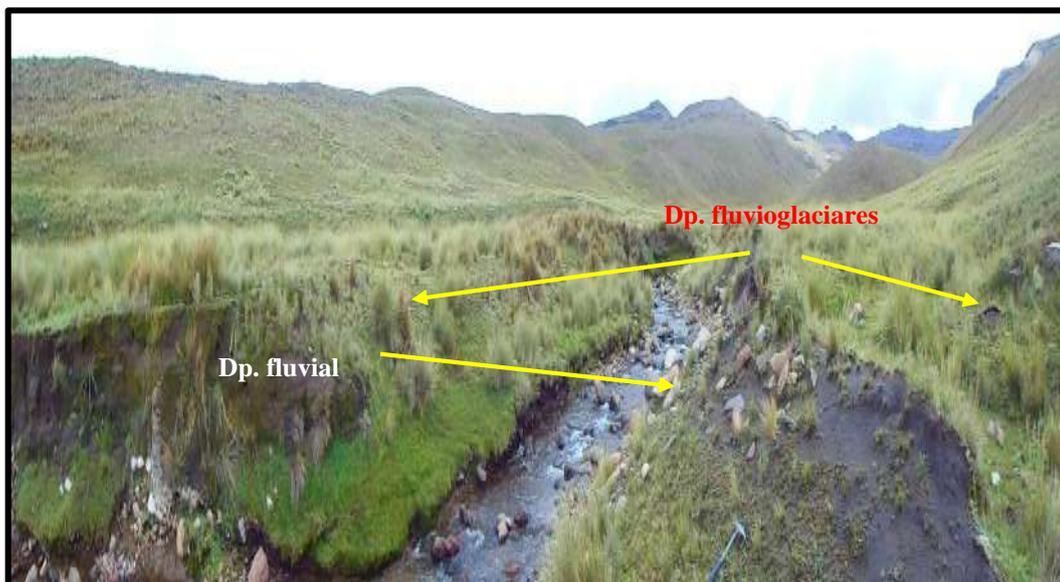
Foto 24: Depósitos morrenicos ubicados en las laderas del área de embalse



d. DEPÓSITOS FLUVIO GLACIARES (Qpl-fg)

Corresponde a los depósitos que se acumularon en el fondo de valle, las cuales se componen de material limoso gravoso con arena, bolones y poca arcilla; los materiales granulares son subredondeados a subangulosos con un ligero orden, esto debido a la acción fluvial y cierto grado de pulimento esto debido a la acción glacial, la matriz que los envuelve ha sido compactado de tal manera funciona como una barrera semi impermeable.

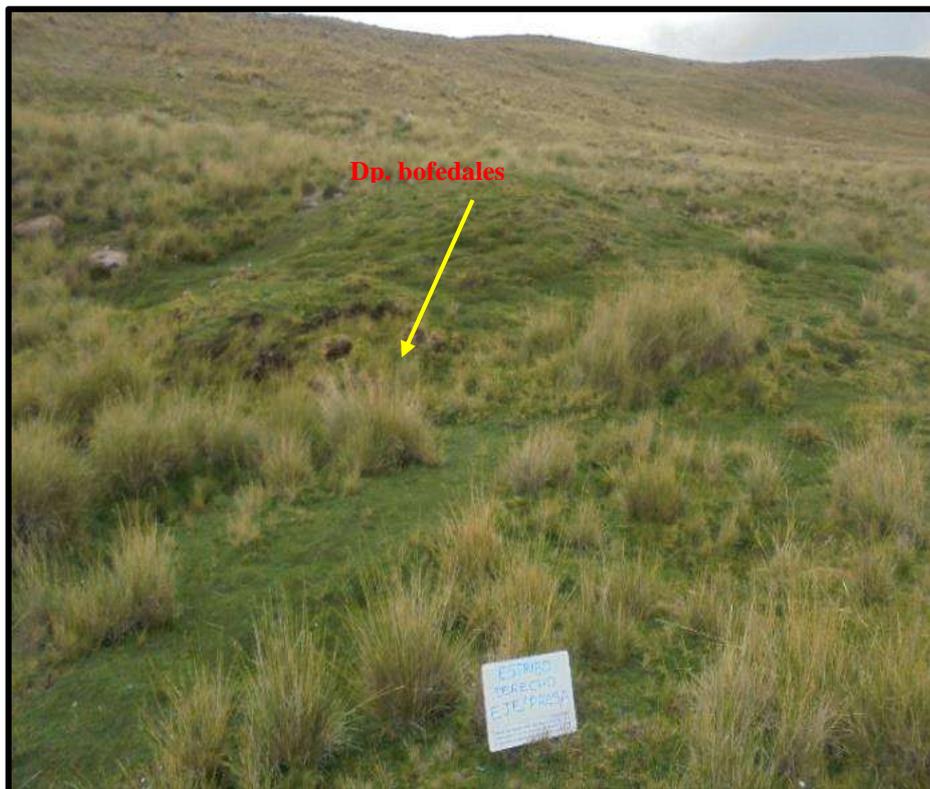
Foto 25: Depósitos fluvio glaciares y fluviales en el área de embalse



e. DEPÓSITOS BOFEDALES (Qh-bo)

Esta unidad litológica está compuesta generalmente por suelo orgánico que a la vez de ser muy poroso de bajo peso, esponjo para nuestra zona de estudio, tiene la capacidad de actuar como capa impermeable cuando está saturada de agua. En el área del embalse este está ubicado adyacente a los depósitos fluvio-glaciares, una clara evidencia de estos depósitos son los típicos lagos pequeños que evidencia su naturaleza higroscópica.

Foto 26: Depósitos bofedales, en el área de embalse



f. DEPÓSITOS FLUVIALES (Qh-fl)

Estos depósitos están restringidos al actual curso de agua, que en este caso es el riachuelo Chillutira, el cual está compuesto de material subredondeado y subanguloso de material gravoso con bolones, bloques y arena con escaso limo. Están inconsolidados y este depósito está en el centro de la zona de embalse, pues es por ahí por donde discurre el riachuelo chillutira.

g. DEPÓSITOS COLUVIALES (Qh-co)

Estos son depósitos sueltos, productos de la erosión diferencial y acción gravitacional o acción glaciaria el cual les dio su disposición actual, la composición de estos depósitos son fragmentos de rocas de la formación Casanuma mayormente, entre gravas bolones, bloques, que son sub angulosos a angulosos, con rastros de pulimento debido a la acción glaciaria. La posición de estos depósitos son



las laderas del embalse y la cima de las colinas, es decir están dispuestas en toda el área, pero consideramos a los de mayor volumen que en este caso cerca al eje de presa.

Foto 27: Depósitos coluviales de gran tamaño en el margen derecho del área de embalse





Cuadro 7: Columna Estratigráfica de la zona de Embalse

ERA	PERIODO	EPOCA	UNIDADES	SIMBOLO	DESCRIPCION LITOLOGICA
CENOZOICO	CUATERNARIO	HOLOCENO	Depósitos coluviales	Qh-co	Fragmentos de rocas, que han sufrido poco transporte, pero con cierto pulimento en su superficie, ubicados en media ladera y otra en toda la ladera.
			Depósitos fluviales	Qh-fl	Material suelto, de cantos subangulosos a subredondeados con gravas, bolones, arena y bloques; están inconsolidados, restringidos al cauce del riachuelo Chillutira.
			Depósitos bofedales	Qh-bo	Suelos con alto poder higroscópico, los cuales al saturarse dejan discurrir el agua en forma superficial, estos tienen alto contenido de suelos orgánicos con gravas angulosas, arena.
		PLEISTOCENO	Depósitos fluvioglaciares	Qpl-fg	Depósitos con una gran variedad de componentes, los cuales son gravas con bolones, arenas y una matriz limo con poca arcillas, muy consolidados.
			Depósitos morrenicos	Qpl-mo	Depósitos de material gravoso con bolones, arena, matriz limosa, los materiales granulares evidencian pulimento en su superficie. Estos están ubicados en las laderas del eje de presa. No están tan consolidados, debido a la continua acción climática.
	NEOGENO	PLIOCENO	Grupo Barroso/ Formación Casanuma	Np-ca	Flujos lávicos con disyunción en forma de lascas, estos van desde dacíticos a andesíticos con fenocristales de Anfíboles y piroxenos en forma de agujas y prismas
			Grupo Barroso/ Formación Huaycha	Np-hu	Tobas líticas y cineríticas, de coloración blanquecina a rosadas, son muy friables; son dacíticos y riolíticos, con fenocristales de Plagioclasas, lapilli, también clastos sub angulosos de andesitas.

3.6. GEOLOGIA Y GEOMORFOLOGIA DE LA BOCATOMA CHILLUTIRA

El presente acápite desarrollaremos la descripción de la bocatoma Chillutira, la cual se va emplazar aguas arriba del sector de Totorani, nuestra descripción geológica abarca las disciplinas de geomorfología, lito estratigrafía, geología estructural, hidrogeología, geodinámica exterior. Para fines de ubicación la Bocatoma se encuentra en las siguientes coordenadas UTM: E: 214246; N: 8343671

3.6.1. GEOMORFOLOGÍA DE LA BOCATOMA CHILLUTIRA

En la zona de estudio la geomorfología de la Bocatoma Chillutira se relaciona con procesos geodinámicos, presenta una altitud promedio de 4275m.s.n.m. La Bocatoma estará emplazada sobre formaciones del Neogeno Paleoceno (formación Ichoccollo) y depósitos cuaternarios de origen combinado (Holoceno), la bocatoma captará agua que será descargada desde la Presa de Huangarapampa y la cual será derivada a una línea de conducción principal (margen derecho) y a otro lateral más pequeño (lateral izquierdo). En la zona de estudio las unidades geomorfológicas locales definidas se resumen en: cauces fluviales, terrazas aluviales, laderas escarpadas; los cuales detallaremos y describiremos líneas abajo.

a. FONDO DE VALLE

1. Cauce fluvial (Ca-fl)

Material detrítico de naturaleza suelta y subredondeada a angulosa, entre gravas, bolones, arenas; corresponde al actual cauce del riachuelo Chillutira, en épocas de avenidas tiene un caudal moderadamente fuerte.

Foto 28: Zona de bocatoma, se puede apreciar las unidades geomorfológicas



2. Terraza aluvial (T-al)

Esta unidad tiene la característica de ser moderadamente inclinado, con buena estabilidad pero que hacía unos 50 metros se puede ya encontrar con un bofedal, el cual hay que considerar a la hora de construir la Bocatoma Chillutira en la zona proyectada, esta unidad tiene pendientes que van de los 8° a los 15°.

b. LADERAS

1. Laderas escarpadas (L-es)

Posee una fuerte pendiente sub vertical a vertical, con afloramientos de roca volcánica pertenecientes a la formación Ichoccollo, las cuales son más resistente al proceso erosivo, mostrando así laderas con sobresalientes; esta unidad geomorfológica está ubicada en el margen izquierdo del riachuelo Chillutira, pendientes mayores de los 60 °.

Foto 29: Laderas escarpadas, margen izquierdo del riachuelo Chillutira



Cuadro 8: Unidades Geomorfológicas de la Bocatoma Chillutira

SISTEMA	UNIDAD (CÓDIGO)	DESCRIPCIÓN
FONDOS DE VALLE	Cauce fluvial (Ca-fl)	Material suelto de gravas bolones y bloques de rocas volcánicas con algo de arena.
	Terraza aluvial (T-al)	Banco de material limo arcilloso con grava arena bolones y bloques, sub horizontales.
LADERAS	Laderas escarpadas (L-es)	Roca volcánica, suelo coluvial

3.6.2. GEOLOGIA DE LA BOCATOMA CHILLUTIRA

En la zona donde se va a emplazar la Bocatoma Chillutira se ha identificado unidades litológicas del Neógeno Plioceno, es decir a la formación Ichocollo, así como también unidades del Cuaternario Holoceno, depósitos aluviales, coluviales, y fluviales; las cuales describiremos a continuación.

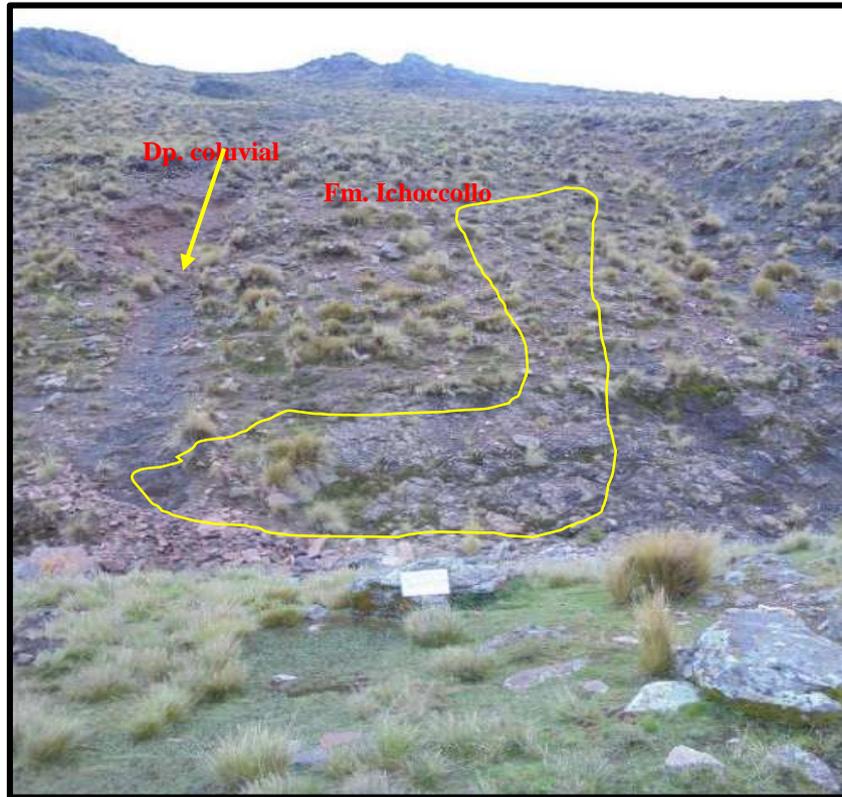
3.6.2.1. CENOZOICO: NEOGENO (PALEOCENO), CUATERNARIO (HOLOCENO)

a. GRUPO TACAZA: FORMACIÓN ICHOCOLLO (Np-ich)

Esta formación corresponde a una unidad volcánica el cual se desarrolló durante el Paleoceno, cuya composición es de una andesita basáltica con fenocristales de Plagioclasa, Augita (pseudo prismas), con algo de biotita. Esta formación presenta una alteración cloritica – epidota, esto producto de la

alteración de los piroxenos propios de esta roca, esta formación se encuentra aflorando en el margen izquierdo del riachuelo Chillutira.

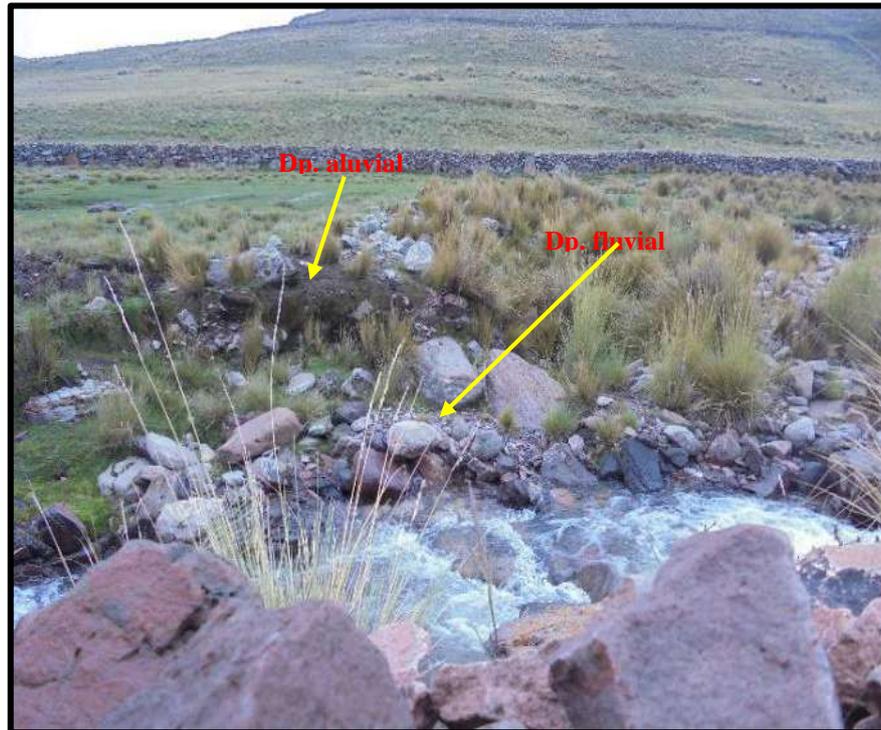
Foto 30: Afloramiento de la formación Ichoccollo, junto con deposito coluvial, margen izquierdo del riachuelo Chillutira.



b. DEPÓSITOS ALUVIALES (Qh-al)

Estos depósitos están relacionados a movimientos en masa el cual implica presencia de agua, material detrítico y un agente desencadenante como la gravedad o saturación de agua en los suelos, la composición de esta unidad geológica esta dada por material semi consolidado como son gravos arenosos con bolones y bloques envueltos en una matriz limosa con algo de arcilla, así mismo también contiene algo de suelo orgánico como capa superficial; los materiales granulares son subredondeados a subangulosos, con cierta a escasa orientación, típica de los depósitos aluviales, este depósito tiene aproximadamente unos 2 a 2.5 metros de espesor.

Foto 31: Depósito aluvial, bocatoma Chillutira



c. DEPÓSITOS FLUVIALES (Qh-fl)

Estos depósitos están restringidos al cauce fluvial, el cual los hace consolidados debido al constante transporte que sufren por acción del agua, compuestos por gravas, bolones y bloques subangulosos a subredondeados con una imbricación muy notoria típica de este tipo de ambientes, con respecto al origen de los materiales granulares estos son eminentemente volcánicos, las cuales abundan en la zona de estudio.

d. DEPÓSITOS COLUVIALES (Qh.co)

Estos depósitos están ligados directamente a la acción gravitacional el cual genera caída libre por que el centro de masa del macizo expuesto entra en desequilibrio y por erosión diferencial estos caen; el origen de estos materiales sueltos y angulosos de diversos tamaños entre gravas, bolones y bloques, son de la formación Ichoccollo el cual aflora en la zona donde estará emplazada la bocatoma.



Cuadro 9: Columna Estratigráfica de la Bocatoma Chillutira

ERA	PERIODO	EPOCA	UNIDADES	SIMBOLO	DESCRIPCION LITOLOGICA
CENOZOICO	CUATERNARIO	HOLOCENO	Depósitos Coluviales	Qh-co	Fragmentos de rocas caída por acción de la gravedad, son gravas bolones y bloques angulosos a subangulosos; están inconsolidados.
			Depósitos Fluviales	Qh-fl	Cantos subredondeados a subangulosos, de gravas bolones y bloques, los cuales no están consolidado y restringido al cauce del riachuelo Chillutira.
	NEOGENO	PALEOCENO	Depósitos Aluviales	Qh-al	Material semi consolidado de suelo limoso con gravas bolones y bloques con algunas de arena; también contiene algo de suelo orgánico en la parte superior
			Grupo Tacaza/ Formación Ichoccollo	Np-ich	Flujos lávicos de composición andesítica y andesítica – basáltica, contiene fenocristales de biotita, vidrio, plagioclasa. La andesita basáltica compuesta esencialmente de fenocristales de plagioclasa y piroxenos

3.7. GEOLOGIA Y GEOMORFOLOGIA DEL CANAL DE CONDUCCION CHILLUTIRA

El presente acápite, trataremos los aspectos más importantes de la línea de conducción desde el punto de vista geológico, es decir se hará una descripción geomorfológica, litoestratigrafica, estructural, hidrogeológica, geodinámica externa, de tal manera que nos ayude a comprender de mejor manera la evolución que ha tenido nuestra zona de estudio y en donde se piensa emplazar una infraestructura antrópica. La zona en mención corresponde al sector de Totorani, comunidad de Chaupimayo, distrito de Suykutambo, provincia de Espinar, región Cusco.

3.7.1. GEOMORFOLOGÍA DEL CANAL DE CONDUCCION SUYCKUTAMBO

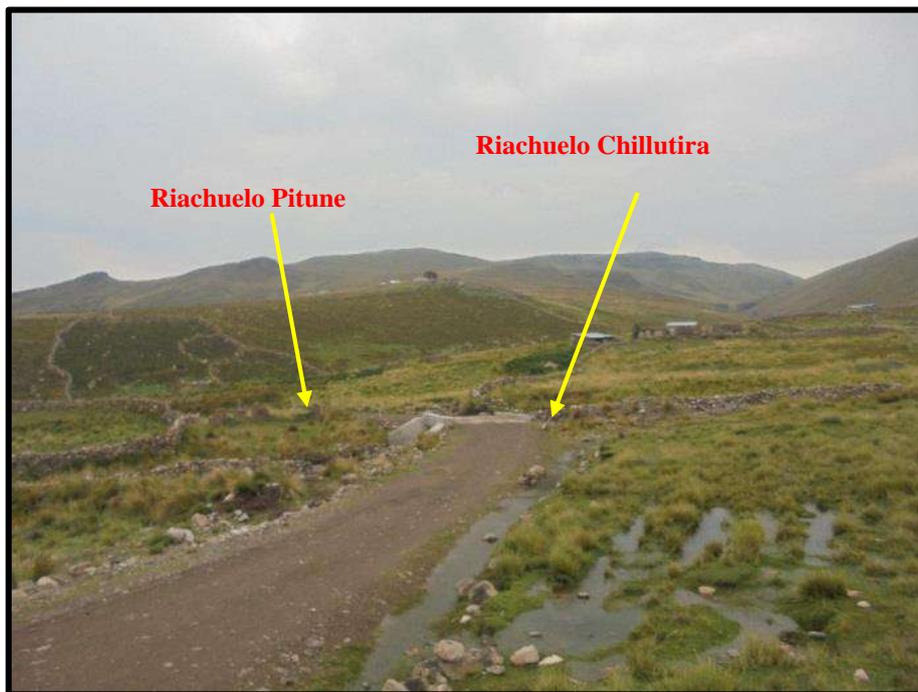
En la zona de estudio la geomorfología de la línea de conducción se relaciona con procesos geodinámicas, presenta una altitud promedio que bordean los 4293 a 4072 m.s.n.m. la línea de conducción intercepta formaciones volcánicas (Pleistoceno) y cuaternarias de origen combinado (Holoceno), el canal de conducción tiene en general una dirección NO – SE desde la bocatoma, este canal trasladara agua e irrigara al sector de Totorani en ambos flancos del riachuelo Chillutira. En la zona de estudio las unidades geomorfológicas locales definidas se resumen en: cauces fluviales, terrazas aluviales, laderas fuertes, moderados, suaves, colinas bajas; los cuales detallaremos y describiremos líneas abajo. Debemos mencionar que el canal derecho Suyckutambo conjuntamente con el canal principal tiene una longitud de 5224 metros de largo, desde la bocatoma; y el otro canal izquierdo Suyckutambo tiene unos 1420 metros de largo.

a. FONDO DE VALLE

1. Cauce Fluvial (Ca-fl)

Corresponde al lecho de río actual por donde discurre el riachuelo Chillutira y Pitune, dicho río Pitune discurre a una distancia de 400 metros de su flanco derecho, está compuesto por materiales sueltos de origen fluvial, ambos riachuelos tienen formas pseudo meandriformes.

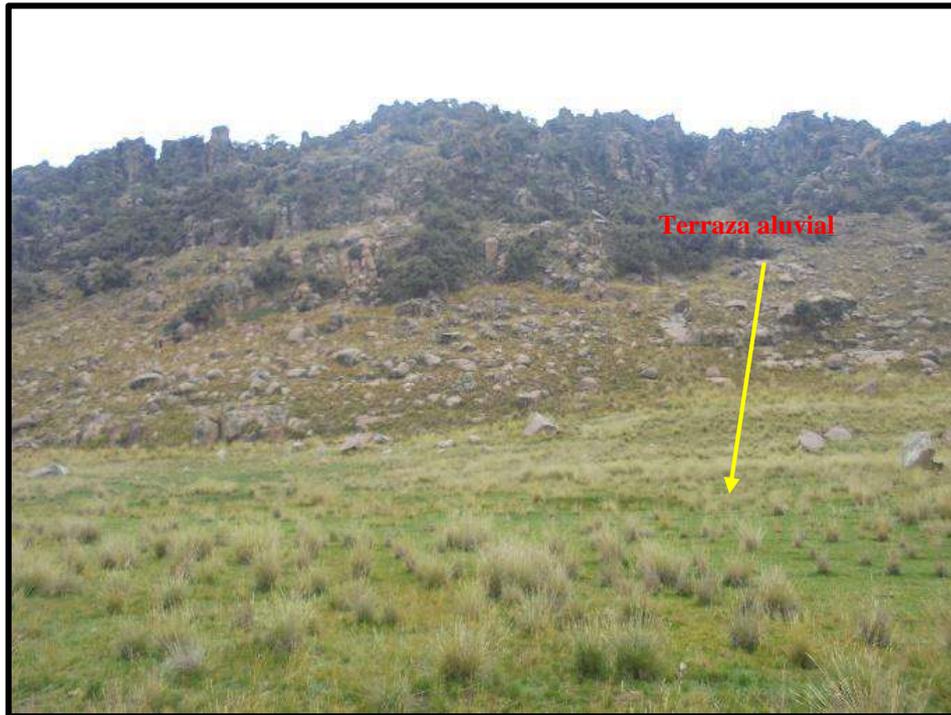
Foto 32: Riachuelos Chillutira y Pitune; río Pitune en progresiva 0+520 Canal Derecho Suykutambo y Canal Izquierdo Suykutambo



2. Terraza Aluvial (T-al)

Son terrenos más o menos subhorizontales, las cuales están compuestas por materiales aluviales semi consolidados; son unidades que se encuentran en el fondo de valle, recorre casi la mitad del canal principal, tiene pendientes de 0° a 15° , son estables por el tipo de inclinación que tienen, salvo donde están los bofedales.

Foto 33: Terraza aluvial, progresiva 3+460 línea de conducción

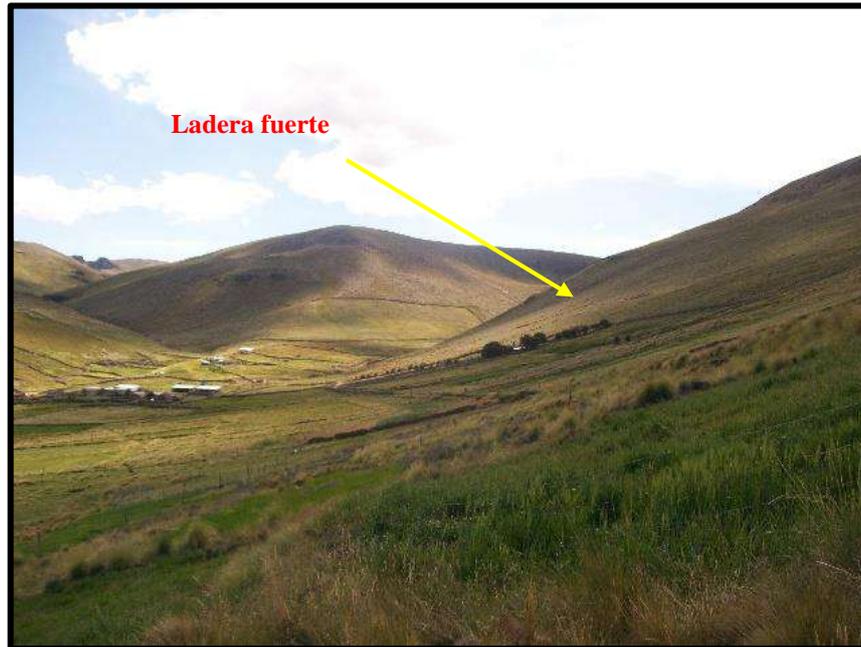


b. LADERAS

1. Laderas fuertes (L-f)

Tienen las pendientes más pronunciadas, pero muestran una estabilidad muy notoria, no generando problema alguno, esta unidad corresponde más al lateral izquierdo. Con pendientes que van de los 40° a 50°.

Foto 34: Laderas de pendiente fuerte, Progresiva 0+700 lateral izquierdo de la línea de conducción



2. Laderas moderadas (L-m)

Son relieves en orden inmediato inferior de las laderas fuertes; las laderas en mención tienen pendientes que van de los 25° a 40° , estas para nuestra zona de estudio se muestran estables, cubiertas por coluvios y suelo eluvial en una parte; esta unidad geomorfológica se puede apreciar en la progresiva 1+350 del canal derecho Suyckutambo.

3. Laderas suaves (L-s)

Son unidades geomorfológicas de una baja pendiente que van 15° a 25° , muchos de ellos están con coluvios y otro solo de suelo aluvial, bofedal y suelo eluvial.

Foto 35: Laderas suaves en la progresiva 2+400 de canal derecho Suyckutambo

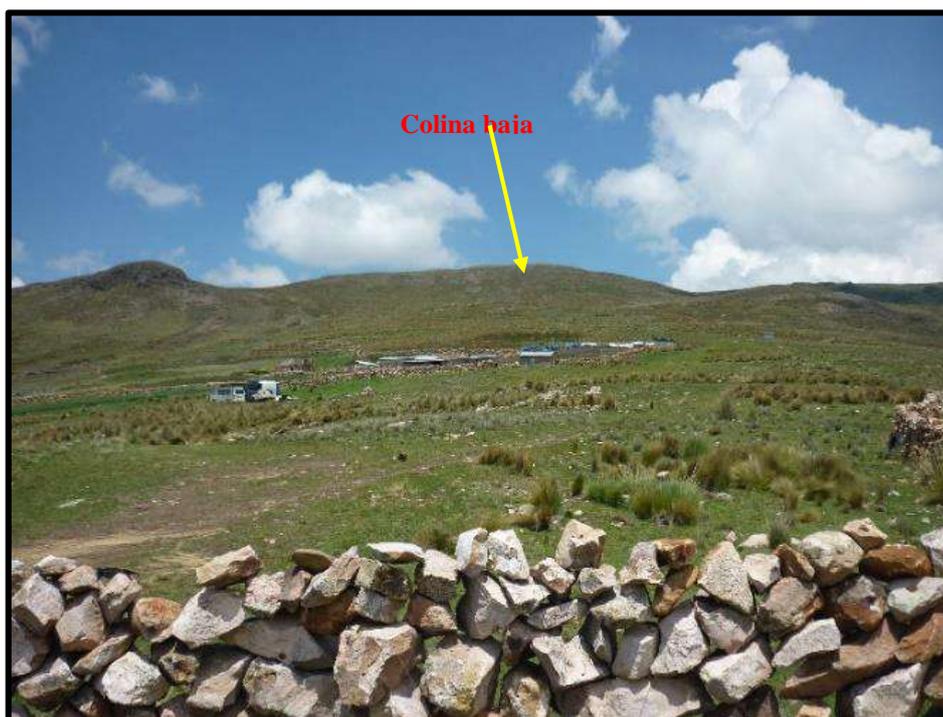


c. COLINAS

1. Colinas bajas (C-b)

Está ubicada según su posición altitudinal, en este caso se ubica en el flanco soroeste del fondo de valle Totorani, esta unidad presenta una ladera fuerte con una cima ovalada, el cual nos indica la poca resistencia del material de substrato a los procesos erosivos, con respecto a su pendiente de cima esa esta entre 15° a 20° , lo cual la hace moderadamente estable.

Foto 36: Cima de colina baja, en la progresiva 0+760 del canal derecho SuycKutambo



Cuadro 10: Unidades Geomorfológicas identificadas del canal principal Suycutambo, canal derecho Suycutambo, canal izquierdo Suycutambo

Sistema	Unidad (código)	Descripción
FONDO DE VALLE	Cauce fluvial (Ca-fl)	Material suelto de grava, bolones arenas y bloques
	Terraza aluvial (T-al)	Banco limoso con grava, bolones, escaso bloques, también escasa arcilla
LADERAS	Laderas fuertes (L-f)	Roca, suelo coluvial
	Laderas moderadas (L-m)	suelo eluvial – coluvial
	Laderas suaves (L-s)	suelo coluvial (bolones y bloques grandes), eluvial
COLINAS	Colinas bajas (C-b)	Suelo limo limo arcilloso, consolidado, de origen coluvial y eluvial.

Cuadro 11: Unidades Geomorfológicas del canal principal Suycutambo

PROGRESIVA (m.)		GEOMORFOLOGIA	ESTABILIDAD
DESDE	HASTA		
0.00	120.00	Terraza aluvial (T-al)	Estable
120.00	384.00	Laderas moderada (L-m)	Estable



Cuadro 12: Unidades Geomorfológicas del canal derecho Suyckutambo

PROGRESIVA (m.)		GEOMORFOLOGIA	ESTABILIDAD
DESDE	HASTA		
0.00	300.00	Laderas moderadas (L-m)	Estable
300.00	420.00	Terraza aluvial (T-al) Cauce fluvial (Ca-fl)	Estable Estable
420.00	760.00	Laderas fuerte (L-f)	Estable
760.00	800.00	Colina baja (C-b)	Estable
800.00	1460.00	Laderas moderadas (L-m)	Estable
1460.00	1860.00	Laderas suaves (L-s)	Estable
1860.00	2560.00	Terrazas aluviales (T-al)	Estable
2560.00	3480.00	Laderas suaves (L-s)	Estable
3480.00	3990.00	Terraza aluvial (T-al)	Estable
3990.00	4000.00	Cauce fluvial (Ca-fl)	Moderadamente estable
4000.00	4840.00	Laderas suave (L-s)	Estable

Cuadro 13: Unidades Geomorfológicas del canal izquierdo suyckutambo

PROGRESIVA (m.)		GEOMORFOLOGIA	ESTABILIDAD
DESDE	HASTA		
0.00	320.00	Laderas moderadas (L-m)	estable
320.00	410.00	Laderas suaves (L-s)	Estable
410.00	480.00	Terraza aluvial (T-al)	Estable
480.00	500.00	Cauce fluvial (Ca-fl)	Inestable
500.00	560.00	Terraza aluvial (T-al)	Moderadamente estable
560.00	580.00	Laderas moderada (L-m)	Estable
580.00	1420.00	Laderas fuertes (L-f)	Estable

3.7.2. GEOLOGIA DEL CANAL DE CONDUCCION SUYCKUTAMBO

Siendo la zona de estudio una zona que ha sido afectada por eventos volcánicos, las formaciones que se ha encontrado que van desde el Plioceno hasta el Holoceno en su mayoría son de origen volcánico, registrando así una historia llena de actividades volcánicas desde muy intensas a moderadamente intensa, las unidades observadas en la zona de línea de canal son: Grupo Tacaza: Formación Ichoccollo (Plioceno), Formación Pampa Garza (Pleistoceno), Depósitos Morrenicos (Pleistoceno), Depósitos Aluviales (Holoceno), Depósitos Fluvio aluviales (Holoceno), Depósitos fluviales 1 y 2 (Holoceno), Depósitos Bofedales (Holoceno), Depósitos Coluviales (Holoceno), depósitos Eluviales (Holoceno); muchos de ellos solo circundan la línea de conducción.

Los cuales desarrollamos a continuación:

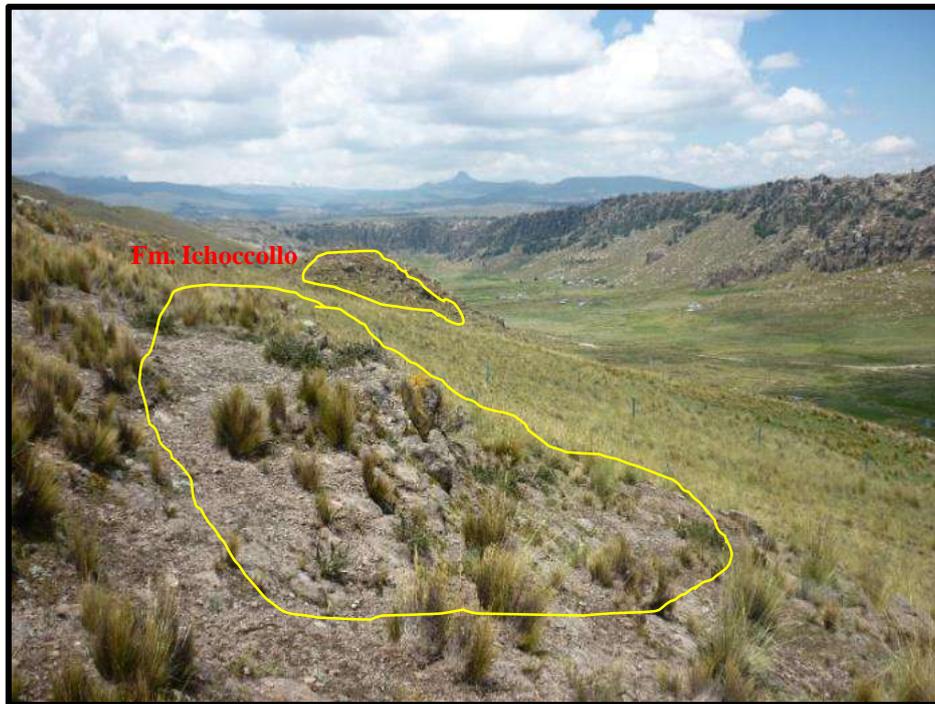
3.7.2.1. CENOZOICO: NEOGENO (PLIOCENO), CUATERNARIO (PLEISTOCENO, HOLOCENO)

a. GRUPO TACAZA: FORMACIÓN ICHOCOLLO (Np-ich)

Esta fonación es una de las más antiguas que aflora en la zona de estudio, cubriendo todo el canal izquierdo Suyckutambo, por donde va un ramal de 1420 metros de longitud. Esta formación está compuesta por flujos lávicos de composición andesítica y andesítica basáltica, siendo la última en

aflorar con mayor volumen; la composición de esta andesita basáltica es fenocristales de plagioclasa cloritizándose, piroxenos en estado de oxidación y mineral de aspecto botroidal, en conjunto esta unidad lávica es de un color gris oscuro, su aspecto rugoso nos hace entender la resistencia que tiene al proceso erosivo.

Foto 37: Formación Ichocollo, progresiva 1+330 del canal izquierdo Suycutambo



b. FORMACIÓN PAMPA GARZA (Qpl-g)

Aflora adyacente a la línea de conducción Totorani, pero generalmente en forma de coluvios, esta formación cubre una área bastante grande en la zona de estudio; siendo su origen volcánico exhalativo, como producto final de una actividad volcánica durante el Pleistoceno, con respecto a su composición esta contiene vidrio, biotita, fragmentos de roca, fiames y lapilli, envuelta en una matriz rosácea, tiene bajo peso y al ser golpeada transmite un eco típico de materiales livianos; en general es una toba retrabajada de color rosa a rosa blanquecina.

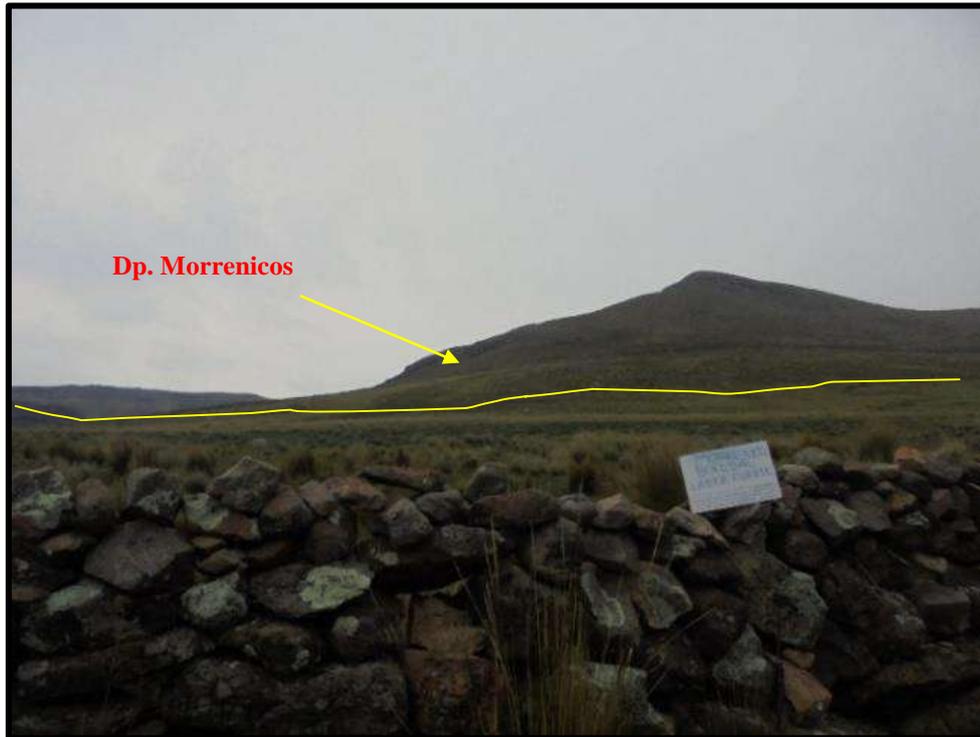
Foto 38: Afloramiento de la formación Pampa Garza, progresiva 4+800, del canal derecho Suycutambo



c. DEPÓSITOS MORRENICOS (Qpl-mo)

Estos depósitos están restringidos a zonas donde la acción glaciaria desde tiempos atrás ha tenido una influencia directa, característicos de estos depósitos que con el tiempo si han dejado de recibir influencia de los glaciares adquieren una dureza muy notoria; con respecto a nuestra zona de estudio la acción glaciaria sigue actuando de forma directa, razón por la cual son semi consolidados y tienen una composición limo gravosa con bolones y algo de bloques y arena, siendo estos materiales angulosos escasamente subangulosos, con cierto pulimento, sin orden alguno, contienen algo de suelo orgánico; se ha identificado en el margen derecho del riachuelo Chillutira, donde se emplazara el repartidor.

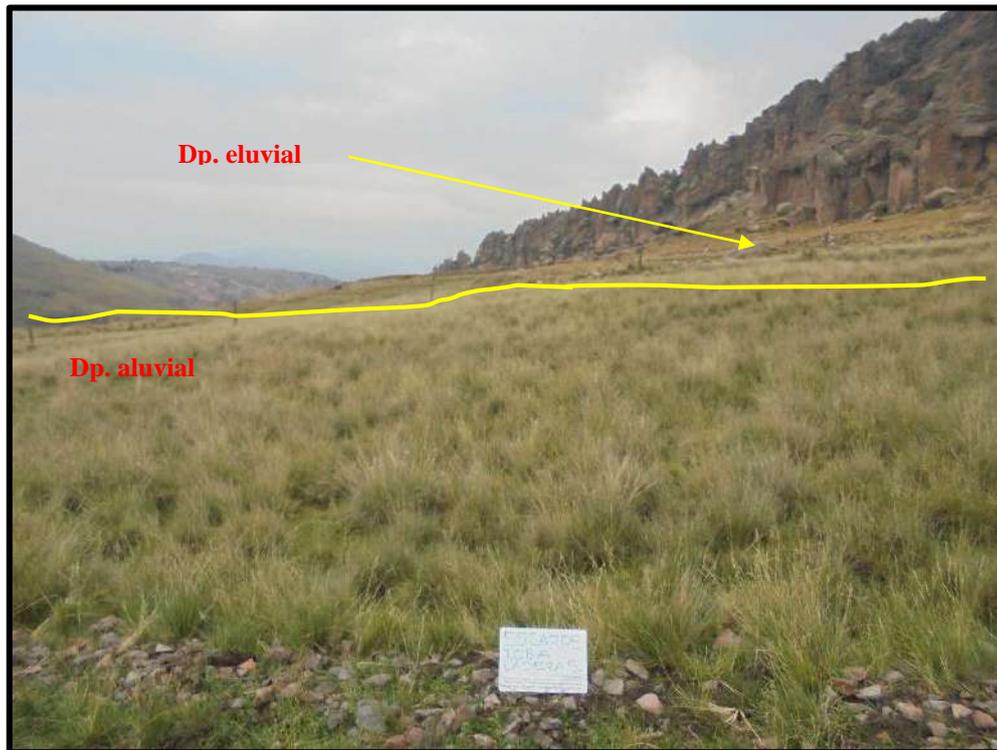
Foto 39: Depósitos morrenicos, en la progresiva 0+000, canal derecho Suykutambo, repartidor



d. DEPÓSITOS ALUVIALES (Qh-al)

Estos depósitos están en la van desde la parte lateral hacia el centro del valle Totorani, estos han tenido una influencia combinada de flujo y lodo, razón por la cual están envueltas en una matriz limosa, con grava, arena bolones y algunos bloques, subredondeados a subangulosos, no tiene rastros de imbricación, estos están semi consolidados, siendo mucho de ellos ahora bofedales, por la continua acción del agua que proviene de las precipitaciones fluviales, nevadas y otros fenómenos climáticos.

Foto 40: Depósitos fluvio aluviales, progresiva 1+820 del canal derecho Suyckutambo.



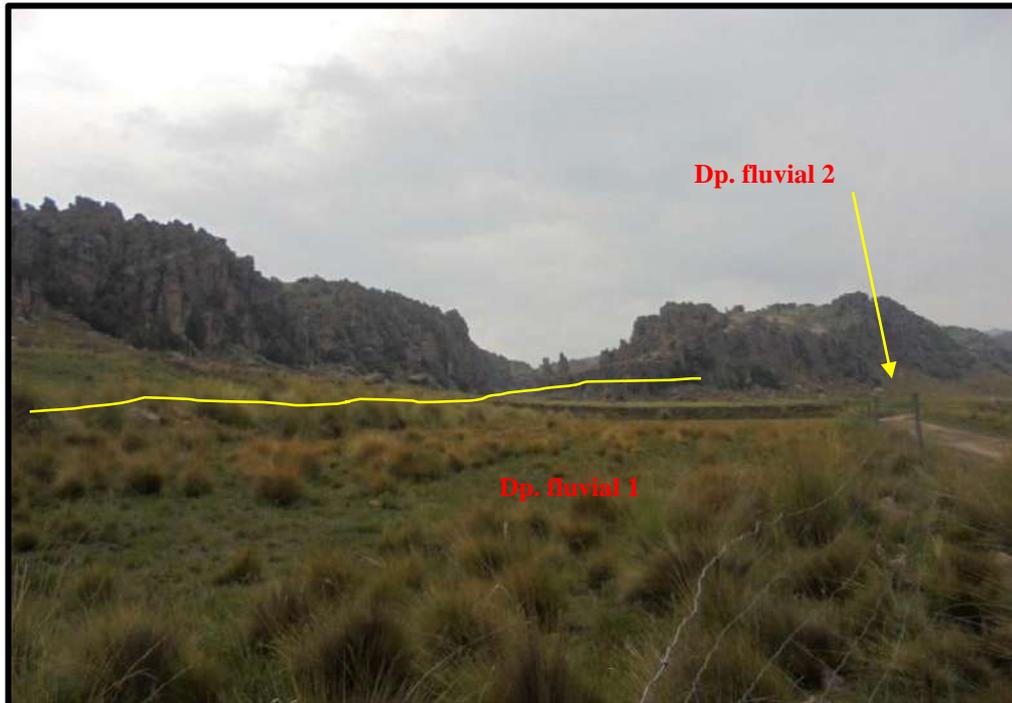
e. DEPOSITO FLUVIO ALUVIAL (Qh-fa)

Este tipo de depósito está zonado en lugares donde ha existido un antiguo lecho fluvial pero con influencias de aluviones, está compuesto de una matriz limosa arcillosa con gravas, bolones y algo de bloques, estos están suredondeados y en ocasionalmente redondeados algo subangulosos, con cierta imbricación producto de la acción fluvial, se puede observar en la progresiva 2+120 del canal derecho Suyckutambo.

f. DEPÓSITOS FLUVIALES 1 y 2 (Qh-fl1, Qh-fl2)

Estos depósitos están relacionados a una acción eminentemente fluvial, los cuales labran y retribujan sus componentes detríticos; para el caso de los depósitos fluviales 1, estos están compuestos de arena a gravilla bien ordenada, seleccionada, con poca matriz limosa arcillosa, presenta niveles de oxidación, evidenciando un antiguo nivel freático; para el depósito fluvial 2, este se remite al cauce fluvial de los riachuelos Chillutira, Piltune, Yanamachay (este último río casi al final del canal derecho Suyckutambo), sus componentes son gravas, bolones, bloques subredondeados a redondeados y algunas veces subangulosos, que evidencian el constante desgaste fluvial.

Foto 41: Depósitos fluviales 1, progresiva 4+120 del canal derecho Suyckutambo



g. DEPÓSITOS BOFEDAL (Qh-bo)

Estos depósitos están ligados al contacto continuo, pero no de forma caudalosa con el agua, razón por la cual ante la pérdida de agua estas se vuelven un tanto esponjosas en algunos casos, y en otras mantienen su estabilidad, tienen alto contenido de suelo orgánico algo de gravas, arenas, bolones, bloques con matriz limosa, y fuerte presencia de agua.

Foto 42: Depósitos bofedales, progresiva 2+880 del canal derecho Suyckutambo.





h. DEPÓSITOS COLUVIALES Y ELUVIALES (Qh-co, Qh-el)

Estos depósitos casi siempre están juntos ubicados en laderas o pies de laderas, no han sufrido mucho transporte alguno; los depósitos coluviales son generalmente entre bolones y bloques angulosos, mientras que los depósitos eluviales son más gravas y bolones con escaso bloques angulosos.

Foto 43: Depósitos eluviales y coluviales, 4+640 del canal derecho Suyckutambo





Cuadro 14: Columna Estratigráfica del canal de conducción Suykutambo

PROGRESIVA (m.)		SIMBOLOGIA LITOESTRATIGRAFICA	LITOLOGIA
DESDE	HASTA		DESCRIPCION
0.00	020.00	Depósitos morrenicos (Qpl-bo)	Suelo orgánico subsaturado con agua, con gravas angulosas y bolones
020.00	320.00	Depósitos morrenicos (Qpl-mo)	Material semi consolidado de grava y bolones con suelo orgánico, angulosos a subangulosos, con pulimento
320.00	340.00	Depósitos fluviales (Qh-fl)	Material inconsolidado de gravas, arena, bolones redondeados y subredondeados
340.00	400.00	Depósitos bofedales (Qh-bo)	Suelo orgánico subsaturado con agua, con gravas angulosas y bolones
400.00	540.00	Depósitos coluviales (Qh-co)	Fragmentos de roca angulosos y subangulosos inconsolidados.
540.00	1140.00	Depósitos eluviales (Qh-el)	Suelo detrítico, producto de la desintegración de la formación Pampa Garza, cubierta por suelo orgánico con algo de grava.
1140.00	1440.00	Depósitos coluviales (Qh-co)	Fragmentos de roca angulosos y subangulosos inconsolidados.
1440.00	2060.00	Depósitos aluviales (Qh-al)	Suelo gravoso con arena, bolones en matriz limosa arcillosa, con cierta orientación
2060.00	2460.00	Depósitos bofedales (Qh-bo)	Suelo orgánico subsaturado y saturado con agua, con gravas angulosas y bolones
2460.00	2540.00	Depósitos aluviales (Qh-al)	Suelo gravoso con arena, bolones en matriz limosa arcillosa, con cierta orientación
2540.00	2580.00	Depósitos fluvio aluviales (Qh-fa)	Suelo gravo arenoso, con bolones en matriz limoso, antiguo curso de río.
2580.00	2820.00	Depósitos aluviales (Qh-al)	Suelo gravoso con arena, bolones en matriz limosa arcillosa, con cierta orientación
2280.00	3530.00	Depósitos bofedales (Qh-bo)	Suelo orgánico subsaturado con agua, con gravas angulosas y bolones. Saturado en épocas de avenida.
3290.00	3890.00	Depósitos aluviales (Qh-al)	Suelo gravoso con arena, bolones en matriz limosa arcillosa, con cierta orientación
3890.00	3990.00	Depósitos fluviales 1 (Qh-fl1)	Suelo gravoso arenoso con poco limo, tiene buena selección e imbricación, semiconsolidado
3990.00	4000.00	Depósitos fluviales 2 (Qh-fl2)	Material suelto de gravas y bolones con arena subredondeado a subangulosos.
4000.00	4360.00	Depósitos fluviales 1 (Qh-fl1)	Suelo gravoso arenoso con poco limo, tiene buena selección e imbricación, semiconsolidado
4360.00	4840.00	Depósitos coluviales (Qh-co)	Fragmentos de roca angulosos y subangulosos inconsolidados, también con grandes bloques caídos.

Cuadro 15: Litoestratigrafía del canal principal Suykutambo

PROGRESIVA (m.)		SIMBOLOGIA LITOESTRATIGRAFICA	LITOLOGIA
DESDE	HASTA		DESCRIPCION
0.00	20.00	Formacion Ichoccollo (Np-ich)	Fujos lavicos de andesitas a andesitas basaltica, de color gris oscuro,
20.00	150.00	Depositos coluviales (Qh-co)	Fragmentos de roca angulosos y subangulosos inconsolidados.
150.00	384	Depositos morrenicos (Qpl-bo)	Suelo organico subsatruado con agua, con gravas angulosas y bolones

Cuadro 16: Litoestratigrafía del canal derecho Suykutambo

PROGRESIVA (m.)		SIMBOLOGIA LITOESTRATIGRAFICA	LITOLOGIA
DESDE	HASTA		DESCRIPCION
0.00	020.00	Depositos morrenicos (Qpl-bo)	Suelo organico subsatruado con agua, con gravas angulosas y bolones
020.00	320.00	Depositos morrenicos (Qpl-mo)	Material semi consolidado de grava y bolones con suelo organico, angulosos a subangulosos, con pulimento
320.00	340.00	Depositos fluviales (Qh-fl)	Material inconsolidado de gravas, arena, bolones reedondeados y subredondeados
340.00	400.00	Depositos bofedales (Qh-bo)	Suelo orgánico subsatruado con agua, con gravas angulosas y bolones
400.00	540.00	Depositos coluviales (Qh-co)	Fragmentos de roca angulosos y subangulosos inconsolidados.
540.00	1140.00	Depositos eluviales (Qh-el)	Suelo detrítico, producto de la desintegración de la formación Pampa Garza, cubierta por suelo organico con lgo de grava.



1140.00	1440.00	Depositos coluviales (Qh-co)	Fragmentos de roca angulosos y subangulosos inconsolidados.
1440.00	2060.00	Depositos aluviales (Qh-al)	Suelo gravoso con arena, bolones en matriz limosa arcillosa, con cierta orientacion
2060.00	2460.00	Depositos bofedales (Qh-bo)	Suelo organico subsaturado y saturado con agua, con gravas angulosas y bolones
2460.00	2540.00	Depositos aluviales (Qh-al)	Suelo gravoso con arena, bolones en matriz limosa arcillosa, con cierta orientacion
2540.00	2580.00	Depositos fluvio aluviales (Qh-fa)	Suelo gravo arenoso, con bolones en matriz limoso, antiguo curso de rio.
2580.00	2820.00	Depositos aluviales (Qh-al)	Suelo gravoso con arena, bolones en matriz limosa arcillosa, con cierta orientacion
2280.00	3530.00	Depositos bofedales (Qh-bo)	Suelo organico subsaturado con agua, con gravas angulosas y bolones. Saturado en espocas avenida.
3290.00	3890.00	Depositos aluviales (Qh-al)	Suelo gravoso con arena, bolones en matriz limosa arcillosa, con cierta orientacion
3890.00	3990.00	Depositos fluviales 1 (Qh-fl1)	Suelo gravoso arenoso con poco limo, tiene buena selección e imbricacion, semi consolidado
3990.00	4000.00	Depositos fluviales 2 (Qh-fl2)	Material suelto de gravas y bolones con arena subredondeado a subangulosos.
4000.00	4360.00	Depositos fluviales 1 (Qh-fl1)	Suelo gravoso arenoso con poco limo, tiene buena selección e imbricacion, semi consolidado
4360.00	4840.00	Depositos coluviales (Qh-co)	Fragmentos de roca angulosos y subangulosos inconsolidados, tambien con grandes bloques caidos.

Cuadro 17: Litoestratigrafía del canal izquierdo Suykutambo

PROGRESIVA (m.)		SIMBOLOGIA LITOESTRATIGRAFICA	LITOLOGIA
DESDE	HASTA		DESCRIPCION
0.00	440.00	Depositos bofedales (Qh-bo)	Suelo organico subsaturado con agua, con gravas angulosas y bolones. Saturado en espocas avenida
440.00	480.00	Depositos aluviales (Qh-al)	Suelo gravoso con arena, bolones en matriz limosa arcillosa, con cierta orientacion
480.00	500.00	Depositos fluviales 2 (Qh-fl2)	Material suelto de gravas y bolones con arena subredondeado a subangulosos.
500.00	560.00	Depositos aluviales (Qh-al)	Suelo gravoso con arena, bolones en matriz limosa arcillosa, con poca orientacion
560.00	1080.00	Depositos morrenicos (Qpl-mo)	Suelo semi consolidado, con material gravoso, con bolones y arena en una matriz limo arcillosa, con pulimento.
1080.00	1420.00	Depositos eluviales (Qh-el)	Suelo detritico, producto de la desintegracion de la formacion Ichoccollo, con afloramientos de roca.



CAPITULO V

GEODINAMICO

5.1. GENERALIDADES

La geodinámica abarca el estudio de los procesos y cambios físicos constantes que tienen lugar en la superficie de la Tierra. Estas transformaciones son posibles gracias a la intervención de agentes tanto internos como externos, los cuales contribuyen a crear, formar, degradar y modelar la superficie terrestre. La geodinámica se divide en dos grandes categorías:

5.2. GEODINÁMICA ENDÓGENO (INTERNO)

La topografía peruana experimenta una actividad sísmica constante, resultado de la interacción entre la Placa Sudamericana y la Placa de Nazca, que se considera la principal fuente sísmica en el país, dando origen a los eventos de mayor magnitud registrados hasta la fecha. La segunda fuente sísmica está asociada a la zona continental, donde la deformación del terreno ha propiciado la formación de fallas de diversas longitudes, dando lugar a sismos de magnitudes menores (Modificado de Cahill et al, 1992; Tavera et al, 2001).

a. SISMOS

La posibilidad de que ocurra un evento sísmico se define como la probabilidad de que en un lugar específico se produzca un movimiento sísmico de una intensidad igual o mayor a un valor establecido. En términos generales, el término "intensidad" se extiende a cualquier característica de un sismo, como su magnitud, aceleración máxima, valor espectral de la velocidad, valor espectral del desplazamiento del suelo, valor medio de la intensidad Mercalli Modificada, u otros parámetros. La ocurrencia de un evento sísmico tiene un carácter aleatorio, y la Teoría de las Probabilidades se aplica en el análisis del riesgo asociado.

b. CRONOLOGÍA SÍSMICA

En el libro "Terremotos en el Perú" de Enrique Silgado y Alberto Giesecke, publicado en 1981, se proporciona una visión histórica de los sismos que han afectado las distintas regiones del Perú. Algunos de los eventos más significativos incluyen:

- En 1581, se registró un terremoto que provocó el hundimiento del pueblo de Yanaoca junto con todos sus habitantes.
- El 31 de marzo de 1650, a las 14 horas, un terremoto derribó todos los templos de la ciudad del Cusco y gran parte de las edificaciones, causando estragos en Abancay, Andahuaylas, y otros pueblos cercanos. Los Anales del Cusco describen la devastación extendida hasta Sicasica (Bolivia). El P. Juan de Córdova detalla que en el pueblo de Yaurisque todo quedó arrasado, con caída de paredes y 12 personas fallecidas. Se reportaron grandes



deslizamientos en las partes altas de Pisac y Paucartambo, uno de los cuales represó el curso del río Apurímac. La tierra se agrietó en varios lugares, con disturbios en el nivel freático de las aguas de escorrentía cerca del pueblo de Oropesa. En Lima se percibió el movimiento, causando algunos daños. Hasta el 3 de abril, en Cusco se registraron más de 260 temblores, con más de 30 de ellos tan intensos como el primero y de corta duración.

- El 17 de septiembre de 1707, la localidad de Capi, en la Provincia de Paruro, Departamento del Cusco, fue testigo de un devastador terremoto que dejó a su paso una trágica cifra de 50 víctimas mortales. Este evento sísmico dejó una marca indeleble en la memoria de la comunidad.
- El 19 de noviembre de 1744, a las 06:30 horas, la ciudad del Cusco fue sacudida por un sismo que alcanzó una magnitud aproximada de 6.0. La Iglesia de La Merced vio agrietarse su bóveda, mientras que varias viviendas sufrieron daños significativos. Estatuas de la Catedral e iglesias se desplomaron, y la población vivió momentos de gran tensión.
- El 11 de febrero de 1746, el pueblo de Urcos experimentó entre 9 y 11 temblores que causaron estragos en templos y destruyeron numerosas viviendas. En la Provincia de Acomayo, una iglesia colapsó, y hasta el 15 de febrero se registraron más de 90 réplicas, prolongando el temor y la destrucción en la región.
- El 4 de noviembre de 1913, a las 16:33 horas, la Provincia de Aymaraes, en el Departamento de Apurímac, fue testigo de un violento sismo que resultó en la destrucción de caseríos y la pérdida de alrededor de 150 vidas. Las localidades de Casaya, Soraya, Tarray Puente, Huayquipa, y otras, quedaron devastadas. Aunque la capital de Abancay sufrió algunos daños, la intensidad del sismo disminuyó al avanzar hacia el norte, afectando menos a Andahuaylas y Ayacucho.
- El 9 de abril de 1928, al mediodía, un sismo azotó la provincia de Carabaya, dejando tras de sí un rastro de destrucción. Derrumbes en las cercanías del río Esquilaya causaron pérdidas humanas y desapariciones. El temblor se sintió intensamente en Puno, Cusco, Huancané, así como en los pueblos de Putina, Vilqueschico, y Cuyocuyo.
- El 18 de septiembre de 1941, a las 8:15 horas, un fuerte sismo sacudió nuevamente al Cusco, dañando iglesias, capillas, edificios públicos y viviendas. Con una magnitud estimada entre VI y VII, el movimiento se sintió en Abancay y los pueblos cercanos. Las lecturas de los sismogramas en La Paz, Bolivia, indicaron una distancia epicentral de 510 km.
- El 21 de mayo de 1950, a las 13:28 horas, la ciudad del Cuzco experimentó un terremoto que causó daños en más del 50% de sus edificaciones y viviendas. Alrededor de 120 personas perdieron la vida, mientras que otras 275 resultaron heridas. El área epicentral, confinada al valle del Cuzco, se extendió a 500 km², afectando una amplia zona. Templos y construcciones antiguas sufrieron enormes daños, con campanarios derrumbados y



construcciones de adobe, piedra y ladrillo gravemente afectadas. Después del evento, se observaron extensas fisuras en el lado sur del valle y cambios en el nivel freático, marcando la huella duradera de este trágico suceso. La profundidad focal, estimada en unos 9 km, añade a la complejidad de este capítulo sísmico en la historia de la región.

- El 8 de noviembre de 1961, a las 4:30 horas, la región de Acos, ubicada en la Provincia de Acomayo, Departamento del Cusco, fue testigo de un potente temblor con una intensidad evaluada en VI en la escala sísmica. Este evento dejó una marca imborrable en la memoria de la comunidad, destacando la importancia de la resiliencia ante los fenómenos naturales.
- Cuatro años más tarde, el 8 de mayo de 1965, a las 5:23 pm, el pueblo de Urcos experimentó un sismo destructivo que resultó en desprendimientos de las laderas de los cerros. La intensidad medida fue de VI en Urcos y de III en Cusco, marcando otro episodio sísmico significativo en la historia local.
- El 3 de enero de 1980, la ciudad de Cusco enfrentó otro desafío sísmico con intensidades de V y VI en Limatambo, Urubamba, Pisac, y IV en Cusco. Este evento reafirmó la vulnerabilidad de la región ante la actividad telúrica y la necesidad de medidas preventivas y de respuesta efectivas.
- Luego, el 5 de abril de 1986, a las 3:15 pm, un sismo de aproximadamente 5.8 en la escala de Richter sacudió la zona, localizándose a unos 20 km al Noroeste de la ciudad del Cusco. La intensidad Mercalli Modificada alcanzó el nivel VI, según las estimaciones del Instituto Geofísico del Perú. En el corazón de la ciudad del Cusco, se registraron daños significativos en monumentos históricos, viviendas de adobe e incluso en estructuras de concreto armado y mampostería de ladrillo. La magnitud del impacto se agravó debido a la presencia de numerosas estructuras de adobe afectadas, muchas de las cuales ya habían sido reparadas tras el sismo de 1950, evidenciando la persistencia de los desafíos en la gestión de riesgos sísmicos en la región. Este episodio resalta la importancia de la planificación urbana y la construcción sismorresistente para preservar el patrimonio arquitectónico y garantizar la seguridad de la población.

c. Sismotectónica

La región de Cusco se encuentra en una zona sísmica activa, siendo el epicentro de sismos significativos, con el terremoto más cercano registrado el 25 de mayo de 1950, alcanzando una magnitud de 6.0 en la escala de Richter. La actividad sísmica más intensa se localiza al sur y sureste de Cusco, con hipocentros mayormente de tipo intermedio. Analizando la distribución de la actividad sísmica entre 1983 y 1986, observamos que la mayor actividad persiste al suroeste de Cusco, aunque se han registrado sismos en otras áreas recientemente. En la zona de Cusco, se identifican hipocentros superficiales (0-33 km) y de profundidad intermedia (33-70 km) al oeste de la ciudad.

Los sismos al sur y suroeste de Cusco, abundantemente de carácter intermedio (71-300 km), están asociados con la estructuración de bloques, según estudios de Deza (1985) y Ascue (1997). Los últimos sismos relevantes en Cusco están vinculados a los fallamientos activos al norte de la ciudad, conocidos como el sistema Tambomachay - Qoricocha, según Cabrera (1988) y Sebrier (1986). Este conjunto de fallas forma parte de la zona de transición entre la cordillera Oriental y las altiplanicies mesozoicas, reconocida por su actividad sísmica reciente, respaldada por evidencias tectónicas y volcánicas. Se sugiere que el sistema Tambomachay es la fuente principal de los últimos sismos locales, como el ocurrido el 5 de abril de 1986, y que el sistema de fallamiento Qoricocha es subsidiario al de Tambomachay, activándose constantemente debido a la dinámica del proceso de fallamiento Tambomachay (Deza 1986).

Figura 2: Mapa de las Zonas Sísmicas

Nota: De acuerdo con esta escala, un sismo tiene un único valor, que va desde el grado 1 hasta el 9: Menos de 3,5: apenas se aprecia el movimiento, pero queda registrada.

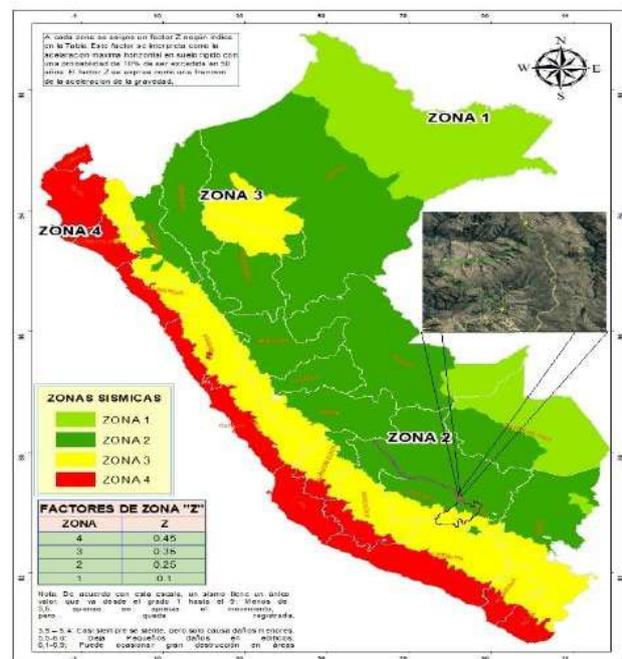
3,5 – 5,4: Casi siempre se siente, pero solo causa daños menores.

5,5-6,0: Deja Pequeños daños en edificios.

6,1-6,9: Puede ocasionar gran destrucción en áreas muy pobladas

7,0-7,9: Causa severos daños y destrucción

8 o mayor: destrucción total.



Fuente: DS que Modifica la Norma Técnica E.30 Diseño Sismorresistente del reglamento nacional de edificaciones

La zona en estudio se encuentra en una zona de baja sismicidad tal como se muestra en la imagen N° 06 “Zona 2”.

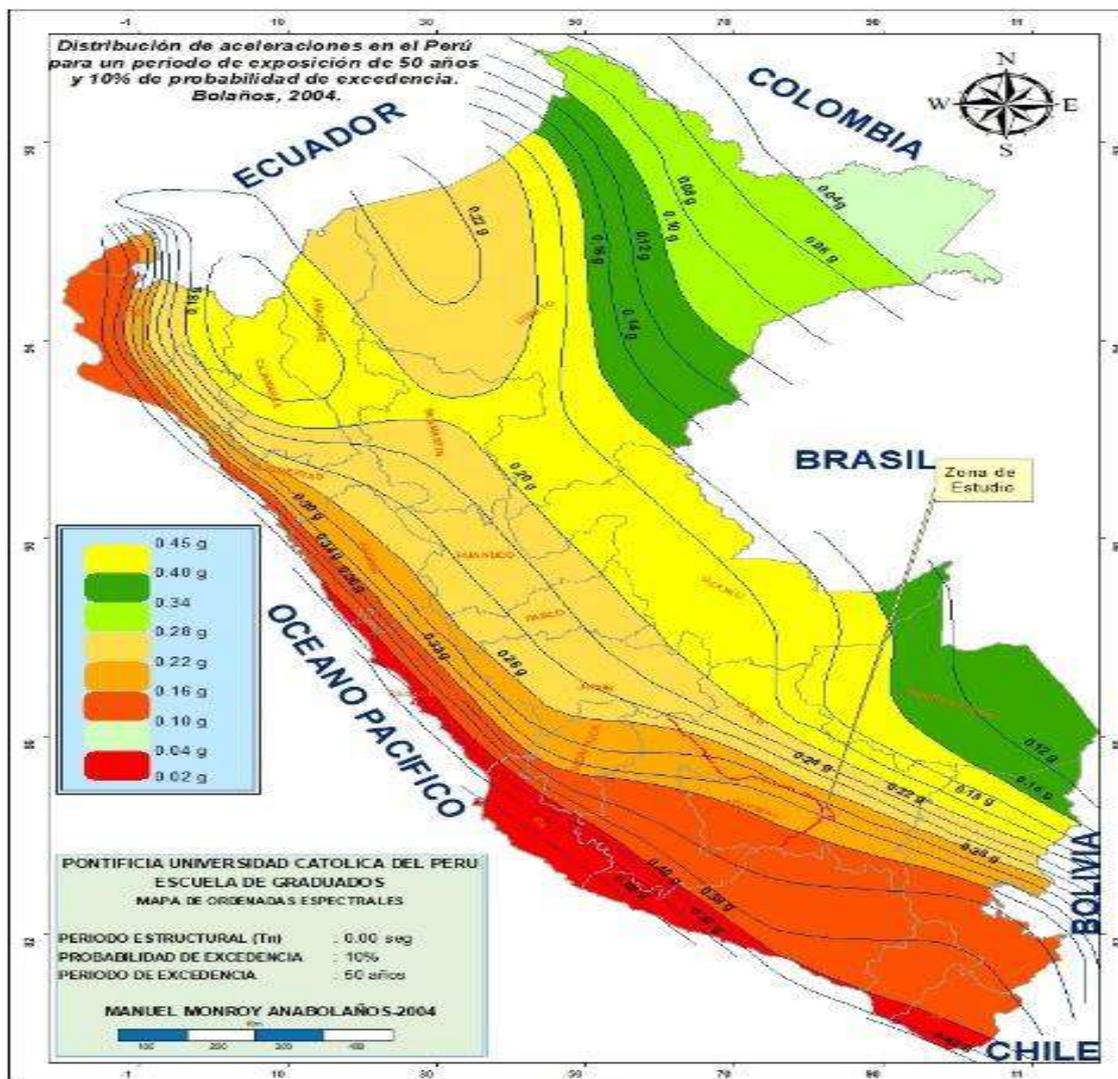
d. Aceleraciones Sísmicas

En Perú, se recurre a los mapas de isoaceleraciones sísmicas desarrollados por Alva y Castillo en 1985, los cuales muestran variaciones entre 0.30 y 0.32 en la zona del proyecto, disminuyendo hacia el Este.

El mapa de isoaceleraciones para un 10% de excedencia en 50 años se presenta en la imagen adjunta.

Figura 3: Aceleraciones Sísmicas

Escala de Mercalli	Aceleración sísmica (g)	Percepción del temblor	Potencial de daño
I	< 0.0017	No apreciable	Ninguno
II-III	0.0017 – 0.014	Muy leve	Ninguno
IV	0.014 – 0.039	Leve	Ninguno
V	0.039 – 0.092	Moderado	Muy leve
VI	0.092 – 0.18	Fuerte	Leve
VII	0.18 – 0.34	Muy fuerte	Moderado
VIII	0.34 – 0.65	Severo	Moderado a fuerte
IX	0.65 – 1.24	Violento	Fuerte
X	> 1.24	Extremo	Muy fuerte



Fuente: “DS que Modifica la Norma Técnica E.30 Diseño Sismorresistente del reglamento nacional de edificaciones.

Cuadro 18: Aceleraciones Sísmicas Según Escala Mercalli



5.3. GEODINÁMICA EXÓGENO (EXTERNA)

engloba una serie de fenómenos que desempeñan un papel crucial en la constante transformación y modelado de la superficie terrestre. Estos fenómenos son el resultado de la interacción dinámica entre diversos agentes geodinámicos, perceptibles por la observación humana.

En esta sección, se ofrece una perspectiva detallada sobre los diferentes tipos de acciones erosivas y sus actuales niveles de intensidad:

5.3.1. GEODINAMICA DEL SITIO DE LA PRESA

Del reconocimiento realizado en la zona destinada para ser el eje de la presa Huangarapampa, se ha podido identificar ciertos fenómenos de impacto bajo a moderado, pues no tienen rastros de estar en constante movimiento. Para lo cual hemos elaborado un pequeño cuadro resumen de los fenómenos geológicos de carácter externo.

Cuadro 19: Geodinámica Externa del Sitio de la Presa

Tipos	Ubicación	Descripción	Riesgo
percolación superficial	Cara de talud pequeño	Se observa que el agua infiltra en la parte superior en suelos porosos y que aflora al pasar a una capa impermeable granular. Estribo derecho	Moderado
Filtración	Fondo de cierre de presa	El agua se infiltra más al subsuelo, esto en el eje de presa	Moderado
Solifluxión	Laderas	Este fenómeno se evidencia de tal manera que el suelo adquiere una forma escalonada.	bajo
Erosión fluvial	Lecho de río	Esto se debe fundamentalmente a la acción del riachuelo Chillutira, el cual desgasta el fondo y los flancos de su cauce.	moderado
Deslizamiento	Cara de talud pequeño	Debido a la pendiente que tiene el estribo izquierdo, hace que el material fluvio glacial se deslice, pero es un pequeño cuerpo	fuerte

5.3.2. GEODINAMICA DEL VASO DE LA PRESA

Con respecto a la geodinámica externa, son semejantes al área de presa, pero siendo este mucho más grande que el eje de presa, varían en algunos fenómenos geológicos de carácter externo, el cual han sido resumidos en el siguiente cuadro:

Cuadro 20: Geodinámica Externa del Vaso de la Presa

Tipos	Ubicación	Descripción	Riesgo
Caída de bloques	Dirección noroeste en el margen izquierdo del embalse	Debido al afloramiento de las rocas de la formación Casanuma, por proceso meteóricos y afectando zonas débiles.	Bajo



Filtración	Fondo de embalse	El agua se infiltra más al subsuelo, debido a que habrá una estructura (eje de presa) que hará que el agua ocupe un volumen y aumente su presión hidrostática	Moderado
Soliflucción	Laderas	Este fenómeno se evidencia de tal manera que el suelo adquiere una forma escalonada.	bajo
Erosión fluvial	Lecho de río	Esto se debe fundamentalmente a la acción del riachuelo Chillutira, el cual desgasta el fondo y los flancos de su cauce.	bajo

5.3.3. GEODINAMICA EXTERNA DE LA BOCATOMA CHILLUTIRA

La geodinámica externa en la zona, nos ha mostrado que tan intensa puede ser:

Cuadro 21: Geodinámica Externa de la Bocatoma Chillutira

Tipos	Ubicación	Descripción	Riesgo
Erosión fluvial	Bocatoma	Esto es debido a la acción fluvial el cual desgasta los flancos de su cauce, generando así material suelto	moderado
Caída de bloques	Cara de talud izquierdo	Esto debido que su centro de gravedad no está estable y a la vez está ya muy expuesto a tal punto que este bloque cae.	bajo
Erosión Diferencial	Zonas rocosas	No necesita la acción gravitacional, mas al contrario depende de las acciones climáticas, donde el agua percola por las fracturas generando así una inestabilidad	moderado

5.3.4. GEODINAMICA EXTERNA DEL CANAL DE CONDUCCION CHILLUTIRA

La geodinámica externa representa eminentemente un riesgo latente de una gravedad moderado en zonas de pendiente fuerte a moderada, acumulado en el talud de la ladera y el pie de montañas, controlados por los climas estacionales de altas precipitaciones el movimiento puede ser por exceso de hidratación de suelos provocando un movimiento de remoción en el contacto de roca y suelo generando destrucción de la línea de conducción:

Cuadro 22: Geodinámica Externa del Canal de Conducción Chillutira

Tipos	Ubicación	Descripción	Riesgo
Soliflucción	Cara de laderas lateral izquierdo	El suelo se está erosionando a modo de escalones, cubierto por coluvios.	moderado



Caída de bloques	Línea de conducción Chillutira	La Fm. Pampa Garza tiene bloques estables pero que pueden sufrir ligera caída	Moderado
Erosión Diferencial	Cara de laderas lateral izquierdo	Erosiona las zonas más débiles (menos duras), provocando escalonamiento de taludes de roca sedimentarias	Bajo
Movimientos laterales	Línea de conducción Chillutira	Esto debido a que los bofedales en épocas de estiaje pierden agua y a la vez pierden volumen.	moderado



CAPITULO VI

HIDROLOGICO

6.1. INTRODUCCION

La obtención y análisis de datos hidrometeorológicos, que incluyen información sobre precipitación, temperatura y humedad relativa, junto con las altitudes de estaciones meteorológicas en el sector de Huangarapampa – Chupimayo, se revela como un proceso crucial para la gestión del riesgo tecnificado en la región. La correlación de estos parámetros se llevará a cabo mediante un análisis de regresión lineal, con el objetivo de generar isoyetas, isotermas e isohumas que proporcionen una comprensión más profunda de las condiciones climáticas en la zona de estudio.

6.2. MODELO DETERMINÍSTICO – ESTOCÁSTICO: LUTZ SCHOLZ

El modelo propuesto se ha desarrollado considerando parámetros físicos y meteorológicos específicos de la cuenca, los cuales pueden obtenerse mediante mediciones cartográficas y trabajos de campo. Entre los parámetros clave del modelo se encuentran la determinación de la precipitación efectiva hidrológica, el déficit de escurrimiento, así como la retención y agotamiento de la cuenca. (Scholz, 1980).

Es esencial tener presente:

1. La necesidad de calcular parámetros fundamentales para describir fenómenos de escorrenfía promedio.
2. El establecimiento de modelos estocásticos parciales de los parámetros, los cuales permitirán calcular caudales en cuencas donde no se disponga de información hidrométrica.
3. La generación de caudales para un periodo extendido en el punto de captación proyectado, a través de un cálculo que combina la precipitación efectiva con las descargas del mes anterior mediante un proceso Markoviano, calibrando el modelo integral con aforos ejecutados.

❖ Restricciones del Modelo

Es importante destacar algunas limitaciones inherentes al modelo propuesto, como:

- El uso exclusivo de modelos parciales dentro del rango de calibración establecido.
- La aplicación del modelo únicamente para el cálculo de caudales mensuales promedio.
- La mayor confiabilidad de los registros generados durante el período de sequía en comparación con los valores obtenidos en la época lluviosa.

6.2.1. ECUACIÓN DEL BALANCE HÍDRICO (CM)

La formula primordial que identifica este balance de manera mensual es:



Donde:

$$CM_i = (P_i - D_i) + G_i - A_i$$

CM_i = Caudal mensual (mm/mes)

P_i = Precipitación mensual sobre la cuenca (mm/mes)

D_i = Déficit de escurrimiento (mm/mes)

G_i = Gasto de la retención de la cuenca (mm/mes)

A_i = Abastecimiento de la retención (mm/mes)

$$Q = c' * C * P * AR$$

Esta ecuación tiene similitud con el método racional, la cual indica:

Q = Caudal (m³/s)

c' = Coeficiente de conversión de tiempo (mes/s)

C = Coeficiente de escurrimiento

P = Precipitación total mensual (mm/mes)

AR = Área de la cuenca (Km²)

6.2.2. COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO (C)

Fórmula propuesta por L. Turc:

$$C = \frac{P-D}{P}$$

Donde:

C = Coeficiente de escurrimiento (mm/año)

P = Precipitación total anual (mm/año)

D = Déficit de escurrimiento (mm/año)

Para la determinación de D y L se utiliza la siguiente expresión:

$$D = P \frac{1}{(0.9 + \frac{P^2}{L^2})^{\frac{1}{2}}}$$

$$L = 300 + 25(T) + 0.05(T)^3$$

Donde:

L = Coeficiente de temperatura



T = Temperatura media anual (°C)

6.2.3. PRECIPITACIÓN EFECTIVA (PE)

Cuadro 23: Método de la United States Bureau of Reclamation (USBR)

Precipitación total mensual (limite superior) mm	Porción de la precipitación mm/mes													
	Aprovechable por las Plantas (mm)							Déficit o Escurrimiento (mm)						
	I	II	III	IV	V	VI	VII	I	II	III	IV	V	VI	VII
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
25.40	25.40	22.90	20.40	17.90	15.40	12.90	10.40	0.00	2.50	5.00	7.50	10.00	12.50	15.00
50.80	49.50	44.50	38.10	28.00	17.90	15.40	10.40	1.30	6.30	12.70	22.80	32.90	35.40	40.40
76.20	72.40	63.50	49.50	30.50	20.40	15.40	10.40	3.80	12.70	26.70	45.70	55.80	60.80	65.80
101.60	92.70	76.20	54.60	33.00	20.40	15.40	10.40	8.90	25.40	47.00	68.60	81.20	86.20	91.20
127.00	107.90	83.80	57.10	33.00	20.40	15.40	10.40	19.10	43.20	69.90	94.00	106.60	111.60	116.60
152.40	118.10	86.40	57.10	33.00	20.40	15.40	10.40	34.30	66.00	95.30	119.40	132.00	137.00	142.00
177.80	120.60	86.40	57.10	33.00	20.40	15.40	10.40	57.20	91.40	120.70	144.80	157.40	162.40	167.40
	Coefficiente de Escurrimiento "C"							0.15	0.30	0.45	0.60	0.75	0.90	1.00

Fuente: Lutz Scholz. (1980). Generación de caudales mensuales en la sierra peruana – MERISS II.

Con el fin de facilitar llegar al cálculo de esta precipitación se ha identificado el polinomio de quinto grado:

$$PE = a_0 + a_1P + a_2P^2 + a_3P^3 + a_4P^4 + a_5P^5$$

Dónde:

PE : Precipitación efectiva [mm/mes]

P : Precipitación total mensual [mm/mes]

Ai : Coeficiente del polinomio

Con esto es posible obtener el vínculo entre la precipitación efectiva y total, teniendo que el volumen por año de dicha precipitación sea equivalente al caudal por año de la cuenca.

$$C = \frac{Q}{P} = \frac{\sum_{i=1}^{12} PE_i}{P}$$

Donde:

C = Coeficiente de escurrimiento

Q = Caudal anual



P = Precipitación total anual

$\sum_{i=1}^{12} PE_i$ = Suma de la precipitación efectiva mensual

A partir de la expresión en su forma expandida, es factible derivar nuevas ecuaciones destinadas a determinar de manera específica el coeficiente de escurrimiento parcial para cada curva asociada.

$$C_{II} = \frac{C * \sum PT - \sum PE_{III}}{\sum PE_{II} - \sum PE_{III}}$$

$$C_{III} = \frac{C * \sum PT - \sum PE_{II}}{\sum PE_{III} - \sum PE_{II}}$$

Condición: $C_{II} + C_{III} = 1$

Donde:

C_{II} , C_{III} = Coeficiente de escurrimiento parcial de las curvas II y III

PE_{II} , PE_{III} = Precipitación efectiva de las curvas II y III

PT = Precipitación total anual

La obtención de la Precipitación Efectiva Total Mensual se logra mediante una relación ponderada que se ajusta con precisión a la ecuación presentada:

$$PE_{II} * CPE_{II} + PE_{III} * CPE_{III} = PE$$

6.2.4. RETENCIÓN DE LA CUENCA (R)

Esta ecuación se realiza básicamente para realizar la calibración de la retención de la cuenca.

$$R_i = CM_i - PE_i$$

$$CM_i = PE_i + G_i - A_i$$

Dónde:

CM_i : Caudal mensual [mm/mes]

PE_i : Precipitación Efectiva [mm/mes]

R_i : Retención de la Cuenca [mm/mes]

G_i : Gasto de la retención [mm/mes]

A_i : Abastecimiento de la retención [mm/mes]

$R_i = G_i$: Para valores mayores de cero [mm/mes]

$R_i = A_i$: Para valores menores de cero [mm/mes]

6.2.5. ALMACENAMIENTO HÍDRICO (h)

Está dado por:



- Lamina Retenida por Acuíferos

$$LA = -750*(I) + 315 \text{ (mm/año)}$$

- Lamina Retenida por Lagunas y Pantanos

$$LL = 500 \text{ (mm/año)}$$

- Lamina Retenida por Nevados

$$LN = 500 \text{ (mm/año)}$$

Donde:

LA = Lámina específica de acuíferos.

I = Pendiente del desagüe; $I \leq 15\%$.

LL = Lámina específica de lagunas y pantanos.

LN = Lámina específica de nevados.

Las extensiones o áreas específicas en los mapas o aerofotografías son definidas para un análisis detallado. Cabe señalar que el almacenamiento a corto plazo, representado por la interceptación, no se considera de manera estacionaria en los valores mensuales, ya que está inherentemente incluido en la precipitación efectiva. (AGUIRRE, M. 2006).

6.2.6. COEFICIENTE DE AGOTAMIENTO (a)

$$a = f(LnA)$$

La determinación del coeficiente de agotamiento se logra mediante la realización de aforos en los ríos durante las temporadas secas. En casos donde la ejecución de aforos no sea factible, se puede recurrir a una ecuación alternativa.

$$a = 0.00252(LnA) + K$$

Donde:

a = Coeficiente de agotamiento

A= Área de la cuenca (Km²)

K = Constante según las características de la cuenca:

K = 0.034, agotamiento elevado por temperaturas altas que son mayores a 10°.

K = 0.030, agotamiento rápido. Retención entre 50 y 80 mm/año.

K = 0.026, agotamiento mediano. Retención mediana (80 mm/año).



$K = 0.023$, agotamiento reducido. Debido a la alta retención (> 100 mm/año).

$K = 0.018$, Cuencas con agotamiento muy reducido.

6.2.7. RELACIÓN ENTRE DESCARGAS Y RETENCIÓN (g_i)

En el transcurso de la temporada de sequía, la reserva de la cuenca se agota al final de este periodo. Durante este lapso, se puede calcular la descarga para el primer mes mediante una ecuación específica:

$$G_t = G_o (e^{-a*t})$$

$$\frac{G_t}{G_o} = g_t = (e^{-a*t})$$

Donde:

G_t = Descarga en el tiempo t.

G_o = Descarga inicial.

g_t = Relación entre descarga y retención (primer mes)

También:

a= Coeficiente de agotamiento.

t= Tiempo (30 días)

Un análisis detallado de los hidrogramas revela que el abastecimiento alcanza su punto máximo al inicio de la estación lluviosa, manteniéndose de manera progresiva pero con una disminución menos pronunciada hasta el final de dicha estación. La descarga se puede calcular con precisión utilizando la ecuación mencionada:

$$g_i = (e^{-a*30})^t$$

Donde:

g_i = Relación entre descarga y retención (primer mes de estación seca)

a = Coeficiente de agotamiento.

t = Número de orden de los meses de la estación seca

6.2.8. GASTO DE LA RETENCIÓN (G_i)

La determinación experimental de la contribución mensual de retención durante la estación seca se fundamenta en el análisis de datos históricos provenientes de la cuenca en estudio. Este proceso se rige por la siguiente expresión:



$$G_i = R * g_i$$

Donde:

G_i = Gasto de la retención (mm/mes)

R = Retención de la cuenca (mm/año)

g_i = Relación de descarga del mes actual y del mes anterior

$\sum g_i$ = Sumatoria de la relación de descarga del mes actual y del mes anterior

6.2.9. ABASTECIMIENTO DE LA RETENCIÓN (A_i)

La capacidad de almacenamiento hídrico en la cuenca durante las estaciones de lluvias se caracteriza por los coeficientes de abastecimiento, representados por los valores a_i . Estos coeficientes se expresan en porcentajes, y su suma total equivale al 100%, reflejando así la capacidad total de restitución de la cuenca. El cálculo de estos coeficientes es:

$$A_i = a_i * R$$

Donde:

A_i = Abastecimiento de la retención (mm/mes).

a_i = Coeficiente de abastecimiento (%).

R = Retención de la cuenca (mm/año).

El siguiente cuadro contiene los coeficientes de abastecimiento.

Zona	Coeficiente de abastecimiento						Total
	Mes						
	Ene	Feb	Mar	Oct	Nov	Dic	
Huangarapampa - Chaupimayo	40%	20%	0.50%	0%	5%	35%	100%

Fuente: Lutz Scholz. (1980). Generación de caudales mensuales en la sierra peruana – MERISS II

6.2.10. DETERMINACIÓN DEL CAUDAL MENSUAL PARA EL AÑO PROMEDIO (CM_i)

La ecuación fundamental que describe el balance hídrico mensual se basa en los componentes previamente mencionados:

$$CM_i = PE_i + G_i - A_i$$

Donde:

CM_i = Caudal del Mes i (mm/mes)



P_{ei} = Precipitación Efectiva del Mes i (mm/mes)

G_i = Gasto De La Retención del Mes i (mm/mes)

A_i = Abastecimiento del Mes i (mm/mes)

6.2.10.1. Generación de Caudales Mensuales para Períodos Extendidos

Ecuación general del modelo Markoviano:

$$Q_t = f(Q_{t-1})$$

La variable de impulso considerada la precipitación efectiva:

$$Q = g(PE_t)$$

Para mejorar la precisión y obtener una aproximación más realista de la situación, se introduce una variable aleatoria en el análisis.

$$Z = S(1 - R^2)^{1/2}Z_t$$

Finalmente, la ecuación integral para la generación de caudales mensuales combinando los componentes citados, se escribe.

$$Q_t = b_1 + b_2Q_{t-1} + b_3PE_t + S(1 - R^2)^{1/2}Z_t$$

Donde:

Q_t : Caudal del mes t (m^3/s)

Q_{t-1} : Caudal del mes anterior (m^3/s)

PE_t : Precipitación efectiva del mes t . (mm/mes)

B_1 : Factor constante.

$B_{2,3}$: Parámetros del modelo para el año promedio.

S : Desviación estándar de los residuos.

R^2 : Coeficiente de correlación múltiple.

Z_t : Número aleatorio normalmente distribuido (0,1) del año t .

La fase de generación implica la necesidad de un valor inicial, que puede ser adquirido mediante una de las siguientes opciones:

- Iniciar el proceso en el mes para el cual se cuenta con datos de caudal.
- Utilizar el caudal promedio de cualquier mes como valor inicial.



- Comenzar con un caudal inicial de cero, llevar a cabo el cálculo para un año y seleccionar el último valor obtenido como el valor inicial (Q0), sin tener en cuenta estos valores en el cálculo de los parámetros estadísticos del período generado.

6.2.11. PERSISTENCIA DE CAUDALES

$$P = \frac{m}{n+1}$$

Donde:

P = Probabilidad de excedencia

m = Número de orden de cada dato.

n = Número total de valores de la muestra.

A continuación se describe el procedimiento a seguir:

- Organizar los datos de caudales medios mensuales de mayor a menor para un mes específico.
- En una columna a la izquierda de los datos, asignar un número de orden a cada dato (m), desde 1 hasta n, donde n es el número total de valores en la muestra.
- Calcular la probabilidad utilizando la ecuación de Weibull en una columna a la derecha.
- Calcular los datos correspondientes a un análisis de persistencia del 75 % y 95 % de probabilidad en la columna de probabilidades. Si no se encuentra el valor exacto del 75 % y 95 %, realizar una interpolación con los valores adyacentes.

6.2.12. DEMANDA DE AGUA DE LOS CULTIVOS

La cantidad de agua necesaria para el cultivo, aportada mediante el riego o Demanda neta, se determina restando la cantidad de agua perdida por el conjunto suelo-planta (evapotranspiración) y una parte de la lluvia que puede ser utilizada por los cultivos (Precipitación Efectiva)

$$D_n = ET_a - PE - G_w - \Delta W$$

$$ET_a = ET_o * K_c$$

Donde:

D_n = Demanda neta (mm/día)

Pe = Precipitación efectiva (mm/día)

G_w = Aporte por capilaridad a la zona radicular (G_w ≅ 0).

ΔW = Agua que el suelo puede haber almacenado procedente de lluvias, riegos anteriores, etc. y que la planta puede ir agotando para satisfacer sus necesidades (ΔW ≅ 0).



ET_o = Evapotranspiración potencial (mm/día)

ET_a = Evapotranspiración real del cultivo (mm/día)

K_c = Coeficiente de cultivo

6.2.13.1. Balance Hídrico

$$B.H = (Disponibilidad\ de\ agua\ total) - (Demanda\ de\ agua\ total)$$

$$P = ET + \Delta HS + I + E$$

Donde:

P = Precipitación. (mm/día)

ET = Evapotranspiración. (mm/día)

ΔHS = Almacenamiento en el suelo (mm/día)

I = Infiltración de las capas profundas (mm/día)

E = Escorrentía (mm/día)

6.2.13. ANÁLISIS DE TORMENTAS

Para (Pérez, 2015), el análisis de tormentas está estrechamente vinculado con los cálculos o estudios previos al diseño de obras de ingeniería hidráulica. Esto incluye:

- Análisis de los drenajes tanto urbano como los de carretera.
- Identificación de caudales máximos que tienen que desviar por el aliviadero a una presa o al encause para que no se generen inundaciones.
- Identificación la luz de un puente.
- Conservar suelos

6.2.14.1. Elementos fundamentales en el análisis de tormentas

$$P(X \geq x) = \frac{1}{T}$$

$$T = \frac{1}{P(X \geq x)}$$

La definición anterior, permite indicar que la probabilidad de que x no ocurra en cualquier año; es decir, la probabilidad de ocurrencia de un evento $< x$, se expresa como:

$$P(X < x) = 1 - \frac{1}{T}$$



$$T = \frac{1}{1-P(X \geq x)}$$

Donde:

T = Período de retorno

P (X > x) = Probabilidad de excedencia

P (X < x) = Probabilidad de no excedencia

a. Análisis de riesgo (R)

Villón (2006), si asumimos que la no ocurrencia de un evento en un año específico es independiente de su no ocurrencia en años anteriores y posteriores, entonces la probabilidad de que el evento no ocurra en n años sucesivos, también conocida como confiabilidad, se define como:

$$\bar{P} * \bar{P} * \dots * \bar{P}^n = (1 - \frac{1}{T})^n$$

La probabilidad opuesta, es decir, la posibilidad de que el evento ocurra al menos una vez en n años consecutivos, se denomina riesgo o falla (R) y se expresa como:

$$R = 1 - (\bar{P})^n$$

$$R = 1 - (1 - \frac{1}{T})^n$$

Donde:

T = período de retorno

R = riesgo o fallas

n = vida útil del proyecto

6.2.14. ANÁLISIS DE DATOS DUDOSOS (OUTLIERS)

$$x_H = \bar{X} + K_n * S$$

$$x_L = \bar{X} - K_n * S$$

Donde:

X_H = Alto umbral atípico en unidades de registro

X_L = Bajo umbral atípico en unidades de registro

\bar{X} = Logaritmo medio de los picos sistemáticos (x's), excluyendo los eventos de inundación cero, los picos por debajo de la base del medidor y los valores atípicos detectados anteriormente.

S = desviación estándar de x's



K_N = valor K de la figura x para el tamaño de la muestra N

Cuadro 24: Valores K_n para la prueba de datos dudosos

Valores K_n para la prueba de datos dudosos							
Tamaño de muestra n	K_n	Tamaño de muestra n	K_n	Tamaño de muestra n	K_n	Tamaño de muestra n	K_n
10	2.036	24	2.467	38	2.661	60	2.837
11	2.088	25	2.486	39	2.671	65	2.866
12	2.134	26	2.502	40	2.682	70	2.893
13	2.175	27	2.519	41	2.692	75	2.917
14	2.213	28	2.534	42	2.700	80	2.940
15	2.247	29	2.549	43	2.710	85	2.961
16	2.279	30	2.563	44	2.719	90	2.981
17	2.309	31	2.577	45	2.727	95	3.000
18	2.335	32	2.591	46	2.736	100	3.017
19	2.361	33	2.604	47	2.744	110	3.049
20	2.385	34	2.616	48	2.753	120	3.078
21	2.408	35	2.628	49	2.760	130	3.104
22	2.429	36	2.639	50	2.768	140	3.129
23	2.448	37	2.650	55	2.804		

Fuente: U.S Water Resources Council. 1981. Esta tabla contiene valores de K_n de un lado con un nivel de significancia del 10% para la distribución normal

6.3. GENERACIÓN DE PRECIPITACIÓN EN LAS QUEBRADAS CONSIDERADAS

La generación de precipitación en las quebradas objeto de estudio se llevó a cabo después de obtener la ecuación de correlación. En este proceso, se estableció una correlación con estaciones cercanas que presentaran altitudes similares. Como resultado, las precipitaciones generadas se detallan en el cuadro siguiente:



Cuadro 25: Precipitación generada – Sicuani

Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1964	81.11	130.22	104.17	63.10	14.00	0.00	0.00	9.16	0.00	28.00	66.60	109.63	605.99
1965	79.06	190.74	78.03	36.34	0.00	0.00	3.60	0.00	15.23	24.40	28.41	184.87	640.68
1966	99.13	102.11	85.54	15.85	34.18	0.63	0.00	2.06	1.13	47.35	147.61	105.41	641.00
1967	106.23	153.58	284.11	39.01	14.41	1.03	11.63	3.09	57.13	26.76	13.48	82.66	793.13
1968	266.81	140.82	138.76	11.63	15.13	8.44	8.44	9.16	15.44	74.63	121.67	58.06	868.99
1969	129.19	165.42	92.54	42.82	0.00	2.26	10.54	4.22	3.29	33.25	79.88	135.47	689.88
1970	212.87	220.39	173.76	28.10	13.59	0.00	2.16	0.00	37.16	36.70	20.59	215.04	960.35
1971	161.20	302.43	107.77	24.91	8.23	0.05	0.00	0.10	0.15	10.19	16.47	141.23	772.75
1972	259.20	133.10	206.49	61.04	3.40	0.00	1.03	0.05	38.60	38.76	28.15	74.37	844.19
1973	270.62	197.95	175.30	108.55	6.90	1.75	3.71	4.53	27.69	7.26	67.94	107.05	979.24
1974	220.80	249.73	82.50	3.39	5.56	7.62	0.41	62.02	4.89	2.83	24.70	47.97	752.42
1975	195.94	232.84	156.16	30.73	28.93	4.01	0.10	0.03	5.90	60.89	13.18	201.34	930.05
1976	191.31	198.87	162.74	34.59	8.08	8.90	3.19	8.75	58.42	4.17	1.29	60.06	740.37
1977	58.42	285.75	148.95	4.43	3.91	0.00	2.21	0.00	27.07	35.41	113.90	97.43	777.48
1978	341.13	59.86	72.36	38.09	1.60	1.65	0.10	0.36	8.39	40.04	16.08	106.03	775.68
1979	133.97	73.65	145.71	26.04	1.29	0.00	30.09	2.78	0.31	50.34	75.50	122.65	635.33
1980	109.16	52.03	220.39	26.61	2.37	0.10	0.62	3.71	35.36	127.38	28.93	90.12	696.78
1981	258.83	263.52	69.28	57.44	6.12	0.05	0.00	48.43	33.66	49.00	54.30	117.35	957.98
1982	198.46	102.89	204.64	59.60	0.00	0.21	0.05	3.76	48.28	110.09	151.01	51.83	930.81
1983	74.53	120.75	84.25	40.30	8.49	1.44	0.93	0.10	24.55	37.37	1.80	56.92	451.43
1984	287.50	275.05	339.18	56.87	4.07	7.98	1.49	7.10	0.36	119.66	158.42	195.73	1453.42
1985	50.49	212.36	130.47	17.93	12.51	16.78	0.00	10.09	21.87	11.43	77.10	182.40	833.43
1986	216.48	205.77	228.73	125.89	11.58	0.00	0.00	27.33	18.37	11.07	27.54	213.54	1086.29
1987	260.02	56.26	6.65	22.65	1.24	2.37	230.57	13.64	0.98	38.04	20.28	41.79	517.46
1988	278.96	148.18	218.12	106.28	3.50	0.00	0.00	0.00	2.16	18.73	7.77	76.59	860.30
1989	200.01	159.35	162.54	44.73	29.59	11.89	0.31	12.56	1.03	11.12	16.37	30.62	680.10
1990	179.16	58.00	8.23	40.51	18.32	35.87	0.41	7.57	9.06	71.44	110.55	187.60	796.73
1991	157.91	199.90	172.63	32.84	14.57	25.01	1.24	0.05	6.07	26.09	85.64	78.49	800.44
1992	99.33	104.48	42.82	3.71	0.10	7.67	1.75	63.00	4.99	35.20	23.98	98.92	485.97
1993	244.01	75.04	144.94	11.96	6.23	6.90	0.41	15.80	14.31	47.45	131.14	134.85	923.04
1994	305.36	232.74	109.68	44.93	8.18	0.10	0.00	0.00	9.47	9.21	40.97	132.38	893.03
1995	135.16	153.17	256.47	40.09	4.07	0.00	0.15	2.32	16.98	16.88	44.06	134.49	803.83
1996	228.67	266.25	87.60	70.10	5.15	4.12	0.05	9.16	11.89	9.68	35.62	127.33	855.61
1997	251.78	211.38	151.88	21.26	8.54	0.00	0.00	44.11	57.95	9.78	59.19	129.24	945.12
1998	228.78	143.91	104.33	15.18	0.00	1.80	0.00	0.21	0.10	18.01	45.40	132.99	690.71
1999	164.29	255.18	175.25	48.02	9.21	0.00	0.15	0.10	33.15	38.19	19.97	146.69	890.20
2000	254.87	240.62	209.12	13.64	20.38	4.22	0.62	17.91	3.04	88.47	25.73	119.87	998.49
2001	320.13	316.74	217.66	94.60	18.27	0.15	18.58	8.03	10.04	10.65	9.47	84.31	1108.63
2002	148.13	258.47	182.56	93.36	10.40	5.76	17.40	0.10	18.89	53.73	103.91	114.26	1006.98
2003	137.63	179.11	228.11	43.44	9.37	4.63	0.00	2.42	17.91	19.30	40.45	137.52	819.89
2004	292.44	147.51	107.67	58.47	1.85	3.60	24.60	18.63	11.22	9.16	14.72	55.89	745.78
2005	132.99	203.40	168.51	76.59	0.21	0.00	0.00	0.41	7.82	15.29	23.16	200.21	828.59
2006	279.17	163.98	212.67	59.81	1.34	5.04	0.00	0.87	19.20	64.95	95.89	109.01	1011.92
2007	199.03	155.85	165.63	37.21	11.53	0.05	3.19	0.00	13.59	19.25	71.59	138.30	815.21
2008	228.67	153.32	87.65	2.52	0.93	0.00	0.82	0.05	0.10	37.06	8.39	152.35	671.87
2009	129.44	176.23	134.44	76.28	11.22	0.00	10.60	0.00	12.40	16.11	72.06	64.64	703.42
2010	241.90	170.98	83.89	44.78	6.18	0.05	0.41	0.05	2.68	27.95	2.83	138.45	720.15
2011	247.31	283.80	129.39	75.86	4.63	0.00	3.60	7.05	11.84	10.76	34.43	149.00	957.67
2012	210.04	310.87	137.32	81.83	2.37	2.88	0.36	0.00	37.47	12.20	21.21	248.13	1064.68
2013	131.99	200.42	153.17	6.60	9.80	16.47	2.26	13.69	0.21	59.09	36.88	75.21	705.78
2014	158.99	65.48	147.11	49.43	1.05	0.00	80.66	2.29	69.48	54.12	37.79	30.90	625.29
2015	147.52	260.43	135.27	58.39	3.09	0.00	8.65	18.53	37.88	21.01	23.28	93.29	807.33
2016	70.10	307.37	119.30	94.50	8.13	16.68	5.25	12.46	0.00	39.94	21.82	120.13	815.67
2017	231.92	164.90	186.62	76.07	51.47	0.00	2.60	8.42	27.59	45.09	39.01	167.48	997.05
2018	225.33	225.02	238.61	54.35	25.53	17.90	33.35	10.81	1.75	52.70	27.59	122.80	1034.93
2019	352.87	264.24	270.93	23.26	0.00	0.27	0.19	0.00	17.50	32.01	84.72	150.39	1196.37
2020	198.36	116.70	207.19	66.51	3.06	0.37	1.67	3.76	0.64	33.70	33.51	92.95	758.41
2021	256.27	114.48	150.00	28.15	8.35	1.13	0.34	4.13	5.35	27.61	20.78	99.86	716.45
Promedio	195.36	182.99	153.55	49.85	9.00	4.09	3.72	8.63	16.86	35.98	50.25	118.52	828.81
Max	352.87	316.74	339.18	125.89	51.47	35.87	33.35	63.00	69.48	127.38	158.42	248.13	
Min	50.49	52.03	36.65	2.52	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.83	1.29	30.62	
Desv.	75.06	72.48	62.62	29.61	9.70	6.96	6.91	14.14	17.39	27.56	41.05	49.43	



Cuadro 26: Precipitación generada – Espinar

Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1964	78.89	126.64	101.32	61.37	13.62	0.00	0.00	8.91	0.00	27.23	64.77	106.62	589.37
1965	76.89	185.51	75.89	35.34	0.00	0.00	3.50	0.00	14.82	23.73	27.63	179.80	623.11
1966	96.41	99.31	83.19	15.42	33.24	0.61	0.00	2.00	1.10	46.05	143.56	102.52	623.42
1967	103.32	149.37	276.31	37.94	14.02	1.00	11.31	3.00	55.56	26.03	13.11	80.39	771.38
1968	259.50	136.96	134.95	11.31	14.72	8.21	8.21	8.91	15.02	72.58	118.33	56.46	845.16
1969	125.64	160.88	90.00	41.65	0.00	2.20	1.50	4.10	3.20	32.34	77.69	131.75	670.96
1970	207.04	214.34	168.99	27.33	13.22	0.00	2.10	0.00	36.14	35.69	20.02	209.14	934.01
1971	156.78	294.13	104.82	24.23	8.01	0.05	0.00	0.10	0.15	9.91	16.02	137.36	751.56
1972	252.09	129.45	200.83	59.37	3.30	0.00	1.00	0.05	37.54	37.69	27.38	72.33	821.03
1973	263.20	192.52	170.49	105.57	6.71	1.70	3.60	4.41	26.93	7.06	66.08	104.12	952.38
1974	214.74	242.88	80.24	42.20	5.41	7.41	0.40	60.32	4.76	2.75	24.03	46.65	731.78
1975	190.57	226.46	151.87	29.88	28.13	3.90	0.10	0.03	5.74	59.22	12.81	195.82	904.54
1976	186.06	193.42	158.28	33.64	7.86	8.66	3.10	8.51	56.81	4.05	1.25	58.42	720.07
1977	56.81	277.92	144.86	4.30	3.80	0.00	2.15	0.00	26.33	34.44	110.78	94.76	756.16
1978	331.78	58.22	70.38	37.04	1.55	1.60	0.10	0.35	8.16	38.94	103.17	103.12	754.41
1979	130.30	71.63	141.71	25.33	1.25	0.00	3.00	2.70	0.30	48.96	73.43	119.29	617.90
1980	106.17	50.61	214.34	25.88	2.30	0.10	0.60	3.60	34.39	123.89	28.13	87.65	677.67
1981	251.74	256.29	67.38	55.86	5.96	0.05	0.00	47.10	32.74	47.65	52.81	114.13	931.71
1982	193.02	100.06	199.03	57.97	0.00	0.20	0.05	3.65	46.95	107.07	146.87	50.41	905.28
1983	72.48	117.43	81.94	39.19	8.26	1.40	0.90	0.10	23.88	36.34	1.75	55.36	439.05
1984	279.62	267.50	329.88	55.31	3.95	7.76	1.45	6.91	0.35	116.38	154.08	190.37	1413.56
1985	49.11	206.54	126.89	104.97	12.16	16.32	0.00	9.81	21.27	11.11	74.99	177.40	810.57
1986	210.54	200.13	222.45	122.44	11.26	0.00	0.00	26.58	17.87	10.76	26.78	207.69	1056.50
1987	252.89	54.71	35.64	22.03	1.20	2.30	22.93	13.27	0.95	36.99	19.72	40.65	503.27
1988	271.31	144.11	212.14	103.37	3.40	0.00	0.00	0.00	2.10	18.22	7.56	74.48	836.70
1989	194.52	154.98	158.08	43.50	28.78	11.56	0.30	12.21	1.00	10.81	15.92	29.78	661.45
1990	174.25	56.41	76.09	39.39	17.82	34.89	0.40	7.36	8.81	69.48	107.52	182.46	774.88
1991	153.57	194.42	167.89	31.94	14.17	24.33	1.20	0.05	5.91	25.38	83.29	76.34	778.49
1992	96.61	101.62	41.65	3.60	0.10	7.46	1.70	61.27	4.86	34.24	23.33	96.21	472.64
1993	237.32	72.98	140.96	99.16	6.06	6.71	0.40	15.37	13.92	46.15	127.55	131.15	897.72
1994	296.99	226.36	106.67	43.70	7.96	0.10	0.00	0.00	9.21	8.96	39.85	128.75	868.54
1995	131.45	148.97	249.43	38.99	3.95	0.00	0.15	2.25	16.52	16.42	42.85	130.80	781.79
1996	222.40	258.94	85.20	68.18	5.01	4.00	0.05	8.91	11.56	9.41	34.64	123.84	832.15
1997	244.88	205.58	147.72	20.67	8.31	0.00	0.00	42.90	56.36	9.51	57.57	125.69	919.20
1998	222.50	139.96	101.47	14.77	0.00	1.75	0.00	0.20	0.10	17.52	44.15	129.35	671.76
1999	159.78	248.18	170.44	46.70	8.96	0.00	0.15	0.10	32.24	37.14	19.42	142.66	865.79
2000	247.88	234.02	203.38	13.27	19.82	4.10	0.60	17.42	2.95	86.05	25.03	116.58	971.11
2001	311.35	308.05	211.69	92.00	17.77	0.15	18.07	7.81	9.76	10.36	9.21	81.99	1078.23
2002	144.06	251.39	177.55	90.80	10.11	5.61	16.92	0.10	18.37	52.26	101.07	111.13	979.36
2003	133.85	174.20	221.85	42.25	9.11	4.51	0.00	2.35	17.42	18.77	39.34	133.75	797.41
2004	284.42	143.46	104.72	56.86	1.80	3.50	23.93	18.12	10.91	8.91	14.32	54.36	725.33
2005	129.35	197.83	163.89	74.48	0.20	0.00	0.00	0.40	7.61	14.87	22.53	194.72	805.87
2006	271.51	159.48	206.84	58.17	1.30	4.91	0.00	0.85	18.67	63.17	93.26	106.02	984.17
2007	193.57	151.57	161.08	36.19	11.21	0.05	3.10	0.00	13.22	18.72	69.63	134.50	792.85
2008	222.40	149.12	85.25	2.45	0.90	0.00	0.80	0.05	0.10	36.04	8.16	148.17	653.44
2009	125.89	171.40	130.75	74.18	10.91	0.00	10.31	0.00	12.06	15.67	70.08	62.87	684.13
2010	235.27	166.29	81.59	43.55	6.01	0.05	0.40	0.05	2.60	27.18	2.75	134.65	700.40
2011	240.52	276.01	125.84	73.78	4.51	0.00	3.50	6.86	11.51	10.46	33.49	144.91	931.41
2012	204.28	302.34	133.55	79.59	2.30	2.80	0.35	0.00	36.44	11.86	20.62	241.32	1035.48
2013	128.37	194.92	148.97	6.42	9.53	16.02	2.20	13.32	0.20	57.47	35.87	73.14	686.42
2014	154.63	63.68	143.07	48.07	1.02	0.00	8.42	2.22	67.58	52.64	36.75	30.05	608.14
2015	143.47	253.29	131.56	56.78	3.00	0.00	8.41	18.02	36.84	20.43	22.65	90.73	785.19
2016	68.18	298.94	116.03	91.90	7.91	16.22	5.11	12.11	0.00	38.84	21.22	116.83	793.30
2017	225.56	160.38	181.51	73.98	50.06	0.00	2.60	4.10	26.83	43.85	37.94	162.89	969.70
2018	219.15	218.85	232.06	52.86	24.83	16.62	32.44	10.51	1.70	51.26	26.83	119.44	1006.55
2019	343.19	256.99	263.50	22.63	0.00	0.26	0.18	0.00	17.02	31.14	82.39	146.27	1163.56
2020	192.92	113.50	201.51	64.68	2.97	0.36	1.62	3.65	0.62	32.78	32.59	90.40	737.61
2021	249.24	111.34	145.89	27.38	8.12	1.10	0.33	4.01	5.21	26.85	20.21	97.12	696.80
Promedio	190.00	177.97	149.34	48.48	8.76	3.97	3.62	8.40	16.40	35.00	48.88	115.27	806.08
Max	343.19	308.05	329.88	122.44	50.06	34.89	32.44	61.27	67.58	123.89	154.08	241.32	
Min	49.11	50.61	35.64	2.45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.75	1.25	29.78	
Desv.	71.75	70.08	60.89	29.41	7.66	6.69	5.80	14.52	17.26	28.38	41.57	50.38	



6.4. MODELAMIENTO HIDROLOGICO LUTZ SCHOLZ

6.5.1. Caudales generados en las subcuencas en estudio

Se emplearon los datos de precipitación mensual de la estación meteorológica Espinar, los cuales se presentan en la tabla siguiente, junto con los parámetros físicos de las microcuencas en análisis, con el fin de generar caudales en dichas microcuencas. Estos caudales fueron modelados utilizando el enfoque de Lutz Scholz.

Cuadro 27: Coordenadas de la generación de caudales – Sicuani

Sicuani	UTM – WGS 84 ZONA 19S		
	Este	Norte	Altitud
	212628.00	8383173.00	4271.00

Cuadro 28: Características generales de la subcuenca

Área de la cuenca (A)	21.06	Km ²
Altitud Media de la cuenca (H)	4,670	m.s.n.m.
Pendiente Media cauce principal	0.092	m/m
Precipitación Media Anual (P)	828.81	mm
Temperatura Media Anual (T)	3.28	°C
Coefficiente de Escorrentía (C)	0.58	
Coefficiente de Agotamiento (a)	0.022	
Relación de Caudales (b ₀) (30 días)	0.512	
Área de lagunas y acuíferos	0.400	Km ²
Gasto Mensual de Retención (R)	75.0	mm/año

Cuadro 29: Generación de Caudales para el año promedio – Microcuenca Sicuani

Generación de caudales medios mensuales para el año promedio											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Mes	Nº días	Precipitación mensual				Contribución de la retención				Caudales generados (CMI)	
		Precipitación		Precipitación efectiva		Retención		Abastecimiento		mm/mes	m ³ /s
		Total	PE II	PE III	PE	g _i	Gi	a _i	A _i		
mm/mes	mm/mes	mm/mes	mm/mes	mm/mes	mm/mes	mm/mes	mm/mes	mm/mes	mm/mes	mm/mes	mm/mes
Enero	31	195.36	108.43	139.94	142.71			0.400	30.00	112.71	0.886
Febrero	28	182.99	96.55	126.16	128.76			0.200	15.00	113.76	0.990
Marzo	31	153.55	67.13	96.27	98.83			0.005	0.38	98.45	0.774
Abril	30	49.85	5.85	12.38	12.95	0.51	38.393			51.34	0.417
Mayo	31	9.00	1.05	1.83	1.90	0.262	19.653			21.55	0.169
Junio	30	4.09	0.50	0.89	0.92	0.134	10.061			10.98	0.089
Julio	31	3.72	0.45	0.81	0.84	0.069	5.150			5.99	0.047
Agosto	31	8.63	1.01	1.76	1.83	0.035	2.636			4.46	0.035
Septiembre	30	16.86	1.82	3.25	3.38	0.018	1.350			4.73	0.038
Octubre	31	35.98	3.76	7.55	7.89	0.009	0.691			8.58	0.067
Noviembre	30	50.25	5.93	12.54	13.13			0.050	3.75	9.38	0.076
Diciembre	31	118.52	36.59	62.11	64.36			0.350	26.25	38.11	0.300
Año		828.81	329.07	465.48	477.49	1.039	77.933	1.0	75.38	480.05	3.890
Coefficientes		0.58	-0.08800	1.08800	1.0						

Cuadro 30: Calculo de los coeficientes de correlación múltiple para el año promedio



Mes	Qt-1	PE	Qt
Enero	38.11	142.71	112.71
Febrero	112.71	128.76	113.76
Marzo	113.76	98.83	98.45
Abril	98.45	12.95	51.34
Mayo	51.34	1.90	21.55
Junio	21.55	0.92	10.98
Julio	10.98	0.84	5.99
Agosto	5.99	1.83	4.46
Septiembre	4.46	3.38	4.73
Octubre	4.73	7.89	8.58
Noviembre	8.58	13.13	9.38
Diciembre	9.38	64.36	38.11

Regresión Lineal Múltiple

Coefficiente de correlación múltiple	0.9937			
Coefficiente de determinación R ²	0.9875		<i>Coefficientes</i>	
Error típico	5.4106	Intercepción	1.6477	
Observaciones	12	Qt-1	0.3501	
Ecuación	Y = 1.6477 + 0.3501 * (X1) + 0.6119 * (X2)		PE	0.6120

6.5. DEMANDA HIDRICA

Para el cálculo de la demanda de agua de uso agrícola se han tomado en consideración los siguientes parámetros:

6.6.1. Área a regar Con Proyecto

Cuadro 31: Hectáreas a regar

Nº	Sector riego	Áreas (ha) Con Proyecto
1	Pumahuasi	440
2	Oquebamba	675
Total (ha)		1115

6.6.2. Cédula de Cultivos y Calendario de siembra

La combinación de los cultivos para la estructuración de las cédulas de cultivos tiene en cuenta las fechas de siembra y cosecha, el periodo vegetativo y el tipo de cultivo.



Cuadro 32: Área a cultivar

Cultivos	Sector Pumahuasi			Sector Oquebamba			
	Con Proyecto			Con Proyecto			
	1era Campaña	2da Campaña		1era Campaña	1era Campaña		
Rey Grass	40	0	40	Rey Grass	50	0	50
Trébol	25	0	25	Trébol	40	0	40
Dactylis	25	0	25	Dactylis	30	0	30
Avena	190	0	190	Avena	305	0	305
Alfalfa	60	0	60	Alfalfa	70	0	70
Papa "Chacra"	50	0	50	Papa "chacra"	90	0	90
Quinua	50	0	50	Quinua	90	0	90
Total	440	0	440	Total	440	0	440

Cuadro 33: Calendario de siembra – Sector Huangarapampa - Chaupimayo

	Sector Huangarapampa											
	Área a regar (ha)											
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
Rey Grass	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00
Trébol	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00
Dactylis	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00
Avena	190.00	190.00	190.00							190.00	190.00	190.00
Alfalfa	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00
Papa "Chacra"	50.00	50.00	50.00	50.00					50.00	50.00	50.00	50.00
Quinua	50.00	50.00	50.00						50.00	50.00	50.00	50.00
Total	440.00	440.00	440.00	200.00	150.00	150.00	150.00	150.00	250.00	440.00	440.00	440.00
	1er Campaña									Permanente		

Cuadro 34: Conversión de la precipitación efectiva

	Sector Chaupimayo											
	Área a regar (ha)											
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
Rey Grass	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00
Trébol	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00
Dactylis	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00
Avena	305.00	305.00	305.00							305.00	305.00	305.00
Alfalfa	70.00	70.00	70.00	70.00	70.00	70.00	70.00	70.00	70.00	70.00	70.00	70.00
Papa "Chacra"	90.00	90.00	90.00	90.00					90.00	90.00	90.00	90.00
Quinua	90.00	90.00	90.00						90.00	90.00	90.00	90.00
Total	675.00	675.00	675.00	280.00	190.00	190.00	190.00	190.00	370.00	675.00	675.00	675.00
	1er Campaña									Permanente		



Cuadro 35: Resumen de eficiencias de riego

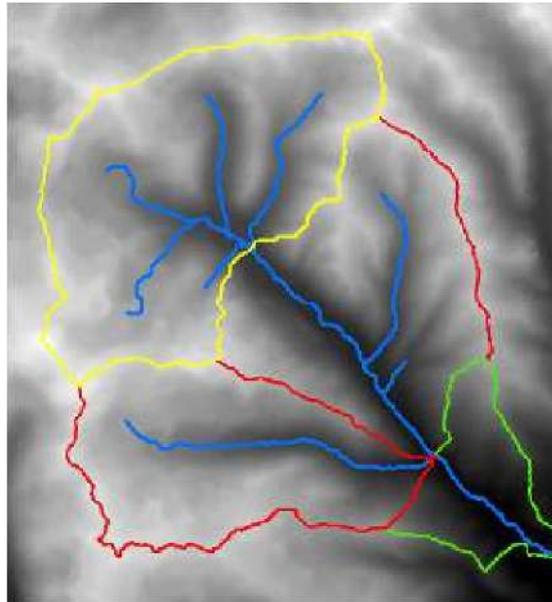
Precipitación Efectiva - Método USDA S.C.			
Mes	Precipitación Promedio (mm/mes)	Precipitación Efectiva (mm/mes)	Precipitación Efectiva (m ³ /mes/ha)
Enero	195.36	134.30	1343.00
Febrero	182.99	129.40	1294.00
Marzo	153.55	115.90	1159.00
Abril	49.85	45.90	459.00
Mayo	9.00	8.90	89.00
Junio	4.09	4.10	41.00
Julio	3.72	3.70	37.00
Agosto	8.63	8.50	85.00
Septiembre	16.86	16.40	164.00
Octubre	35.98	33.90	339.00
Noviembre	50.25	46.20	462.00
Diciembre	118.52	96.00	960.00
TOTAL	828.81	643.20	6432.00

Cuadro 36: Generación de caudales medios mensuales para el año promedio

Descripción	Con Proyecto	
	Gravedad	Aspersión
Eficiencia Conducción	95.00 %	95.00 %
Eficiencia Distribución	80.00 %	80.00 %
Eficiencia Aplicación	50.00 %	75.00 %
Eficiencia de Riego	38.00 %	57.00 %

Imagen 1: Sub dividir la microcuenca de Huangarapampa – Chaupimayo

Generación de caudales medios mensuales para el año promedio												
Mes	Nº días	Precipitación mensual				Contribución de la retención				Caudales		
		Precipitación total	Precipitación efectiva			Retención		Abastecimiento		Generados (CMi)	mm/mes	m ³ /s
			PE II	PE III	PE	gi	Gi	ai	Ai			
Enero	31	195.36	108.43	139.94	142.71			0.400	30.00	112.71	0.886	
Febrero	28	182.99	96.55	126.16	128.76			0.200	15.00	113.76	0.990	
Marzo	31	153.55	67.13	96.27	98.83			0.005	0.38	98.45	0.774	
Abril	30	49.85	5.85	12.38	12.95	0.51	38.393			51.34	0.417	
Mayo	31	9.00	1.05	1.83	1.90	0.262	19.653			21.55	0.169	
Junio	30	4.09	0.50	0.89	0.92	0.134	10.061			10.98	0.089	
Julio	31	3.72	0.45	0.81	0.84	0.069	5.150			5.99	0.047	
Agosto	31	8.63	1.01	1.76	1.83	0.035	2.636			4.46	0.035	
Septiembre	30	16.86	1.82	3.25	3.38	0.018	1.350			4.73	0.038	
Octubre	31	35.98	3.76	7.55	7.89	0.009	0.691			8.58	0.067	
Noviembre	30	50.25	5.93	12.54	13.13			0.050	3.75	9.38	0.076	
Diciembre	31	118.52	36.59	62.11	64.36			0.350	26.25	38.11	0.300	
Año		828.81	329.07	465.48	477.49	1.039	77.933	1.0	75.38	480.05	3.890	
Coefficientes escurrentia		0.58	-0.08800	1.08800	1.0							



6.6.3. PARAMETROS PRINCIPALES

Área de la cuenca: $A = 21.06 \text{ Km}^2$

Altitud media de la cuenca $H = 4670 \text{ m.s.n.m.}$

Pendiente Media Cauce Principal: $S = 0.092 \text{ m/m}$

Temperatura Media Anual: $T = 11.86 \text{ C}^\circ$

Coefficiente de escorrentía (según ec. 36): $C = 0.38$

Coefficiente de Agotamiento (según ec 50): $a = 0.022$

Relación de Caudales primeros 30 días (según ec 51) $bo = 0.512$

Gasto mensual de retención: $R = 75.0 \text{ mm/año}$

CAPITULO VII

GEOTECNIA

6.6. GENERALIDADES

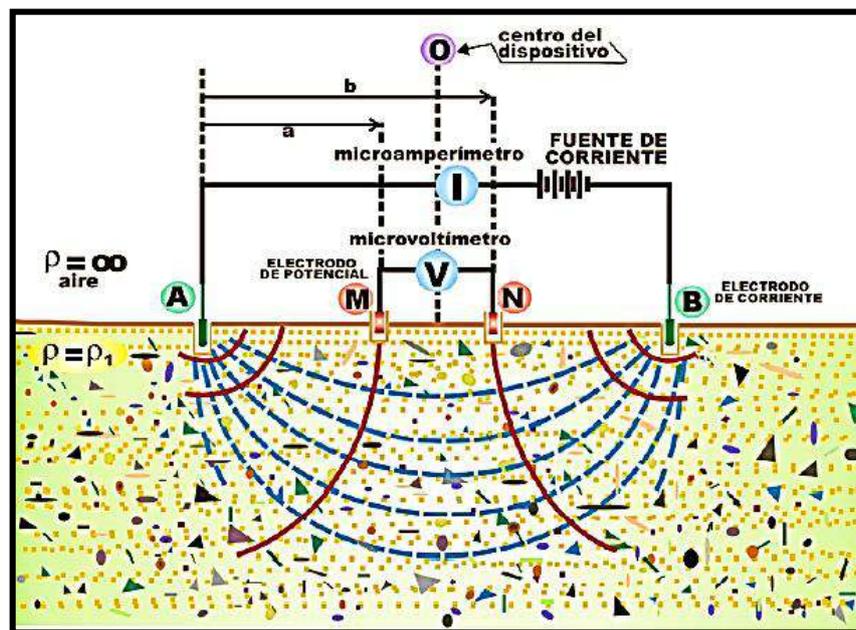
6.7. INVESTIGACIONES GEOTECNICAS REALIZADAS

6.2.1. SONDAJES ELECTRICOS VERTICALES (SEVs)

Los Sondeos Eléctricos Verticales (SEVs) constituyen una técnica geofísica de exploración que se destaca por analizar las variaciones en resistividad y conductividad eléctrica de rocas y suelos. Esta metodología se basa en la medición de la resistividad aparente (ρ_a), la cual varía según la composición del material y su contenido de agua o sales disueltas en las fracturas de las rocas o en la porosidad del suelo.

En un sentido práctico, el SEV se fundamenta en la resistividad de los materiales, midiendo la dificultad del flujo de corrientes características de cada uno, dependiendo de sus propiedades físicas y químicas.

Figura 4: Configuración Del Método Schlumberger



Dónde:

ρ_a = Resistividad Aparente (ohmio-metro)

DV = Diferencia de potencial (Voltio)

I = Intensidad de corriente (Amperios)

K = Coeficiente geométrico



AB = Electrodo de corriente

MN = Electrodo de potencial

En la figura anterior se presenta cuadripolo clásico, representado por los polos alineados simétricamente como AB y MN con el punto central O, forma la estación SEV (Sondeo Eléctrico Vertical). Se despliega un campo de corriente y potencial en el subsuelo homogéneo, sobre el cual se llevan a cabo los análisis geoelectrónicos para comprender la estratigrafía del subsuelo en el eje de la presa proyectada y el vaso de la presa.

6.2.2. ESCAVACION DE CALICATAS

En el proceso de evaluación de las condiciones de cimentación del dique, obras de arte, canales y materiales de préstamo, se realizó un programa de investigaciones básicas, incluyendo calicatas para obtener información directa e indirecta sobre las características geotécnicas del subsuelo de la cimentación.

Cuadro 37: Programa de trabajos realizados

TRABAJOS REALIZADOS	
DESCRIPCION	NUMERO DE CALICATAS
EJE DE PRESA	3
VASO DE LA PRESA	8
CANAL IZQUIERDO SUYKUTAMBO	11
CANAL DERECHO SUYKUTAMBO	3
CANTERAS	3

Foto 44: Calicata de vaso de presa



6.2.3. ENSAYOS DE PERMEABILIDAD

Se ejecutaron ensayos de permeabilidad tipo Lefranc variable en las calicatas del eje de presa, vaso y obras de arte siempre y cuando las condiciones hidrogeológicas lo permitieron, cabe decir en los lugares donde el nivel freático no fue encontrado, los resultados son mostrados más adelante.

Foto 45: Ensayo de permeabilidad tipo Lefranc variable





6.2.4. ENSAYOS DE PENETRACION ESTANDAR (SPT)

Los ensayos de penetración estándar (SPT) son otra herramienta utilizada, contando el número de golpes necesarios para introducir una cuchara robusta a una profundidad determinada. Este método, aplicado en suelos cohesivos y granulares, proporciona muestras naturalmente alteradas y se llevó a cabo en la bocatoma Chillutira, empleando un penetrómetro normalizado con un peso de masa de 63.5 kilogramos y una altura de caída libre de 76 centímetros.

6.2.5. TRABAJOS DE LABORATORIO

En cuanto a los trabajos de laboratorio, se han enfocado en determinar las características de los materiales obtenidos en el campo y en cada prospección. Estos ensayos se han realizado en muestras perturbadas, siguiendo las recomendaciones de la American Society of Testing and Materials (ASTM).

a. ENSAYOS FÍSICO-MECÁNICOS DE SUELOS PROYECTADOS

Los ensayos físico-mecánicos efectuados a las muestras, acordes a las Normas de la ASTM y a los requerimientos del estudio, corresponden a los siguientes:

- Análisis Granulométrico por tamices (ASTM D-422)
- Corte directo (ASTM D-3080-72)
- Límite Líquido (ASTM D-4318)
- Consolidación (ASTM D-2435-80)
- Límite de consistencia (ASTM D-4318-84)
- Humedad (ASTM D-2216)
- Clasificación de Suelos (ASTM D-2487)
- Pesos específicos ASTM –C 29
- Densidad de campo (ASTM D-4718)
- Abrasión o Prueba de los Ángeles ASTM C-131; ASTM C-535
- Intemperismo método del Sulfato de Sodio (ASTM C-88)
- Ensayos Proctor Estándar y Modificado (ASTM D-1557); (ASTM D-698)
- Ensayos de agregados para concretos ASTM C-A36

b. ENSAYOS FÍSICO-MECÁNICOS DE ROCAS PROYECTADOS

Los ensayos físico-mecánicos efectuados a las muestras, acordes a las Normas de la ASTM y a los requerimientos del estudio, corresponden a los siguientes:

- Abrasión o Prueba de los Ángeles ASTM C-131; ASTM C-535
- Durabilidad método del Sulfato de Sodio (ASTM C-88)
- Ensayos de compresión uniaxial (ASTM D-2938)



- Ensayos de propiedades físicas (ASTM)

c. ENSAYOS QUÍMICOS

En la planificación de las cimentaciones, se ha dado especial atención a los elementos estructurales que estarán en contacto directo con el suelo. Este enfoque responde a la necesidad de garantizar que las estructuras no se vean afectadas por agentes químicos perjudiciales. Con el objetivo de evaluar la posible presencia de situaciones agresivas, se han llevado a cabo ensayos químicos detallados.

Los ensayos se han orientado específicamente a la determinación del porcentaje de sales presentes en el suelo. La presencia de sales en niveles que excedan las especificaciones podría generar agresividad tanto para el concreto como para el fierro utilizado en la construcción. Los ensayos realizados abarcan los siguientes aspectos:

- Sales Solubles Totales (ASTM D-1889)
- Contenido de Sulfatos (ASTM D-516)
- Contenido de Cloruros (ASTM D-512)

6.8. RESULTADOS DE ESTUDIOS GEOTECNICOS

Los estudios geotécnicos se basaron en 2 alternativas, la primera implica la construcción de una represa, una bocatoma en el sector de Chillutira y 2 canales principales, la segunda alternativa excluye la construcción de la represa y evalúa la construcción de la bocatoma principal y 2 canales principales al igual que en la alternativa 1.

Dentro de los estudios también se considera la evaluación de las canteras de geomateriales como: cantera de agregados, cantera de rocas, cantera para relleno y la fuente de agua.

Por motivos de entendimiento se hace una evaluación conjunta de las alternativas y se divide el presente ítem en 3 partes:

- Estudio geotécnico en la presa proyectada.
- Estudio geotécnico de la línea de conducción.
- Estudio geotécnico de canteras.

6.3.1. ESTUDIO GEOTECNICO EN LA PRESA PROYECTADA

El estudio geotécnico a nivel de perfil nos brinda la información necesaria para discriminar las condiciones geotécnicas del proyecto pero no es 100% definitivo ya que es necesario un estudio detallado de las estructuras proyectadas, en tal sentido es importante las exploraciones con refracción sísmica, sondajes eléctricos verticales y/o tomografías eléctricas, perforaciones diamantinas y los respectivos ensayos geotécnicos que ellos conllevan como, permeabilidad en suelos y rocas, ensayos de SPT desde los 0 metros, muestreo con tubería Shelby, obtención de muestras a profundidades donde no es posible acceder con calicatas, etc., en tal sentido, la metodología empleada para llevar a



cabo el presente estudio se centró principalmente en investigaciones de campo a lo largo del eje de la presa y su embalse. Se llevaron a cabo prospecciones de exploración mediante sondajes eléctricos verticales (SEVs) y calicatas a cielo abierto, con el objetivo de obtener muestras representativas en cantidad suficiente. Estas muestras fueron sometidas a ensayos de laboratorio de mecánica de suelos. Posteriormente, los datos recopilados en ambas fases fueron analizados en labores de gabinete, culminando en la presentación de los resultados del estudio de manera gráfica y escrita.

Parte integral de los estudios realizados en este perfil se centran en la evaluación de los tendidos eléctricos, llevados a cabo tanto en el eje de la presa como en el vaso de la misma. En total, se realizaron 8 puntos de sondajes eléctricos verticales, distribuidos en 3 puntos a lo largo del eje y 5 puntos en el vaso. El objetivo principal de esta fase fue caracterizar las condiciones geofísicas del subsuelo en la zona proyectada para la presa Huangarapampa.

Las excavaciones se llevaron a cabo de forma manual, utilizando herramientas como pico, pala y barreta. Este enfoque permitió una visualización directa de la conformación y estado de los estratos subterráneos. Aunque este método ofrece ventajas notables, su limitación radica en la profundidad que puede alcanzarse.

En cuanto a las calicatas, se obtuvieron muestras disturbadas a profundidades que oscilan alrededor de los 3.00 metros. En algunos casos, se logró alcanzar el nivel freático, proporcionando información valiosa sobre las condiciones hidrogeológicas de la zona de estudio.

La descripción geológica de campo ha sido realizada obedeciendo el procedimiento de la norma ASTM D-2488, recomendada para descripción de suelos, estas son anexadas al presente informe.

En el vaso de presa se han efectuado 8 calicatas de reconocimiento con profundidades variables desde 1.70, 1.80, 2.00 2.50 y 3.00 metros, en el caso de las calicatas que no llegaron a los 3 metros de profundidad se debió a la presencia de nivel freático y/o bolonería de tamaño mayor que impide profundizar.

En base a la excavación de calicatas se estableció las condiciones de cimentación para el dique proyectado.

A continuación, se muestran los resultados obtenidos de los estudios geotécnicos realizados en la presa proyectada.

6.3.1.1. SONDAJES ELECTRICOS VERTICALES

a. INSTRUMENTOS PARA EL LEVANTAMIENTO GEOFISICO

El equipo que se utilizó para el levantamiento de los SEV:

- RESISTIVÍMETRO SYSCAL PRO
- Electrodo de Acero



- Cables de Corriente # 14 de 200m c/u
- Baterías de 12V
- Combas
- Multitester
- Flexo metro 50m

b. PARAMETROS DE SEV

El levantamiento se realizó empleando los siguientes parámetros:

Cuadro 38: Cuadro Parámetros De SEV

PARÁMETRO	DESCRIPCIÓN
Configuración	Schlumberger
Espaciamiento entre Electrodos	Según arreglo
Stacks min/max	4 – 8
Quality factor	2
Reading	Promedio
Voltaje	Asignado
Número de Mediciones por lectura	2

c. PROCEDIMIENTO DE TRABAJO DE CAMPO

Reconocimiento de la Zona de Estudio: La fase inicial del trabajo de campo implica llevar a cabo un minucioso análisis visual de las características del terreno. Durante este proceso, se evalúa la accesibilidad y se identifican posibles riesgos o peligros que podrían surgir. El objetivo de esta etapa es optimizar y, en algunos casos, replantear la ubicación y dirección de las líneas de proyecto sin comprometer los objetivos previamente establecidos.

Instalación de Equipos y Cables: La siguiente etapa se centra en la instalación de equipos y cables, una tarea crucial para el éxito del proyecto. Este proceso permite la disposición estratégica del equipo según el número de tendidos planificados con antelación. Al ejecutar los sondeos eléctricos verticales, se implementa un tendido de líneas de emisión simétricas con respecto al centro del sondeo. En el caso de una configuración de electrodos tipo Schlumberger, se asegura que los electrodos de medida M y N estén ubicados simétricamente a una distancia específica del punto de estación 0. Del mismo modo, los electrodos de corriente se colocan a una distancia variable L, de manera que los cuatro electrodos queden alineados sobre el terreno de forma precisa.

Toma de Datos: Durante esta fase, el operador del resistivímetro, quien también desempeña el rol de geofísico de campo, lleva a cabo la definición y calificación de los datos a medida que se adquieren. Se establecen repeticiones o se realizan cambios en las fuentes de energía o la posición del equipo según sea necesario para garantizar un levantamiento preciso sobre la superficie.



Finalización de Toma de Datos: Al concluir la toma de datos, el operador del resistivímetro comunica al personal la recolección de todos los equipos para su posterior movilización a otro punto. Es importante destacar que, al finalizar el levantamiento, el responsable del grupo realiza una verificación exhaustiva y visualiza la zona de trabajo para asegurarse de que todo el equipo haya sido recogido y de la ausencia de posibles restos contaminantes. En caso de que se identifiquen elementos no deseados, el personal asume la obligación y responsabilidad ambiental de mitigar cualquier efecto adverso.

En el transcurso de este estudio, se llevaron a cabo un total de 8 sondeos de SEV, distribuyéndose 03 puntos de SEVs en el eje de la presa y 05 puntos de SEVs en la zona del vaso. Los perfiles resultantes, junto con sus respectivas longitudes de cobertura, se detallan a continuación:

Cuadro 39: Longitudes De Cobertura De Los Sondajes Eléctricos Verticales

SONDEO EN EJE DE PRESA	
Sondeo	Longitud AB (m)
SEV-01	200.00
SEV-02	200.00
SEV-03	200.00
SONDEO EN VASO DE PRESA	
SEV-04	200.00
SEV-05	200.00
SEV-06	200.00
SEV-07	200.00
SEV-08	200.00

d. CRITERIOS DE PROCESAMIENTO E INTERPRETACION

Para el procesamiento y la interpretación del Sondaje Eléctrico Vertical (SEV), se tuvo en cuenta los siguientes criterios

Se realizó el análisis de datos que se obtuvieron en campo, ya en las oficinas se re-verifica y se obtiene una base de datos final de acuerdo a los patrones de respuesta. Dicha calificación se hace para dejar aquellos datos dudosos o anómalos.

Los programas a emplear son el IPI2win para el SEV y para su modelamiento Geosoft.

Para la interpretación de datos se tienen las siguientes consideraciones:

- Grado de saturación del terreno



- Porosidad y la forma del poro
- La salinidad del fluido
- El tipo y composición de la roca
- La temperatura
- Los procesos geológicos que afectan a los materiales
- La presencia de materiales arcillosos con alta capacidad de intercambio catiónico.

Asimismo, se debe tener en cuenta que existe una directa relación entre la resistividad eléctrica y el grado de saturación del terreno, y que los valores pueden variar significativamente.

Definida, las variaciones de terreno y obtenido los resultados de resistividad, se delimitar las áreas en estratos o sectores. Asimismo, esta información es complementada con otros métodos o aplicaciones (sísmicos).

e. PROCESAMIENTO E INTERPRETACION

Se ha realizado un total de 8 SEVs, donde se ubicaron 3 SEVs en el eje de presa y 5 SEV en el vaso y sus resultados fueron:

Cuadro 40: Resultados de los SEVs

SEVS	R (ohm)	E (m)	R (ohm)	E (m)	R (ohm)	E (m)	R (ohm)
SEV-01	70	1	120	14	815	14	3000
SEV-02	47	1.3	123	18	615	10	2100
SEV-03	80	0.9	115	12	700	7	2800
SEV-04	55	1	90	8	500	13	2300
SEV-05	46	0.9	87	13	430	15	2150
SEV-06	60	1.3	77	11	470	20	2400
SEV-07	57	1	83	12	390	16	1900
SEV-08	63	1	78	15	415	14	2100

Se ha elaborado 2 perfiles geoelectricos.”

f. PERFIL A-A” SEV 01,02 Y 03

El perfil está ubicado en el eje de presa y conformado por el SEV-01, SEV-02 Y SEV-03.

El perfil identifica 4 horizontes:

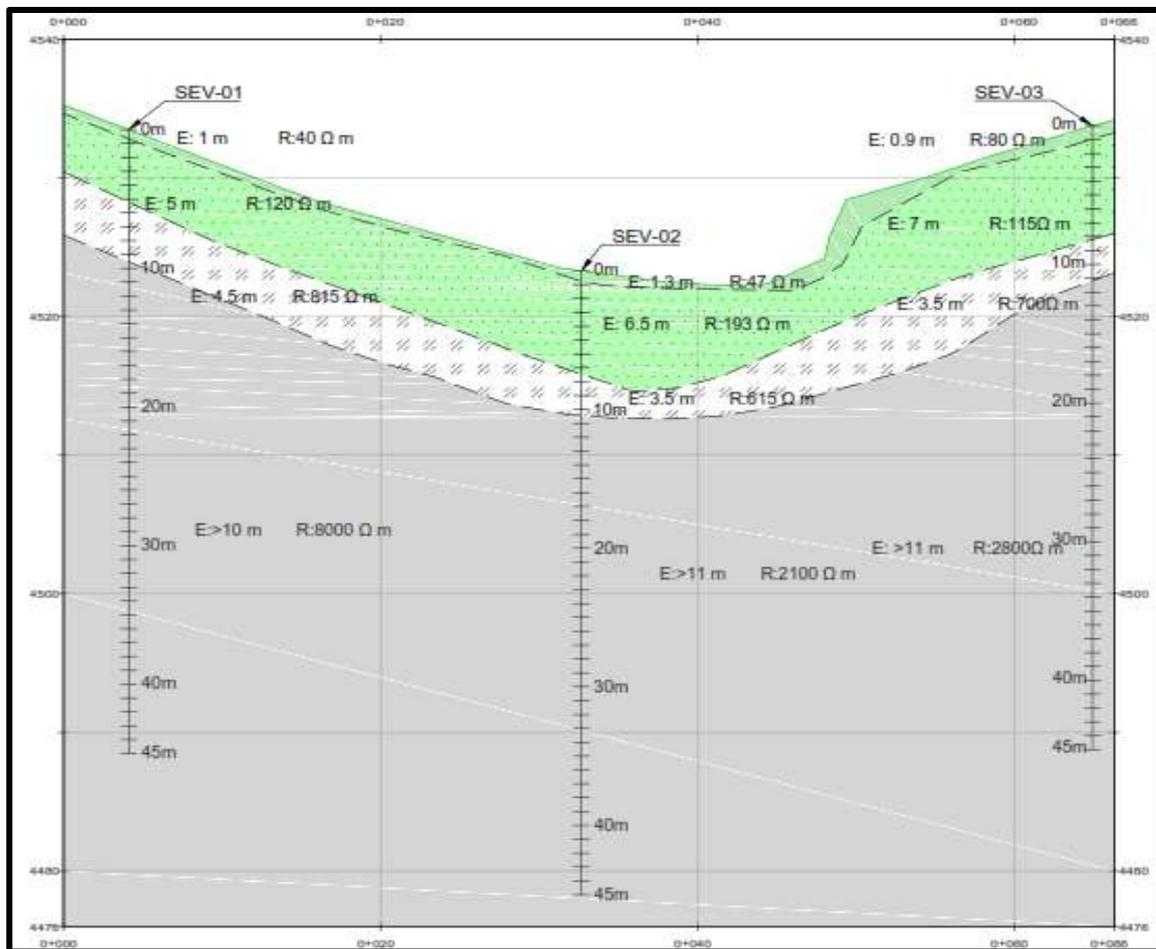
En el primer horizonte podemos apreciar una delgada capa de suelo con material suelto y con presencia de material orgánico, se presenta con más intensidad en el SEV-02 por presentarse en la parte más baja ya que en las laderas encontramos material más expuesto y sin mucha cobertura vegetal, este estrato presenta una resistividad de 47 a 80 ohm.m esta delgada capa presenta un espesor de 0.90 a 1.3m.

El segundo estrato bajo los tres puntos de evaluación, se registraron resistividades de 115 a 123 ohm.m alcanzando una potencia de 5 a 7 m en el cual aflora material gravoso con clastos de diferentes tamaños.

En el tercer horizonte se manifiesta una resistividad de 615 a 815 ohm.m en este horizonte podemos relacionarlo a tobas volcánicas con características de material rocoso de alta fracturación con una potencia de 3.5 a 4.5 metros.

El cuarto estrato abarca los puntos de evaluación SEV-01, SEV-02, SEV-03, en los cuales se manifiesta una resistividad alta de 2100 a 3000 ohm.m, no presenta una potencia definida, por las características presentes determinan un material rocoso compacto.

Figura 5: Perfil A-A” SEV 01,02 y 03



g. PERFIL B-B” SEV 04, 05, 06, 07 y 08

El “perfil está ubicado en el vaso de presa por el SEV-04, SEV-05, SEV-06, SEV-07 Y SEV-08.

El perfil identifica 4 horizontes.

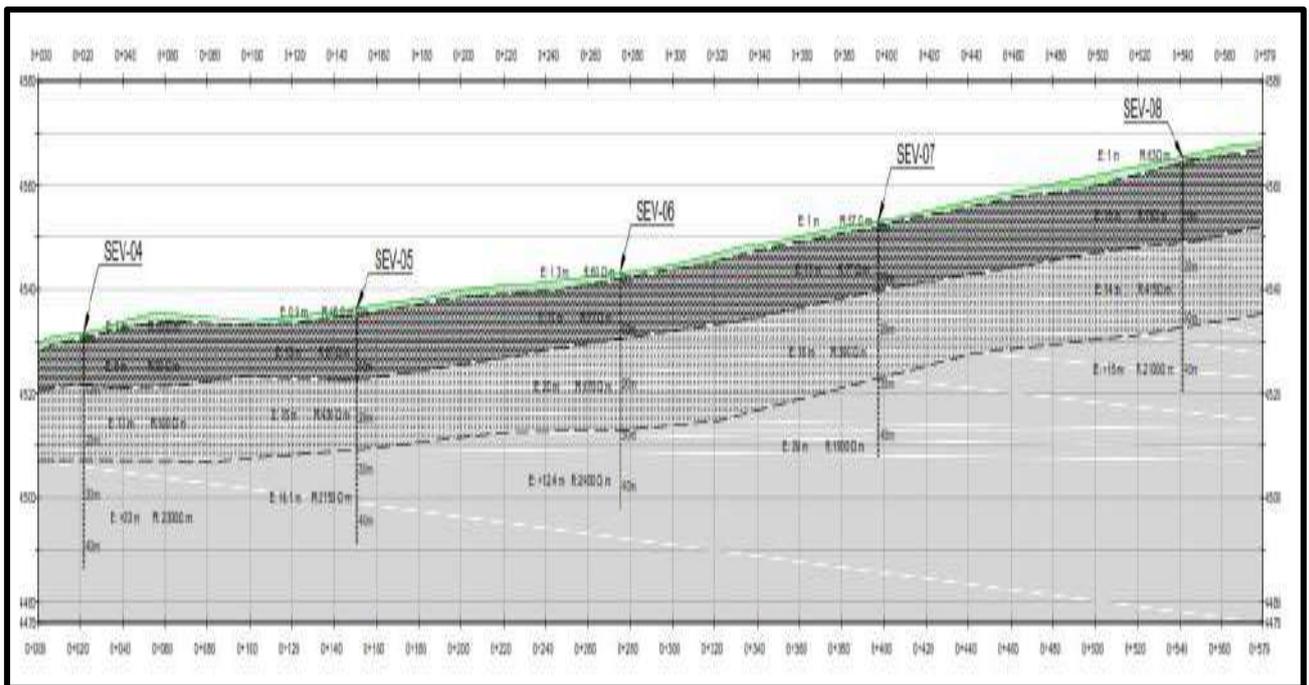
El primer horizonte presente en todo el perfil se caracteriza por una resistividad que oscila entre 46 a 63 ohm.m, con una potencia que fluctúa entre 0.9 a 1.3 m. asociándose a un suelo con presencia de material orgánico y humedad.

El segundo horizonte presente en todo el perfil manifiesta una resistividad de 77 a 90 ohm.m su espesor fluctúa entre 115 a 123 ohm.m, se presenta material aluvial con intercalaciones de arenas gravosas y algunos limos, es un suelo sin cohesión.

En el tercer horizonte se puede identificar material rocoso fracturado tal comportamiento está determinado por la presencia de material volcánico tobaceo con algunas andesitas, la resistividad presente es de 390 a 500 ohm.m, con una potencia de 13 a 20 m.

En el cuarto estrato podemos identificar un horizonte con comportamiento compacto, las resistividades presentes son de 1900 a 2400 ohm.m en el cual no se determina una potencia definida por las características del material.

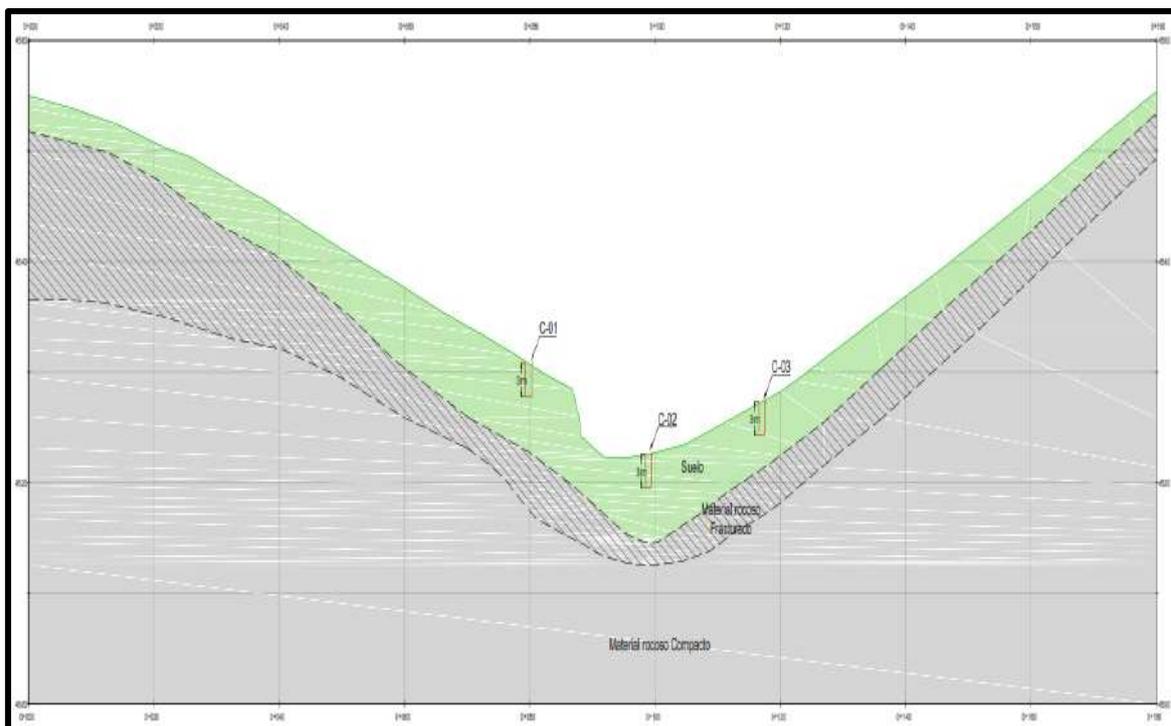
Figura 6: Perfil eléctrico



6.3.1.2. PERFIL GEOTECNICO

Se elaboró un perfil geotécnico basado a los sondajes eléctricos verticales, cabe resaltar que las prospecciones eléctricas (SEVs) son métodos de exploración indirectos con un margen de error aceptable por lo tanto los contactos estratigráficos señalados no son absolutos, para un mejor estudio de la zona son necesarios métodos de prospección directos como perforaciones diamantinas las cuales deben ser consideradas en la etapa de expediente técnico.”

Figura 7: Perfil geotécnico del eje de presa proyectado, los códigos “C” corresponden a las exploraciones por medio de calicatas.



Las exploraciones geofísicas mencionan una cobertura de suelo de hasta 7 metros de espesor y fueron muestreadas por medio de calicatas hasta una profundidad de 3 metros clasificándolo como un suelo gravo limoso (GW-GM) según SUCS, subyaciendo a la cobertura de suelo se tiene un estrato de roca muy fracturada de 3.5 a 4.5 metros de espesor seguido de macizo rocoso compacto, este macizo rocoso se correlaciona geológicamente con tobas brechosas, líticas y cineríticas de la formación Huaycha.

6.3.1.3. EXCAVACION DE CALICATAS

En la presa proyectada se ejecutaron 11 calicatas de profundidades variables, 3 calicatas en el eje de presa y 8 en el vaso de presa de acuerdo al siguiente cuadro.

Figura 8: Trabajos realizados en el eje de dique y vaso

DIQUE PROYECTADO HUANGARAPAMPA					
IDENTIFICACION	PROF. (m)	COORDENADAS			UBICACIÓN
		ESTE	NORTE	COTA	
C-01	3.00	212684	8343634	4499	EJE DE DIQUE
C-02	3.00	212686	8343616	4499	EJE DE DIQUE
C-03	3.00	212688	8343597	4499	EJE DE DIQUE
C-04	3.00	212467	8343649	4518	VASO
C-05	3.00	212463	8343548	4500	VASO
C-06	3.00	212367	8343674	4519	VASO
C-07	1.70	212313	8343503	4526	VASO
C-08	1.80	212247	8343729	4524	VASO
C-09	2.50	212223	8343519	4514	VASO
C-10	2.50	212115	8343572	4525	VASO
C-11	2.00	211933	8343689	4546	VASO

Figura 9: Ubicación de calicatas en el eje y vaso



6.3.1.4. ENSAYOS DE PERMEABILIDAD

Los ensayos se basaron en la evaluación del nivel de infiltración a través del suelo de fundación así como en el vaso, por medio de ensayos de permeabilidad tipo Lefranc de carga variable, determinándose de esta manera el coeficiente de permeabilidad (K) y el grado de permeabilidad.



Se determinó el grado de permeabilidad en base a las tablas de Withlow (1994) para suelos.

Figura 10: Grado de permeabilidad según Whitlow

GRADO DE PERMEABILIDAD DEL SUELO (Whitlow, 1994)	
Grado de permeabilidad	Conductividad hidráulica (cm/s)
Elevada	Superior a 10^{-1}
Media	10^{-1} a 10^{-3}
Baja	10^{-3} a 10^{-5}
Muy baja	10^{-5} a 10^{-7}
Prácticamente Impermeable	menor de 10^{-7}

En el siguiente cuadro se muestra los resultados obtenidos.

Cuadro 41: Ensayos de permeabilidad resultados.

C-01	Tiempo	profundidad	C-02	Tiempo	profundidad
	(Min)	(cm)		(Min)	(cm)
0	1	0	0	1	0
1	2	30	1	2	40
2	3	60	2	3	80
3	4	90	3	4	120
4	5	150	4	5	160

C-06	Tiempo	profundidad	C-09	Tiempo	profundidad	C-11	Tiempo	profundidad
	(Min)	(cm)		(Min)	(cm)		(Min)	(cm)
0	1	5	0	1	7	0	1	10
1	2	10	1	2	14	1	2	30
2	3	60	2	3	31	2	3	50
3	4	70	3	4	28	3	4	60
4	5	80	4	5	35	4	5	70
5	6	90	5	6	42	5	6	80
6	7	100	6	7	49	6	7	90
7	8	110	7	8	51	7	8	95
8	9	120	8	9	56	8	9	100
9	10	130	9	10	60	9	10	105



EJE Y VASO DE PRESA					
CALICATA	ENSAYO	PROF. (m)	K (cm ³ /s)	GRADO DE K	CLASIFICACION SUCS
C-01	LEF. VARIABLE	3.00	1.10E-03	Media	GW - GM
C-02	LEF. VARIABLE	2.60	2.08E-03	Media	GW - GM
C-06	LEF. VARIABLE	2.80	9.72E-05	Muy Baja	MH
C-09	LEF. VARIABLE	2.50	6.34E-04	Baja	SM
C-11	LEF. VARIABLE	2.00	4.42E-04	Baja	SM

Para el eje del dique se tiene un grado de permeabilidad medio con un valor de k igual a 10^{-3} , y para el vaso un grado de permeabilidad baja a muy baja con un valor de k igual a 10^{-4} y 10^{-5} , en tal sentido para el eje se debe realizar un tratamiento geotécnico a fin de disminuir el grado de permeabilidad hasta 10^{-5} .

Para el vaso no es necesario un tratamiento debido a su baja permeabilidad, la cual disminuirá aún más con la sedimentación de detritos finos tamaño limo arcilla durante los periodos de llenado de la represa.

6.3.1.5. RESULTADOS DE LABORATORIO DE CALICATAS

En Con base en los datos recopilados durante las actividades de campo y los análisis realizados en el laboratorio, se llevó a cabo la clasificación de los suelos utilizando el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS). El objetivo principal fue analizar y correlacionar la información de acuerdo con las características geomecánicas de los suelos, las cuales también se detallan en los perfiles estratigráficos adjuntos al estudio geotécnico.

La información obtenida en los ensayos de laboratorio ha sido organizada en cuadros para facilitar la interpretación de los resultados, como son los siguientes:

Cuadro 42: Resultados de laboratorio del eje de dique

ENSAYOS	UNIDADES	C-01	C-02	C-03
Clasificación	AASHTO	A-1-a	A-1-a	A-1-a
Clasificación	SUCS	GW-GM	GW-GM	GW-GM
% Grava	%	56.95	55.00	58.18
% Arena	%	36.47	35.66	34.34
% Finos	%	6.56	9.34	7.48
Humedad	%	9.01	8.93	5.04
Límite líquido	%	NP	NP	NP
Límite plástico	%	NP	NP	NP
Índice plástico	%	NP	NP	NP
P.e. Partículas Gruesas	gr/cm ³	2.23	2.21	2.4
P.e. Partículas Finas	gr/cm ³	2.67	2.67	2.63



Cuadro 43: Ensayos especiales del eje de dique

ENSAYOS	UNIDADES	C-02
Densidad Máxima	gr/cm ³	1.880
Densidad Mínima	gr/cm ³	1.564
Corte Directo Angulo de Fricción	°	28.4
Cohesión	Kpa	15.5
Consolidación Presión de Preconsolidacion Pc	Kg/cm ²	NP
Índice de Compresión Cc		0.106
Índice de Expansión Cs		0.014
Proctor Modificado Max. Densidad Seca	gr/cm ³	1.997
Humedad Optima	%	8.3

Cuadro 44: Resultados de laboratorio del vaso de presa

ENSAYOS	UNIDADES	VASO DE PRESA				
		C-04	C-04	C-05	C-06	C-07
Estrato		E-II	E-III		E-II	E-II
Clasificación	AASHTO	A-7-5	A-1-a	A-2-4	A-7-5	A-1-a
Clasificación	SUCS	MH	GW-GM	SM	MH	GW-GM
% Grava	%	0	57.81	34.05	0.00	53.88
% Arena	%	5.28	33.33	39.68	13.41	39.52
% Finos	%	94.72	8.86	26.27	86.59	6.61
Humedad	%	16.95	6.27	4.21	41.31	5.42
Límite líquido	%	76.46	NP	28.78	72.35	NP
Límite plástico	%	48.23	NP	NP	30.96	NP
Índice plástico	%	28.23	NP	NP	41.39	NP
P.e. Partículas Gruesas	gr/cm ³	NP	2.44	NP	NP	2.43
P.e. Partículas Finas	gr/cm ³	2.63	2.68	2.62	2.52	2.63
Peso específico	gr/cm ³	2.63	2.53	2.62	2.52	2.52

Cuadro 45: Resultados de laboratorio del vaso de presa

ENSAYOS	UNIDADES	VASO DE PRESA			
		C-08	C-09	C-10	C-11
Estrato					E-II
Clasificación	AASHTO	A-5	A-2-4	A-1-b	A-4
Clasificación	SUCS	MH	SM	GM	SM
% Grava	%	0.04	19.26	48.03	6.01
% Arena	%	3.26	55.23	27.10	55.04
% Finos	%	96.69	25.51	24.87	38.95
Humedad	%	62.44	3.51	13.57	24.82
Límite líquido	%	52.83	NP	26.35	NP
Límite plástico	%	43.32	NP	23.59	NP
Índice plástico	%	9.51	NP	2.76	NP
P.e. Partículas Gruesas	gr/cm ³	NP	NP	2.38	NP
P.e. Partículas Finas	gr/cm ³	2.35	2.67	2.56	2.47
Peso específico	gr/cm ³	2.35	2.67	2.47	2.47



Los trabajos manuales en el eje de presa alcanzaron una profundidad de 3 metros no pudiendo extenderse la excavación por la peligrosidad e inestabilidad de las paredes de la misma así como el brote del nivel freático.

Los resultados preliminares muestran una cobertura de suelos mayor a los 3 metros para el eje de dique sin indicios de roca o saprolito, en tal sentido es recomendable la ejecución de una presa de materiales sueltos con geomembrana.

Según el sistema de clasificación unificado de suelos SUCS el vaso de presa está constituido por suelos limosos de alta plasticidad (MH), gravas limosas bien gradadas (GW-GM) y arenas limosas (SM), la presencia de limos satisface la necesidad de bajas permeabilidades a través del vaso tal como lo corroboran los ensayos de permeabilidad, por lo cual estaríamos frente a una buena estanqueidad del vaso para la presa proyectada.

6.3.1.6. CALCULO DE LA CARGA ADMISIBLE

Para el cálculo de la carga admisible se solicitó un ensayo de corte directo en la calicata C-02 ubicada en el cauce de río, se considera que este punto es el más representativo para este cálculo puesto que se en esta zona es donde se tendrá la mayor carga del dique.

a. EJE DE DIQUE

El cálculo de la capacidad portante se realiza a una profundidad de 2.5 metros (D_f) con un ancho de corona de 4 metros (B).

- **Cálculo de la capacidad ultima en suelo**

Se considera una cimentación superficial.

La capacidad de carga se ha analizado usando la fórmula de Terzaghi y Peck (1967).

$$q_u = cN_c + \gamma D_f N_q + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma$$

Donde

- q_u : Capacidad ultima de carga.
- q_{adm} : Capacidad admisible de carga.
- FS: Factor de seguridad igual a 3.
- γ : Peso unitario del suelo.
- B : Ancho de la cimentación.
- D_f : Profundidad de cimienta.
- N_c, N_γ, N_q : Factores de capacidad admisible en función de Φ .



Factores de capacidad admisible (Prandtl, Reissner, Vesic)

$$N_c = (N_q - 1) \cot \phi$$

$$N_q = \tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right) e^{\pi \tan \phi}$$

$$N_\gamma = 2(N_q + 1) \tan \phi$$

• **Cálculo de la capacidad admisible en suelo**

$$q_{adm} = \frac{q\mu}{3}$$

Cuadro 46: Factores de capacidad portante (Prandtl, Reissner, Vesic)

Φ	Nq	Nc	Ny	Φ	Nq	Nc	Ny
0	1.00	5.14	0.00	21	7.07	15.81	6.20
1	1.09	5.38	0.07	22	7.82	16.88	7.13
2	1.20	5.63	0.15	23	8.66	18.05	8.20
3	1.31	5.90	0.24	24	9.60	19.32	9.44
4	1.43	6.19	0.34	25	10.66	20.72	10.88
5	1.57	6.49	0.45	26	11.85	22.25	12.54
6	1.72	6.81	0.57	27	13.20	23.94	14.47
7	1.88	7.16	0.71	28	14.72	25.80	16.72
8	2.06	7.53	0.86	29	16.44	27.86	19.34
9	2.25	7.92	1.03	30	18.40	30.14	22.40
10	2.47	8.34	1.22	31	20.63	32.67	25.99
11	2.71	8.80	1.44	32	23.18	35.49	30.21
12	2.97	9.28	1.69	33	26.09	38.64	35.19
13	3.26	9.81	1.97	34	29.44	42.16	41.06
14	3.59	10.37	2.29	35	33.30	46.12	48.03
15	3.94	10.98	2.65	36	37.75	50.59	56.31
16	4.34	11.63	3.06	37	42.92	55.63	66.19
17	4.77	12.34	3.53	38	48.93	61.35	78.02
18	5.26	13.10	4.07	39	55.96	67.87	92.25
19	5.80	13.93	4.68	40	64.20	75.31	109.41
20	6.40	14.83	5.39	41	73.90	83.86	130.21

Tomando en cuenta estos criterios se ha calculado la capacidad admisible por falla general por corte, los datos considerados en el cálculo son resumidos en el siguiente cuadro.



Cuadro 47: Cálculo de la capacidad admisible en el eje de dique

CALCULO DE LA CAPACIDAD ADMISIBLE DEL EJE DE DIQUE										
DATOS DE CALCULO								FALLA GENERAL POR CORTE		
γ kN/m ³	B m	D _r m	c kN/m ²	ϕ °	$N_{c'}$	$N_{q'}$	$N_{\gamma'}$	q _u kN/m ²	q _{adm} kN/m ²	q _{adm} kgf/cm ²
16.88	4.00	2.50	15.50	28.40	26.60	15.38	17.72	1659.14	553.05	5.64

Fuente: Elaboración Propia

Para el caso de una cimentación con una zapata corrida de 4 metros de ancho, se tiene una capacidad admisible de **5.64 Kg/cm²** en el cauce de río que es donde habrá una mayor carga de la estructura proyectada.

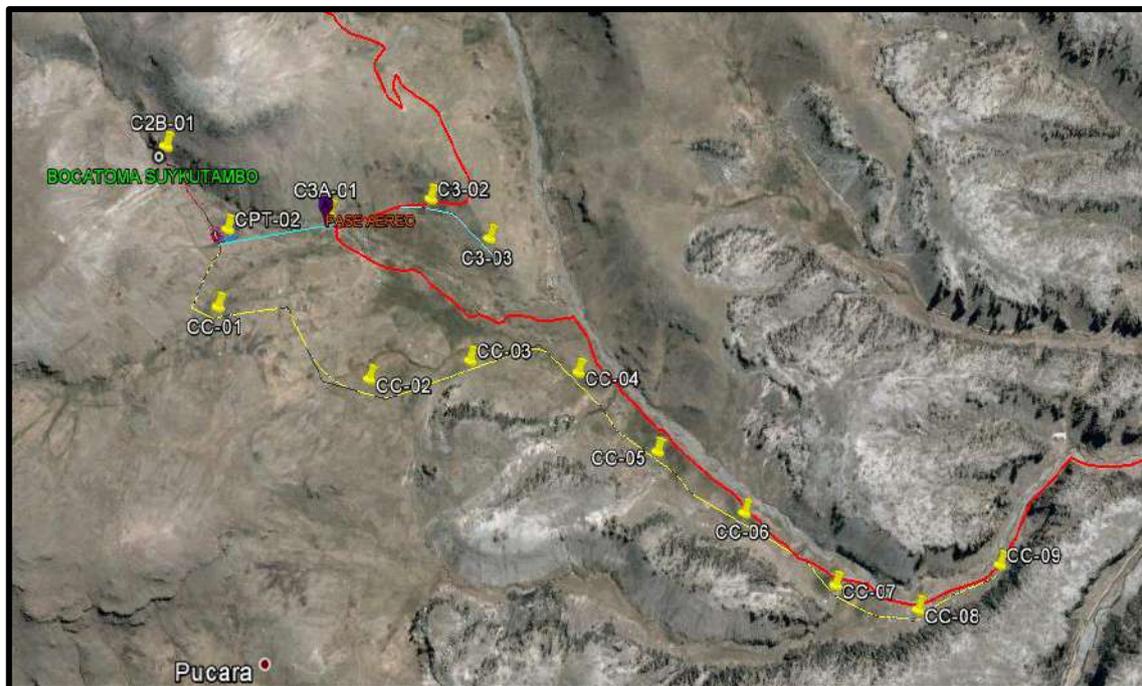
6.3.2. ESTUDIO GEOTECNICO DE LA LINEA DE CONDUCCION

Para la línea de conducción se estima la construcción de una bocatoma en el sector de Chillutira (Bocatoma Chillutira), y un canal principal de 384 metros donde se bifurcará en 2 canales, canal derecho Suyckutambo y canal izquierdo Suyckutambo, tal como muestra la figura 9.

- Canal principal Suyckutambo de 384 metros.
- Canal derecho Suyckutambo de 4.84 kilómetros.
- Canal izquierdo Suyckutambo de 1.42 kilómetros.

Los estudios de campo por medio de calicatas fueron ejecutados cada 500 metros con una toma de muestras para su correcta clasificación y caracterización geotécnica.

Figura 11: Línea de conducción Suykutambo, color celeste canal izquierdo Suykutambo, color amarillo canal derecho Suykutambo, color rojo acceso existente



6.3.2.1. GEOTECNIA DE LA BOCATOMA Y PASES AEREOS

Las obras conexas son parte importante del estudio, en razón que a lo largo de los canales proyectados, existen riachuelos, quebradas, estas estructuras son imprescindibles para el proyecto. En el sitio de la Bocatoma Chillutira se encuentra una cobertura de suelo igual a 2 metros aproximadamente en el margen derecho y afloramientos rocosos en el cauce de la quebrada, por lo tanto se ha determinado las características geotécnicas del componente rocoso y suelo.

Se proyecta la construcción de una bocatoma y 2 pases aéreos; uno en el canal derecho y otro en el izquierdo. En el siguiente cuadro se detalla la ubicación de los trabajos realizados en la bocatoma y pases aéreos.

Cuadro 48: Calicatas en la bocatoma Chillutira y obras conexas

BOCATOMA Y PASES AEREOS				
CALICATA	ESTE	NORTE	PROF. (m)	DESCRIPCION
CBT-01	213992	8343827	2.00	Bocatoma Chillutira
CCL-01	214746	8343589	1.50	Pase aéreo canal izquierdo Suykutambo
CC-01	214250	8343169	1.50	Pase aéreo canal derecho Suykutambo

a. ENSAYOS DE PENETRACION ESTANDAR (SPT)

Los trabajos de penetración estándar se ejecutaron en el sector de suelos de la bocatoma Chillutira, se realizó una calicata de 1.5 metros de profundidad y se procedió al ensayo de SPT tipo cono peck.

Cuadro 49: Ensayo de penetración dinámica tipo cono peck en la bocatoma Chillutira



Las auscultaciones del tipo cono peck se utilizan en suelos granulares con presencia de gravas en donde no es posible realizar ensayos con penetrometro, para el caso de la bocatoma Chillutira se tiene un suelo gravoso limoso (GM) con boloneria por lo tanto se realizó el tipo peck.

Se hizo la corrección de peck y los cálculos son basados en las relaciones encontradas por Ass (1971), para ensayos de penetración estándar y cono peck.

Resistencia a la penetración:

$$R_p = N \times 4$$

Presión Admisible:

$$\sigma_{adm} = \frac{N}{8} \quad kg/cm^2$$



Cuadro 50: Correlaciones para N (SPT)

COMPACIDAD (Suelo Granular)	Grado de Compacidad	N (S.P.T.)	Resistencia a La Penetración Estática	ϕ
Muy suelta	< 0.2	< 4	< 20	< 30
Suelta	0.2 – 0.4	4 – 10	20 – 40	30 – 35
Compacta	0.4 – 0.6	10 – 30	40 – 120	35 – 40
Densa	0.6 – 0.8	30 – 50	120 – 200	40 – 45
Muy Densa	> 0.8	> 50	> 200	> 45

Los resultados se presentan en el siguiente cuadro:

Cuadro 51: Ensayo de penetración dinámica tipo cono Peck

PROF. (m)	TIPO DE PRUEBA	Longitud SPT / Cono Peck			NUMERO DE GOLPES					COMPACIDAD	RES. A LA PENETRACION (Kg/cm ²)	CAPACIDAD DE CARGA	TIPO DE SUELO
	SPT / CONO PECK	h1	h2	h3	N°	N°	N°	OBSERVACIONES	TOTALES				
									0.5 N'				
1.5 - 1.95	PECK	0.15	0.15	0.15	10	11	23		17	COMPACTA	68	2.13	GM

Fuente: Elaboración Propia

Los resultados del ensayo de penetración muestran un grado de compacidad catalogado como compacto con una capacidad de carga igual a 2.13 kg/cm² a la profundidad de 1.50 a 1.95 metros, cabe resaltar que los datos obtenidos bajo este método son referenciales ya que utiliza formulas empíricas por lo tanto es recomendable utilizar los cálculos de capacidad portante a partir de ensayos de laboratorio de suelos.

b. TEST HAMMER (MARTILLO SCHMITDH)

Es un procedimiento de campo utilizado para evaluar la dureza de una formación rocosa. Este ensayo fue llevado a cabo en un afloramiento rocoso ubicado en la bocatoma Chillutira.

El procedimiento implica la medición de la resistencia al rebote de la superficie de la roca bajo examen, siguiendo las pautas establecidas en la norma ASTM D5873-05 y las recomendaciones de la Sociedad Internacional de Mecánica de Rocas (ISRM) de 1978. La medición del rebote se relaciona con la resistencia a la compresión simple mediante un gráfico desarrollado por Miller en 1965, el cual tiene en cuenta la densidad de la roca y la orientación del martillo con respecto al plano ensayado.

Cabe destacar que, de acuerdo con las directrices de la ISRM, se recomendó el uso exclusivo del martillo de tipo L en este ensayo. El martillo empleado tuvo una energía de impacto de 0.735 N.m.

De acuerdo al reconocimiento geológico de campo, en la bocatoma Chillutira se tiene una cobertura de suelo de aproximadamente 2 metros de espesar y subyaciendo se tiene roca andesitica basáltica, esta roca se encuentra aflorando en el fondo de la quebrada y es labrada por las aguas discurrentes de la quebrada, en tal sentido se ha determinado la resistencia de la roca y su capacidad de carga.

Foto 46: Test Hammer en campo



Cuadro 52: Cuadro de valoración según la resistencia a compresión en Mpa

DESCRIPCION	RESISTENCIA A LA COMPRESION
Extremadamente blanda	< 1 Mpa
Muy Blanda	1-5 Mpa
Blanda	5-25 Mpa
Moderadamente Blanda	25-50 Mpa
Dura	50-100 Mpa
Muy dura	100-250 Mpa
Extremadamente dura	>250 Mpa

Fuente: GEOENGINEERING SERVICES-CONSULTING

Se realizaron 3 golpes con el martillo Schmidt y se obtuvieron los siguientes resultados de resistencia.



Cuadro 53: Ensayos insitu

BOCATOMA CHILLUTIRA	
Ensayo N°	Resistencia (Mpa)
1	62
2	64
3	59

Los valores obtenidos con el martillo Schmitdh fueron promediados y asume un valor de resistencia igual a 62 Mpa, catalogado como una roca Dura, según el cuadro de valoración.

Capacidad portante.

Para el cálculo de la capacidad admisible se adopta la fórmula de Peck (37,38) donde:

$$q_{adm} = 0.2 q_u \quad \text{Mpa}$$

q_u : Resistencia del macizo rocoso no confinado.

Para el caso de la bocatoma Chillutira la resistencia de la matriz rocosa presenta un valor de carga admisible de 12.4 Mpa.

Clasificación geomecánica

Se determinó la clasificación geomecánica de la roca por medio del método de scan line para rocas superficiales, los parámetros obtenidos en campo son resumidos en el siguiente cuadro.

Cuadro 54: Ensayos insitu

ITEM	DESCRIPCION
TIPO DE ROCA	Roca andesita basáltica de color gris claro con fenocristales de plagioclasa, fracturado.
RESISTENCIA	100-50 Mpa
RQD	< 25 %
SEPARACION ENTRE DIACLASAS	0.06 - 0.2 m.
DISCONTINUIDADES	Longitud de la discontinuidad: < 1m.
	Abertura: 0.1 - 1 mm
	Rugosidad: Ligeramente rugosa
	Relleno: Blando < 5mm.
Alteración: Ligeramente alterado	
AGUA FREATICA	Húmedo
RMR (Bieniawski)	44



Para obtener las características geomecánicas del macizo rocoso se empleó el método de clasificación RMR de Bieniawski (1973), que permite realizar caracterizaciones de la roca insitu, este método es ampliamente utilizado en cimentaciones y consta de un índice de calidad RMR y valoraciones numéricas para la resistencia, el RQD, separaciones entre diaclasas, condición de discontinuidades y condición del agua subterránea, en el siguiente cuadro se muestra la calidad del macizo rocoso en relación al índice RMR.

Cuadro 55: Índice RMR

CLASE	CALIDAD	VALORACION RMR	COHESION	FRICCION
I	Muy buena	81-100	> 4 kg/cm ²	> 45°
II	Buena	61-80	3-4 kg/cm ²	35° - 45°
III	Media	41-60	2-3 kg/cm ²	25° - 35°
IV	Mala	21-40	1-2 kg/cm ²	15° - 25°
V	Muy mala	< 20	<1 kg/cm ²	< 15°

Fuente: Gonzales de Vallejo (2004)

En el sitio de presa se tiene un macizo rocoso de origen volcánico y de composición andesítica basáltica con una valoración RMR de 44, por lo tanto estamos frente a una roca de clase III. De acuerdo al cuadro anterior podemos determinar una cohesión de 2 a 3 kg/cm² y un ángulo de fricción de 25° a 35°.



Cuadro 57: Resultados de pase aéreo progresiva 0+500 canal izquierdo Suyckutambo

ENSAYOS	UNIDADES	CCL-01
Clasificación	AASHTO	A-1-b
Clasificación	SUCS	SM
% Grava	%	24.19
% Arena	%	58.87
% Finos	%	16.94
Humedad	%	34.22
Límite líquido	%	30.31
Límite plástico	%	NP
Índice plástico	%	NP
P.e. Partículas Gruesas	gr/cm3	2.65
P.e. Partículas Finas	gr/cm3	2.50
PESO ESPECIFICO	gr/cm3	2.54
Densidad Máxima	gr/cm3	1.831
Densidad Mínima	gr/cm3	1.527
Densidad Natural Densidad Húmeda	gr/cm3	1.675
Cono de Arena Densidad Seca	gr/cm3	1.248
Corte Directo Angulo de Fricción	°	27.6
Cohesión	Kpa	14.4

Cuadro 58: Resultados de pase aéreo progresiva 0+350 canal derecho Suyckutambo

ENSAYOS	UNIDADES	CC-01
Clasificación	AASHTO	A-2-5
Clasificación	SUCS	SM
% Grava	%	7.50
% Arena	%	61.28
% Finos	%	31.17
Humedad	%	28.92
Límite líquido	%	41.27
Límite plástico	%	32.24
Índice plástico	%	8.03
P.e. Partículas Gruesas	gr/cm3	NP
P.e. Partículas Finas	gr/cm3	2.35
PESO ESPECIFICO	gr/cm3	2.35
Densidad Máxima	gr/cm3	1.121
Densidad Mínima	gr/cm3	0.927
Corte Directo Angulo de Fricción	°	29.9
Cohesión	Kpa	8.1



De acuerdo a las descripciones de campo, el sitio de fundación de ambos pases aéreos presenta un estrato superficial de suelo orgánico de 0.7 metros de potencia, en promedio, seguido de suelos arenos limosos (SM) hasta una profundidad de 1.5 metros que fue el nivel de exploración.

d. CALCULO DE LA CAPACIDAD ADMISIBLE EN SUELOS

1. BOCATOMA CHILLUTIRA

Para el cálculo de la carga admisible en suelos de la bocatoma y pase aéreo, se ha seguido los mismos cálculos que el eje de presa por lo tanto solo se presentan los resultados obtenidos.

Cuadro 59: Cálculo de la capacidad admisible de la bocatoma Chillutira

CALCULO DE LA CAPACIDAD ADMISIBLE DE LA BOCATOMA CHILLUTIRA										
DATOS DE CALCULO								FALLA GENERAL POR CORTE		
γ kN/m ³	B m	D _f m	c kN/m ²	ϕ °	$N_{c'}$	$N_{q'}$	$N_{\gamma'}$	Q _u kN/m ²	Q _{adm} kN/m ²	Q _{adm} kgf/cm ²
15.09	1.50	2.00	4.50	27.10	24.12	13.34	14.68	677.44	225.81	2.30

Se determina que para la bocatoma Chillutira se tiene una capacidad admisible de **2.30 Kg/cm²** bajo las siguientes consideraciones de diseño: zapata corrida de 1.5 metros de ancho y un nivel de cimentación D_f=2.0 m.

2. PASE AEREO (CANAL IZQUIERDO SUYCKUTAMBO PROGRESIVA)

Cuadro 60: Cálculo de la capacidad admisible del pase aéreo en el canal izquierdo Suyckutambo progresiva

Q _{adm} PASE AEREO CANAL IZQUIERDO SUYCKUTAMBO PROGRESIVA 0+500 (calicata CCL-01)										
DATOS DE CALCULO								FALLA GENERAL POR CORTE		
γ kN/m ³	B m	D _f m	c kN/m ²	ϕ °	$N_{c'}$	$N_{q'}$	$N_{\gamma'}$	Q _u kN/m ²	Q _{adm} kN/m ²	Q _{adm} kgf/cm ²
16.41	2.00	2.00	14.40	27.60	25.04	14.09	15.78	1138.20	379.40	3.87

Se determina que para el pase aéreo se tiene una capacidad admisible 3.87 Kg/cm² bajo las siguientes consideraciones de diseño: zapata cuadrada de 2.0 metros de ancho y un nivel de cimentación de 2.00 m.



3. PASE AEREO (CANAL DERECHO SUYCKUTAMBO PROGRESIVA)

Cuadro 61: Cálculo de la capacidad admisible del pase aéreo en el canal derecho Suyckutambo progresiva

Qadm PASE AEREO CANAL DERECHO SUYCKUTAMBO PROGRESIVA 0+350 (Calicata CC-01)										
DATOS DE CALCULO								FALLA GENERAL POR CORTE		
γ kN/m ³	B m	D _r m	c kN/m ²	ϕ °	$N_{c'}$	$N_{q'}$	$N_{\gamma'}$	q _u kN/m ²	q _{adm} kN/m ²	q _{adm} kgf/cm ²
10.08	2.00	2.00	8.10	29.90	29.90	18.19	22.07	859.65	286.55	2.92

Se determina que para el pase aéreo se tiene una capacidad admisible 2.92 Kg/cm² bajo las siguientes consideraciones de diseño: zapata cuadrada de 2.0 metros de ancho y un nivel de cimentación de 2.00 m.

6.3.2.2. GEOTECNIA DE LOS CANALES DE CONDUCCION

El siguiente cuadro muestra la ubicación de los trabajos geotécnicos del canal principal, izquierdo y derecho Suyckutambo.

Cuadro 62: Trabajos realizados en los canales de conducción

CALICATAS EN EL CANAL DE CONDUCCION				
CALICATA	ESTE	NORTE	DESCRIPCION	PROFUNDIDAD (m)
CPT-02	214281	8343497	Partidor Canal principal	1.50
CC-02	214967	8342895	Canal Derecho Suyckutambo	1.50
CC-03	215439	8342994	Canal Derecho Suyckutambo	1.50
CC-04	215961	8342963	Canal Derecho Suyckutambo	1.00
CC-05	216360	8342638	Canal Derecho Suyckutambo	1.60
CC-06	216796	8342391	Canal Derecho Suyckutambo	1.50
CC-07	217254	8342091	Canal Derecho Suyckutambo	1.50
CC-08	217645	8342013	Canal Derecho Suyckutambo	1.50
CC-09	218043	8342219	Canal Derecho Suyckutambo	1.50
CCL-02	215225	8343671	Canal Izquierdo Suyckutambo	1.50
CCL-03	215513	8343516	Canal Izquierdo Suyckutambo	0.80

a. RESULTADOS DE LABORATORIO

Las muestras de los canales fueron sometidas ensayos de reconocimiento o estándar como son, granulometría, contenido de humedad, límites de atterberg y peso específico a fin de caracterizar la línea de conducción.



Cuadro 63: Resultados de laboratorio

ENSAYOS	UNIDADES	CCL-02	CCL-03	CPT-02	CC-02
Clasificación	AASHTO	A-2-4	A-2-5	A-4	A-1-b
Clasificación	SUCS	GM	GM	ML	GM
% Grava	%	39.06	34.72	14.39	46.66
% Arena	%	26.31	33.29	34.49	32.76
% Finos	%	34.63	31.99	51.12	20.58
Humedad	%	33.05	34.04	18.91	14.02
Límite líquido	%	NP	51.80	30.91	34.70
Límite plástico	%	NP	43.78	23.88	NP
Índice plástico	%	NP	8.02	7.03	NP
P.e. Partículas Gruesas	gr/cm3	NP	NP	NP	NP
P.e. Partículas Finas	gr/cm3	2.49	2.37	2.59	2.73
PESO ESPECIFICO	gr/cm3	2.49	2.37	2.59	2.73

Cuadro 64: Resultados de laboratorio

ENSAYOS	UNIDADES	CC-03	CC-04	CC-05	CC-06
Clasificación	AASHTO	A-1-b	A-2-4	A-1-b	A-5
Clasificación	SUCS	SM	SM	SM	ML
% Grava	%	5.40	4.70	10.43	4.80
% Arena	%	76.22	61.88	72.46	38.96
% Finos	%	18.37	33.43	17.12	56.24
Humedad	%	28.42	40.80	19.03	38.70
Límite líquido	%	NP	NP	NP	40.51
Límite plástico	%	NP	NP	NP	31.83
Índice plástico	%	NP	NP	NP	8.68
P.e. Partículas Gruesas	gr/cm3	NP	NP	NP	NP
P.e. Partículas Finas	gr/cm3	2.45	2.42	2.64	2.54
PESO ESPECIFICO	gr/cm3	2.45	2.42	2.64	2.54



Cuadro 65: Resultados de laboratorio

ENSAYOS	UNIDADES	CC-07	CC-08	CC-09
Clasificación	AASHTO	A-1-a	A-4	A-1-b
Clasificación	SUCS	SM	SM	SM
% Grava	%	35.94	3.06	36.18
% Arena	%	49.70	54.09	41.44
% Finos	%	14.37	42.85	22.39
Humedad	%	16.82	16.02	18.36
Límite líquido	%	NP	23.05	27.98
Límite plástico	%	NP	21.77	NP
Índice plástico	%	NP	1.28	NP
P.e. Partículas Gruesas	gr/cm3	NP	NP	2.08
P.e. Partículas Finas	gr/cm3	2.51	2.58	2.31
PESO ESPECIFICO	gr/cm3	2.51	2.58	2.55

Para el canal derecho Suyckutambo se tiene una cobertura de suelo orgánico de 40 a 70 centímetros de espesor, según descripciones estratigráficas de campo, seguido de suelos arenosos limosos (SM) siendo este último el suelo de fundación. Para el canal izquierdo Suyckutambo se tiene suelo orgánico de igual potencia que el anterior canal seguido de suelos gravosos limoso (GM).

b. CARACTERIZACION GEOTECNICA DE LA LINEA DE CONDUCCION

En base a las salidas de campo efectuadas para la descripción de los materiales constituyentes presentes en la línea de conducción se clasifico al material presente en superficie como roca fija roca suelta y suelo asignándose un tipo de excavación de acuerdo a los siguientes cuadros.

Cuadro 66: Tipo de clasificación

ITEM	CARACTERISTICA	DESCRIPCION
RF	ROCA FIJA	Macizo rocoso
RS	ROCA SUELTA	Bloques de roca suelta
S	SUELO	Gravas, arenas, finos

Cuadro 67: Tipo de Excavación

I	EXPLOSIVO
II	MANUAL
III	MAQUINARIA



A continuación, se muestra los siguientes cuadros que corresponden al canal principal, derecho e izquierdo Suyckutambo.

Cuadro 68: Caracterización del canal principal Suyckutambo

CARACTERIZACION DE CANAL PRINCIPAL SUYCKUTAMBO					
PROGRESIVA		% DE MATERIAL			TIPO DE EXCAVACION
DESDE	HASTA	R.F.	R.S.	SUELO	
0+000	0+030	0	40	60	II, III
0+030	0+100	0	10	90	II, III
0+100	0+260	0	25	75	II, III
0+260	0+384	0	5	95	II, III

Cuadro 69: Caracterización del canal derecho Suyckutambo

CARACTERIZACION DE CANAL DERECHO SUYCKUTAMBO					
PROGRESIVA		% DE MATERIAL			TIPO DE EXCAVACION
DESDE	HASTA	R.F.	R.S.	SUELO	
0+000	0+550	0	15	85	II, III
0+550	1+200	0	10	90	II, III
1+200	1+460	0	15	85	II, III
1+460	2+520	0	10	90	II, III
2+520	2+580	0	25	75	II, III
2+580	3+060	0	10	90	II, III
3+060	3+520	0	20	80	II, III
3+520	4+220	0	25	70	II, III
4+220	4+840	0	35	65	II, III

Cuadro 70: Caracterización del canal izquierdo Suyckutambo

CARACTERIZACION DE CANAL IZQUIERDO SUYCKUTAMBO					
PROGRESIVA		% DE MATERIAL			TIPO DE EXCAVACION
DESDE	HASTA	R.F.	R.S.	SUELO	
0+000	0+500	0	5	95	II, III
0+500	1+000	0	10	90	II, III
1+000	1+120	0	10	90	II, III
1+120	1+420	20	25	55	I, III

6.3.3. ESTUDIOS GEOTECNICOS DE CANTERAS

Se han identificado canteras de agregados, rocas y relleno homogéneo, los materiales están próximos al eje de dique y bocatoma principal, en el siguiente cuadro se muestra un resumen de los volúmenes y ubicación geográfica de los mismos.

Cuadro 71: Canteras proyectadas

BOTADEROS										
COORDENADAS UTM-WGS 84-19L			Tipo de Material	Potencia (m)	Área (m ²)	Volumen (m ³)	Rendimiento	Volumen Útil (m ³)	Distancia Estimada	Modo de Explotación
Nombre	Este	Norte								
Cantera de Agregados	216201	8342987	Agregado	2.00	10,228.7	20,457.4	70%	14,320.2	6.3 km. - Presa 2.1 km. - Bocatoma	Zarandeo.
Cantera de Roca	213181	8343930	Roca	5.00	9,847.9	49,239.5	80%	39,391.6	200 m. - Presa.	Explosiones controladas
Cantera para Relleno	212400	8343465	Arena Limosa	1.50	18,141.0	27,211.5	80%	21,769.2	400 m. - Presa.	Zarandeo.

a. CANTERA DE AGREGADO TOTORANI

Se ubica en el sector de Totorani, a 6.3 kilómetros del eje de presa proyectado y 2.5 kilómetros de la bocatoma Chillutira bajo las siguientes coordenadas UTM E: 216201 N: 8342987, zona 19L, en la siguiente imagen se muestra la ubicación geográfica de la cantera de agregados.

Cuadro 72: Ubicación de la cantera de agregados



Para acceder a la cantera de agregados se toma la carretera Espinar – Suykutambo hasta la localidad de Totorani con un recorrido aproximado de 35 kilómetros.

El material agregado está compuesto por gravas bien gradadas (GW-GM) de origen aluvial con clastos sub redondeados, clastos de hasta 7".

La cantera presenta un área de 10,228.7 m² con una potencia de 2.00 m, teniendo un volumen útil aproximado de 14,320.2 m³ a un rendimiento del 70 %.

Foto 47: Cantera de agregados Totorani



Clasificación Mediante Ensayos Físico-Mecánicos

Los ensayos físico-mecánicos efectuados a las muestras como material de préstamos, los cuales son acordes a las Normas de la ASTM y a los requerimientos del estudio, corresponden a las siguientes normas:

Cuadro 73: Ensayos de laboratorio para agregados

ENSAYO	NORMA
Análisis Granulométrico	ASTM D-422
Límite Líquido	ASTM D-4318
Límite Plástico	ASTM D-4318
Humedad	ASTM D-2216
Pesos específicos	ASTM C-29
Densidad de campo	ASTM D-4718
Abrasión o Prueba de los Ángeles	ASTM D-131; C-535
Intemperismo método del Sulfato de Sodio	ASTM C.88
Ensayos Proctor Estándar y Modificado.	ASTM D-1557; ASTM D-698
Ensayos de agregados para concretos	ASTM C-A36

Fuente: Elaboración Propia



Resultados de laboratorio

En los siguientes cuadros se resume los resultados obtenidos para el presente geomaterial.

Cuadro 74: Resultados de laboratorio para cantera de agregados

ENSAYOS	UNIDADES	CAT - 01		
		GLOBAL	GRUESO	FINO
Clasificación	SUCS	GW-GM		
% Grava	%	59.02		
% Arena	%	35.42		
% Finos	%	5.56		
Módulo de Fineza	%	4.99		
Humedad	%	4.96		
Peso Unitario	gr/cm3		2.58	2.64
Absorción	%		1.30	3.73
Peso Unitario Varillado	gr/cm3		1.784	1.729
Peso Unitario Suelto	gr/cm3		1.553	1.459
Abrasión (máquina los ángeles)	% Desgaste	30.5		
Sales solubles totales	ppm	200.0		
pH		8.44		

Cuadro 75: Diseño de mezclas para $f'c$ 100 kg/cm² y $f'c$ 175 kg/cm²

DOSIFICACION EN OBRA	DISEÑO DE MEZCLAS			
	100 Kg/cm ²		175 Kg/cm ²	
	PROPORCION		PROPORCION	
Descripción	EN PESO	EN VOLUMEN	EN PESO	EN VOLUMEN
Bolsas de cemento por m ³ de cemento	6.15		7.63	
Cemento	42.50	1.00	42.50	1.00
Agregado Fino	119.85	2.45	89.39	1.83
Agregado Grueso	182.30	3.61	146.63	2.90
Agua L / Bls. Cemento	35.64		28.61	

Cuadro 76: Diseño de mezclas para $f'c$ 210 kg/cm² y $f'c$ 320 kg/cm²

DOSIFICACION EN OBRA	DISEÑO DE MEZCLAS			
	210 Kg/cm ²		320 Kg/cm ²	
	PROPORCION		PROPORCION	
Descripción	EN PESO	EN VOLUMEN	EN PESO	EN VOLUMEN
Bolsas de cemento por m ³ de cemento	8.76		10.29	
Cemento	42.50	1.00	42.50	1.00
Agregado Fino	72.19	1.47	54.84	1.12
Agregado Grueso	128.22	2.54	109.97	2.18
Agua L / Bls. Cemento	24.83		21.06	

Propiedad: comunal

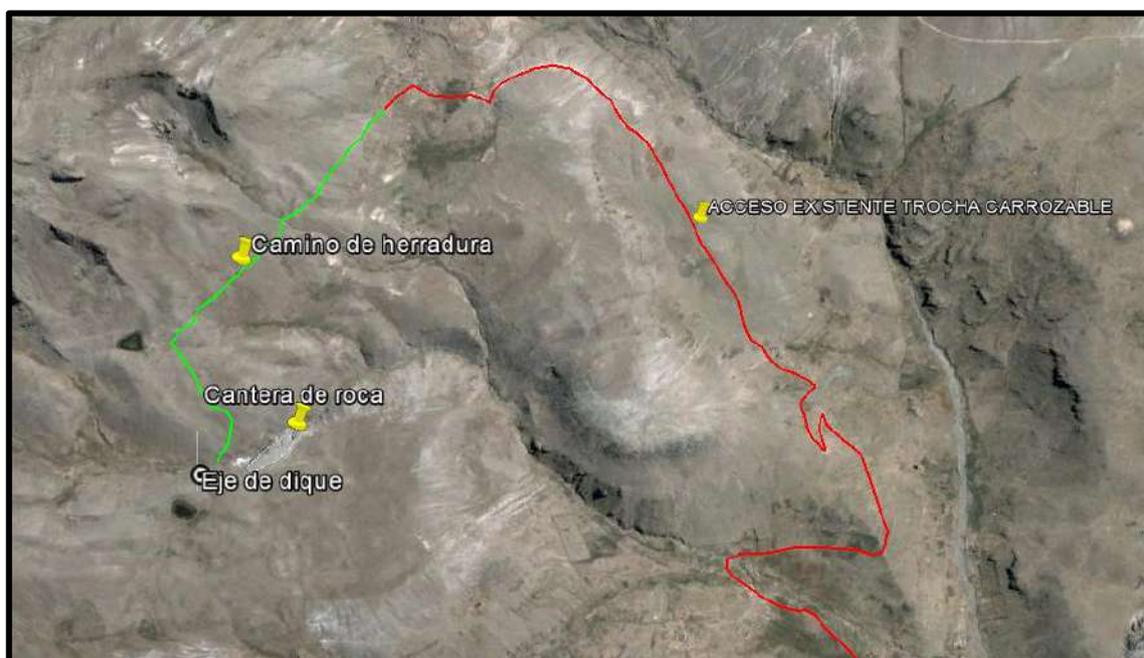
b. CANTERA DE ROCAS

Se realizó el reconocimiento de afloramientos de roca próximos a la zona de proyecto con la finalidad de utilizarlos para la construcción de las estructuras hidráulicas como: obras de arte, enrocados, etc encontrándose un afloramiento de rocas de dureza media, aguas abajo del dique proyectado la cual fue muestreada y enviada al laboratorio de mecánica de rocas.

Ubicación

Esta cantera se encuentra ubicada aguas abajo del eje de presa proyectado a 200 metros de distancia en línea recta, bajo las siguientes coordenadas E: 213181 N: 8343930, zona 19L.

Cuadro 77: Ubicación de la cantera de rocas



Acceso

Para acceder a esta cantera se toma la carretera Espinar – suykutambo hasta la localidad de Huangarara de allí se sigue por un camino de herradura hasta el eje de presa proyectado, a 200 metros aguas abajo del eje de presa se encuentra la cantera propuesta.

Descripción

Se trata de un afloramiento rocas volcánicas tobaceas de composición andesítica y de dureza media al martillo de geólogo, se tiene un área de explotación total de 9847.9 m² con una potencia de 5 metros dando un volumen útil de 39,391.6 m³.

Las muestras de roca fueron enviadas al laboratorio de mecánica de rocas para los ensayos de compresión uniaxial, abrasión, durabilidad y propiedades físicas, estos parámetros permiten discriminar al macizo rocoso para su utilización como geomaterial.

Foto 48: Cantera de rocas



Resultados de laboratorio

Cuadro 78: Resultados de laboratorio

ENSAYOS	UNIDADES	CRH-01
Humedad	%	0.33
Propiedades Físicas Densidad seca	g/cm ³	2.06
Densidad húmeda	g/cm ³	2.09
Peso específico aparente	kN/m ³	20.19
Porosidad aparente	%	3.38
Absorción	%	1.64
Inalterabilidad al Sulfato de Magnesio	% Desgaste	4.30
Abrasión (máquina de los ángeles)	% Desgaste	16.50

La cantera de roca muestra un 4.30 % de desgaste al sulfato de magnesio siendo el valor mínimo permisible igual a 18%, para construcciones según norma ASTM C88, presenta una abrasión de

16.50% siendo el mínimo permisible igual a 50% para concretos, los certificados son anexados al presente informe.

Propiedad: comunal

c. CANTERA PARA RELLENO

Ubicación

Se ubica en el margen derecho del vaso de presa a una distancia de 400 metros en línea recta por lo cual deberá de habilitarse un acceso, esta cantera se ubica bajo las siguientes coordenadas E: 212400 N: 8343465, zona 19L.

Figura 12: Ubicación de la cantera para relleno



Acceso

Se accede desde el eje de presa proyectado, a escasos 400 metros en línea recta, no hay vías carrozables por el sector el ingreso es a pie.

Descripción del material

Suelo granular de origen residual color pardo claro este material está compuesto por arenas y gravas predominantemente gravas 53.88 %, arenas 39.52 % y finos 6.61%. Los elementos gruesos presentan formas subangulosas hasta 3" de diámetro, no hay bolonería en el depósito.

El material es de origen coluvial - morrenico, con un área total de 18,141 m² y un volumen útil de 21,769.2 m³. El material deberá tener un modo de explotación a cielo abierto con maquinaria convencional.

Índice de Expansión Cs

0.013

Propiedad: comunal

6.3.4. UBICACIÓN DE BOTADEROS Y FUENTES DE AGUA

Se acondicionarán botaderos para la acumulación de diversos materiales de desecho excedentes, movimiento de tierras en los trabajos de construcción de la presa y los canales de conducción. También se define la ubicación de la fuente de agua para los trabajos de concreto.

a. BOTADERO

Esta zona acondicionada de fácil accesibilidad por su proximidad al eje de presa deberá ser acondicionada para el depósito de materiales de remoción durante la ejecución de la presa y canales de conducción, se adjunta un cuadro con la ubicación de la zona del botadero.

Cuadro 80: Ubicación de botadero

BOTADEROS				
COORDENADAS UTM-WGS 84-19L			Área (m ²)	Distancia hasta el eje de presa
Nombre	Este	Norte		
BOTADERO	262851	8344083	2,817	230 m.

Figura 13: Ubicación de botadero



Propiedad: comunal



b. FUENTE DE AGUA

Para la construcción de la presa se tiene proyectado el uso del agua de la quebrada Totorani que discurre por el mismo eje de presa, se tomó una muestra y se envió al laboratorio de ensayos químicos de la Universidad Nacional de San Agustín- Arequipa (SERVILAB), de estos ensayos se reportaron los siguientes resultados:

Cuadro 81: Ensayos a muestras de Agua

ENSAYOS	Unidades	Limite Máximo Permisible	Muestra MAHU
Sales Solubles Totales	ppm		67.00
Cloruros	mg/L	1000	1.00
Sulfatos	mg/L	600	2.30
pH		Entre 5.5 y 8	7.75

De acuerdo a las normas ASTM y NTP, (ASTM D 1889, ASTM D 1293, ASTM D 512, ASTM D 516; NTP 339.088, respectivamente). La muestra de agua se encuentra dentro de los límites permisibles.

Se tiene que, la muestra de agua es adecuada para ser usada en el concreto ya que califica como óptimo por sus contenidos de sales totales, cloruros y sulfatos según la norma MTCE 716.



CONCLUSIONES

- 1) Se realizaron 28 calicatas, de las cuales se tomaron como muestra representativa 14 calicatas debido a que se ubican en zonas de la misma formación y/o depósitos teniendo las mismas condiciones geológicas (composición y textura), en las cuales 04 presentan nivel freático y 10 no presenta nivel freático u ocurrencia de humedad, presentando suelos coluviales (gravas, conglomerados, arena y cuerpos piroclásticos), aluviales (limos, arcillas),
- 2) En base a la hidrología propuesta de la presa de la microcuenca Chillutira se ha estimado que se tiene un caudal de $Q_{m3/s}=3.89$ y un caudal mensual de $Q_{mm/mes}=480.05$.
- 3) Geotécnicamente se tiene suelos GW-GM (grava bien gradada – grava limosa) según la clasificación SUCS, con una capacidad de carga de 5.64 kg/cm^2 a 2.5 metros de profundidad, MH, GW-GM, SM, correspondientes a suelos limosos de alta plasticidad, gravas bien gradadas y arenas limosas respectivamente, como puede notarse presentan componentes limosos que favorecen a una baja permeabilidad tal como lo corroboran los ensayos de permeabilidad.
- 4) Se concluye que hay buen embalsamiento de la presa proyectada en base a las resistividades que varían de 40 ohm hasta las resistividades de 2400 ohm para el vaso de presa y para el eje de presa 1 ohm a 2800 ohm que nos indican que hay cambios de estratos, con primer horizonte de material orgánico, y como último horizonte de material andesítico.
- 5) En la zona de estudio se evidencia eventos de geodinámica externa como caída de rocas o bloques, erosiones (Fluvial, diferencial y lateral), filtraciones y deslizamiento, en las cuales dichos procesos no están afectando directa e indirectamente a la línea de conducción, así como a las obras de arte, cuyo nivel de riesgo es de moderada a baja de acuerdo a la estimación de riesgo.
- 6) En la zona de calicatas en el vaso de presa se ha realizado 8 calicatas con variaciones de profundidad por el tema de nivel freático a poca profundidad de 1.20 m y 1.30 m y también roca intacta a 1.10 metros o bolonería de roca encontrada a baja profundidad.
- 7) Se realizó el mapeo geológico – geotécnico de la microcuenca Chillutira existente a lo largo de la línea de aducción para la creación del servicio de agua para el sector de Huangarapampa – Chaupimayo con fines de riego tecnificado, en el distrito de Suycutambo provincia de Espinar región Cusco, identificando sus respectivas unidades, además se ubicó zonas de geodinámica externa ubicado en la zona de estudio, el cual no afecta al proyecto.
- 8) Se realizó el mapeo geológico y geotécnico a detalle plasmados en mapas a 1:25000 donde del área de presa está dominado por actividades volcánicas desarrolladas entre el mioceno hasta el pleistoceno, que posteriormente fueron labrados y trabajados por la acción glacial posterior.



- 9) La presa se emplazará en las unidades del grupo barroso y la formación Ichucollo donde la presa geomorfológicamente se emplazará en una zona de altiplanicie ondulada.
- 10) El canal de conducción Geomorfológicamente se encuentra altiplanicies onduladas y altiplanicies disectadas.
- 11) Se realizó el mapeo geomorfológico donde se concluye que fue modelado por la glaciación y la erosión fluvial.
- 12) En la zona de presa y embalse se identificó numerosos componentes geomorfológicos de un ambiente glaciar como circo glaciar, lago colgante, valle U.
- 13) La presencia de limos satisface la necesidad de bajas permeabilidades, por ende, estaríamos a una buena estanqueidad del vaso. Según el sistema de clasificación unificado de suelos SUCS el vaso de presa está constituido por suelos limosos de alta plasticidad (MH), gravas limosas bien gradadas (GW-GM) y arenas limosas (SM).



RECOMENDACIONES

- 1) Se recomienda realizar un análisis de estabilidad de taludes para las zanjias que estén por debajo de 1.50 m. para evitar que los taludes colapsen y ocasione alguna pérdida o daño a la integridad física de los trabajadores y/o maquinaria; este análisis se puede realizar con los datos de laboratorio obtenidos de la caracterización de las unidades geotécnicas en cualquier software especializado.
- 2) Se recomienda realizar un estudio en Gestión de Riesgos, para mitigar los posibles daños que pudieran ocasionar tanto a la línea de aducción como a las obras de arte, donde se evidencia la geodinámica externa y en los puntos donde se aprecia el nivel freático en las calicatas.
- 3) se ha encontrado que los bofedales están extremadamente húmedos, se debe tomar las precauciones respectivas, que podría estabilizarse rellenando de bolones y gravas esos tramos.
- 4) Se recomienda realizar un levantamiento topográfico detallado tanto de la presa proyectada como en el canal de conducción.
- 5) Recomendamos realizar estudios de perforaciones diamantinas, con la finalidad de obtener datos que nos puedan ayudar a interpretar mejor el comportamiento y anomalías del material existente por debajo de los 15 metros.
- 6) Según a los ensayos de laboratorio y en base a resultados el eje de dique no presenta presencia de rocas o algún indicio que hay roca, por lo tanto, es necesario hacer un eje de presa con materiales sueltos con geomembranas.
- 7) Se propone una exploración de canteras, aparte de las que ya se tiene para poder facilitar los trabajos de cimentación, y facilitar el trabajo del personal de las maquinarias.
- 8) Por el afloramiento de rocas volcánicas en especial la andesita se recomienda evaluar el terreno para hacer una presa de enrocado.
- 9) Realizar los estudios hidrológicos para tener datos que consisten en la determinación predictiva sobre el comportamiento del agua sobre la superficie de la microcuenca chillutira.



REFERENCIA BIBLIOGRAFICA

- Bowles, J. E. (1988). *Foundation Analysis and Design*, Mc Graw Hill.
- Colque, B. D., & Huilca, B. W. (2018). *ESTUDIO GEOLÓGICO - GEOTÉCNICO PARA LA INSTALACIÓN Y MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE RIEGO TECNIFICADO EN LA CUENCA DEL RIO PITUMARCA – DISTRITOS DE PITUMARCA Y CHECACUPE - CANCHIS – CUSCO*. Cusco - Perú.
- D4220), N. 3. (2016). *Prácticas Normalizadas para la Preservación y Transporte de Muestras de Suelos*. LIMA - PERU.
- David DAVILA M. . (1988). *Geología del Cuadrangulo de Cailloma- Hoja 31-s*. Lima - Perú.
- Elizabeth Karina, Febres Guamán. (2012). *Estudio Geológico-Geotécnico del Canal de Riego Macará en el tramo La Bocana-El Limón, longitud 18 Km*. Loja - Ecuador.
- INGEMMET, & B., N. D. (1995). *GEOLOGIA DE LOS CUADRANGULOS DE VELILLE, YAURI, AYAVIRI Y AZANGARO; BOLETIN N° 58*. LIMA - PERU.
- Ministerio de Vivienda, C. y. (2016). *Reglamento Nacional de edificaciones*. LIMA - PERU.
- Msc. Pablo Meza Aréstegui . (2018). “*ESTUDIO GEOLÓGICO - GEOTÉCNICO PARA LAS REDES DEL SISTEMA HIDRÁULICO DE RIEGO AGRÍCOLA DEL SECTOR DE LA JOYA ANTIGUA*”. Arequipa - Perú.
- MTC. (2016). *Manual de ensayos de materiales*. LIMA - PERU.
- Terzaghi, K. &. (1967). *Soil Mechanics in Engineering Practice*, John Wiley & Sons.



ANEXOS

RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE LABORATORIO Y MAPAS

ESTUDIO GEOLOGICO GEOTECNICO DE LA MICROCUENCA CHILLUTIRA PARA EL SERVICIO DE AGUA PARA EL SECTOR DE HUANGARAPAMPA-CHAUPIMAYO CON FINES DE RIEGO TECNIFICADO EN EL DISTRITO DE SUYKUTAMBO PROVINCIA DE ESPINAR REGION CUSCO	
CALICATA: Canal izquierdo Suykutambo	SOLICITANTE:
IDENTIFICACION: CCL-03	TIPO DE EXCAVACION: Manual
LOCALIZACION: TOTORANI - SUYCKUTAMBO - ESPINAR	PROFUNDIDAD: 0.80 m.
FECHA DE REALIZACION: Diciembre 2022	DIMENSIONES: Largo 1.10 m.
UBICACIÓN DE EXPLORACION: Canal de izquierdo suykutambo	Ancho 0.80 m.

GPS:	LONGITUD: 19L 0215513	LATITUD: UTM 8343516	ALTITUD: 4188 m.s.n.m.
-------------	------------------------------	-----------------------------	-------------------------------

DESCRIPCION:	
0.00 - 0.20 m.	suelo limoso con grava, tambien con contenido de suelo organico de ahí el color pardo oscuro.
0.20 - 0.80 m.	<p>suelo gravo arenoso, con limo, bolones y bloques, cuya distribucion volumetrica es: Grava 30%, Arena 25%, Limo 20%, bolones 15%, Bloques 10%</p> <p>Grava: Gravilla y Grava, angulosa, forma algo alargada y achatada, textura semi rugosa, composicion (andesita basaltica), tamaño polimetrico 1cm, 2cm, 8cm, 9cm, 10cm.</p> <p>Arena: Grano medio a grueso, subgranular, compuesto por fragmentos de roca</p> <p>Limo: color marron rojizo con tonalidad blanquecina, de baja plasticidad</p> <p>Boloneria: anguloso, forma achatada a modo de placas, textura semi rugosa, composicion andesita basaltica, tamaño polimetrico 19cm, 20cm.</p> <p>Bloques: angulosos, forma achatada a modo de placas, textura semi rugosa, composicion andesita basaltica, tamaño polimetrico 30cm, 35cm, 40cm.</p> <p>el estrato es heterogeneo, muy resistente a la excavacion, a la vez que es estable. Se puede observar que las fractura de estos bloques al golpe de martillo son muy angulosos. El contenido de humedad es moderadado, a los 0.80cm se ha encontrado con material rocoso de la andesita basaltica.</p> <p>no se ha encontrado nivel freatico</p>



ESTUDIO GEOLOGICO GEOTECNICO DE LA MICROCUENCA CHILLUTIRA PARA EL SERVICIO DE AGUA PARA EL SECTOR DE HUANGARAPAMPA-CHAUPIMAYO CON FINES DE RIEGO TECNIFICADO EN EL DISTRITO DE SUYKUTAMBO PROVINCIA DE ESPINAR REGION CUSCO	
CALICATA: Canal izquierdo Suykutambo	SOLICITANTE:
IDENTIFICACION: CCL-02	TIPO DE EXCAVACION: Manual
LOCALIZACION: TOTORANI - SUYKUTAMBO - ESPINAR	PROFUNDIDAD: 1.50 m.
FECHA DE REALIZACION: Diciembre 2022	DIMENSIONES: Largo 1.30 m.
UBICACIÓN DE EXPLORACION: Canal de izquierdo suykutambo	Ancho 0.70 m.

GPS:	LONGITUD: 19L 0215225	LATITUD: UTM 8343671	ALTITUD: 4206 m.s.n.m.
-------------	------------------------------	-----------------------------	-------------------------------

DESCRIPCION:

0.00 - 0.50 m. suelo limoso con algo de grava y tambien contenido organico, el color del suelo es marron oscuro.

0.50 - 1.50 m. suelo gravo limoso con arena y algo de bolones, cuya distribucion volumetrica es: Grava 35%. Limo 30%, Arena 25%, Bolones 10%

Grava: Gravilla y Grava, angulosa a subangulosa, forma algo alargada e irregular, textura semi rugosa,

Limo: color marron rojizo, con moderada a baja plasticidad, matriz envolvente

Arena: Grano medio a grueso, subgranular, compuesto por fragmentos de roca

Boloneria: anguloso a subanguloso, forma algo achatada, textura semi rugosa, composicion andesita basaltica, tamaño polimetrico 18cm, 20cm.

el estrato es heterogeneo, con buena resistencia a la excavacion asi mismo tiene buena estabilidad a la excavacion, los materiales granulares estan dispuestos de una manera muy desordenada, a la vez que estos son moderadamente resistentes al fracturamiento con picota. la presencia de humedad es relativamente alta.

no se ha encontrado nivel freatico



ESTUDIO GEOLOGICO GEOTECNICO DE LA MICROCUENCA CHILLUTIRA PARA EL SERVICIO DE AGUA PARA EL SECTOR DE HUANGARAPAMPA-CHAUPIMAYO CON FINES DE RIEGO TECNIFICADO EN EL DISTRITO DE SUYKUTAMBO PROVINCIA DE ESPINAR REGION CUSCO	
CALICATA: Canal izquierdo Suykutambo	SOLICITANTE:
IDENTIFICACION: CCL-01	TIPO DE EXCAVACION: Manual
LOCALIZACION: TOTORANI - SUYKUTAMBO - ESPINAR	PROFUNDIDAD: 1.50 m.
FECHA DE REALIZACION: Diciembre 2022	DIMENSIONES: Largo 1.10 m.
UBICACIÓN DE EXPLORACION: Canal de izquierdo suykutambo	Ancho 0.60 m.

GPS:	LONGITUD: 19L 0214746	LATTITUD: UTM 8343589	ALTITUD: 4218 m.s.n.m.
-------------	------------------------------	------------------------------	-------------------------------

DESCRIPCION:	
0.00 - 0.60 m.	suelo limo arenoso organico, con algo de grava, color marron oscuro
0.60 - 1.50 m.	<p>suelo areno gravoso con limo y pocos bolones, cuya distribucion volumetrica es: Arena 35%, Grava 30%, Limo 25%, Boloneria 15%</p> <p>Arena: Medio a grueso, subgranular, entre fragmentos de roca y vidrio.</p> <p>Grava: Gravilla y Grava, subangulosa a angulosa, forma alargadas a algo irregulares, textura semi rugosa, composicion polimictica, tamaño polimetrico 1cm, 1.5cm, 8cm 10cm.</p> <p>Limo: color marron oscuro, de baja plasticidad, esta dispuesto a modo de matriz.</p> <p>Boloneria: subanguloso a anguloso, forma escamente alargada, textura semi rugosa, composicion polimictico, tamaño polimetrico 16cm, 17cm.</p> <p>el estrato es hetorgeneo, estable ante la excavacion, se ha podido observar que los materiales no tienen ninguna orientacion preferencial, los materiales granulares son resistentes a la fragmentacion, con cierta oxidacion superficial. El contenido de humedad es muy alto.</p> <p>se ha encontrado nivel freatico a los 1.20m</p>



ESTUDIO GEOLOGICO GEOTECNICO DE LA MICROCUENCA CHILLUTIRA PARA EL SERVICIO DE AGUA PARA EL SECTOR DE HUANGARAPAMPA-CHAUPIMAYO CON FINES DE RIEGO TECNIFICADO EN EL DISTRITO DE SUYKUTAMBO PROVINCIA DE ESPINAR REGION CUSCO	
CALICATA:	Canal derecho Suykutambo
IDENTIFICACION:	CC-08
LOCALIZACION:	TOTORANI - SUYKUTAMBO - ESPINAR
FECHA DE REALIZACION:	Diciembre 2022
UBICACIÓN DE EXPLORACION:	Totorani
SOLICITANTE:	
TIPO DE EXCAVACION:	Manual
PROFUNDIDAD:	1.50 m.
DIMENSIONES:	Largo 1.20 m.
	Ancho 0.70 m.

GPS:	LONGITUD: 19L 0217645	LATITUD: UTM 8342013	ALTITUD: 4092 m.s.n.m.
-------------	------------------------------	-----------------------------	-------------------------------

DESCRIPCION:	
0.00 - 0.40 m.	suelo organico con presencia de raices, limo y gravas, el color del suelo es pardo oscuro
0.40 - 1.50 m.	<p>suelo areno limoso con grava y escasa boloneria; cuya distribucion volumetrica es: Arena 45%, Limo 35%, Grava 15%, Boloneria 5%</p> <p>Arena: Medio a grueso, subgranular, entre fragmentos de roca y vidrio.</p> <p>Limo: color rojo blanquecino, de baja plasticidad, aveces tambien blanquecino</p> <p>Grava: Gravilla y Grava, subangulosas a angulosas, forma algo alargada, textura semi rugosa, composicion fragmentos liticos de la formacion Pampa Garza, tamaño polimetrico 0.5cm, 1cm, 3cm, 4cm</p> <p>Boloneria: subanguloso a anguloso, forma escamente alargada, textura semi rugosa, composicion fragmentos liticos de la formacion Pampa Garza, tamaño polimetrico 16cm, 17cm.</p> <p>el estrato es homoganeo, con moderada resistencia a la excavacion, los materiales granulares son producto de la denudacion de la formacion Pampa Garza, tambien se ha podido observa algunos niveles de oxidos de forma puntual, no se observa algun grado de orientacion. no se ha encontrado nivel freatico</p>



ESTUDIO GEOLOGICO GEOTECNICO DE LA MICROCUENCA CHILLUTIRA PARA EL SERVICIO DE AGUA PARA EL SECTOR DE HUANGARAPAMPA-CHAUPIMAYO CON FINES DE RIEGO TECNIFICADO EN EL DISTRITO DE SUYCKUTAMBO PROVINCIA DE ESPINAR REGION CUSCO	
CALICATA: Linea de conduccion Totorani	SOLICITANTE:
IDENTIFICACION: CC-09	TIPO DE EXCAVACION: Manual
LOCALIZACION: TOTORANI - SUYCKUTAMBO - ESPINAR	PROFUNDIDAD: 1.50 m.
FECHA DE REALIZACION: Diciembre 2022	DIMENSIONES: Largo 1.20 m.
UBICACIÓN DE EXPLORACION: Totorani	Ancho 0.70 m.

GPS:	LONGITUD: 19L 0218043	LATITUD: UTM 8342219	ALTITUD: 4082 m.s.n.m.
-------------	------------------------------	-----------------------------	-------------------------------

DESCRIPCION:	
0.00 - 0.30 m.	suelo organico color marron parduzco, con presencia de raices, algo de grava y limo
0.30 - 1.50 m.	<p>suelo areno gravoso, con limo y algo de bolones; cuya distribucion volumetrica es: Arena 40%, Grava 35%, Limo 15%, Bolones 10%</p> <p>Arena: Medio a grueso, subgranular, entre fragmentos de roca y vidrio.</p> <p>Grava: Gravilla y Grava, subangulosa a angulosa y escasamente subredondeada, forma alargadas y achatada, textura semi lisa, composicion polimictica, tamaño polimetrico 1cm, 1.5cm, 8cm 10cm.</p> <p>Limo: color amarillento, de baja plasticidad, esta dispuesto a modo de matriz.</p> <p>Boloneria: subanguloso a anguloso, forma escamente alargada y achatada, textura semi rugosa, composicion polimictico, tamaño polimetrico 18cm, 19cm.</p> <p>el estrato es heterogeneo, con buena estabilidad ante la excavacion, presenta varios niveles de oxidacion, los cuales dejan rastros de color amarillento. Las materiales granulares muestran una orientacion muy clara y preferencial. Tambien se ha podido observar presencia de humedad.</p> <p>no se ha encontrado nivel freatico</p>



ESTUDIO GEOLOGICO GEOTECNICO DE LA MICROCUENCA CHILLUTIRA PARA EL SERVICIO DE AGUA PARA EL SECTOR DE HUANGARAPAMPA-CHAUPIMAYO CON FINES DE RIEGO TECNIFICADO EN EL DISTRITO DE SUYKUTAMBO PROVINCIA DE ESPINAR REGION CUSCO	
CALICATA: Canal derecho Suyckutambo	SOLICITANTE:
IDENTIFICACION: CC-04	TIPO DE EXCAVACION: Manual
LOCALIZACION: TOTORANI - SUYCKUTAMBO - ESPINAR	PROFUNDIDAD: 0.90 m.
FECHA DE REALIZACION: Diciembre 2022	DIMENSIONES: Largo 1.00 m.
UBICACIÓN DE EXPLORACION: Totorani	Ancho 0.60 m.

GPS:	LONGITUD: 19L 0215961	LATITUD: UTM 8342963	ALTITUD: 4124 m.s.n.m.
-------------	------------------------------	-----------------------------	-------------------------------

DESCRIPCION:	
0.00 - 0.40 m.	suelo organico arcilloso color negro, muy poroso e esponjoso, presencia de raices y algo sde grava
0.40 - 0.90 m.	<p>suelo limo arenoso con grava, cuya distribucion volumetrica es: Limo 45%, Arena 35%, Grava 25%</p> <p>Limo: color beige grisaceo, moderada a baja plasticidad</p> <p>Arena: grano fino a grueso, subgranular, son fragmentos de roca y vidrio</p> <p>Grava: Gravilla y Grava, subangulosa a angulosa, forma algo alargada, textura semi rugosa a algo lisa, composicion polimictica, tamaño polimetrico 0.5cm, 1cm, 4cm, 5cm</p> <p>el estrato es heterogeneo, estable y poco resistente a la excavacion, se puede notar la presencia de rastros de oxidacion y un contacto irregular hacia su techo, con fuerte presencia de humedad. A los 0.90cm se ha encontrado un bloque extremadamente grande.</p> <p>ase ha encontrado nivel freatico a los 0.90cm</p>



ESTUDIO GEOLOGICO GEOTECNICO DE LA MICROCUENCA CHILLUTIRA PARA EL SERVICIO DE AGUA PARA EL SECTOR DE HUANGARAPAMPA-CHAUPIMAYO CON FINES DE RIEGO TECNIFICADO EN EL DISTRITO DE SUYKUTAMBO PROVINCIA DE ESPINAR REGION CUSCO	
CALICATA: Canal derecho Suykutambo	SOLICITANTE:
IDENTIFICACION: CC-06	TIPO DE EXCAVACION: Manual
LOCALIZACION: TOTORANI - SUYKUTAMBO - ESPINAR	PROFUNDIDAD: 1.50 m.
FECHA DE REALIZACION: Diciembre 2022	DIMENSIONES: Largo 1.00 m.
UBICACIÓN DE EXPLORACION: Totorani	Ancho 0.80 m.

GPS:	LONGITUD: 19L 0216796	LATITUD: UTM 8342391	ALTITUD: 4096 m.s.n.m.
-------------	------------------------------	-----------------------------	-------------------------------

DESCRIPCION:	
0.00 - 0.80 m.	suelo organico arcilloso, con presencia de agua, poroso y plastico (arcilla)
0.80 - 1.50 m.	<p>suelo limo arenoso con escasa grava, cuya distribucion volumetrica es: Limo 55%, Arena 40%, Grava 5%</p> <p>Limo: color beige negruzco con moderada a baja plasticidad</p> <p>Arena: Grano fino a grueso, subgranular, entre vidrio y fragmentos de roca</p> <p>Grava: Gravilla y escas Grava, subangulosa a angulosa, forma irregular algo alargada, textura semi rugosa, composicion polimicítica, tamaño polimetrico 0.5cm, 1cm, 1.5cm, 4cm, 6cm</p> <p>el estrato es homoganeo, con moderada estabilidad y poca resistencia a la excavacion, fuerte presencia de humedad y este se observa a modo de una delgada capa laminar, evidencia cierto grado de oxidacion en la superficie de los materiales granulares. corresponde a un bofedal.</p> <p>se ha encontrado nivel freatico a los 1.40m</p>



ESTUDIO GEOLOGICO GEOTECNICO DE LA MICROCUENCA CHILLUTIRA PARA EL SERVICIO DE AGUA PARA EL SECTOR DE HUANGARAPAMPA-CHAUPIMAYO CON FINES DE RIEGO TECNIFICADO EN EL DISTRITO DE SUYKUTAMBO PROVINCIA DE ESPINAR REGION CUSCO	
CALICATA: Canal derecho Suykutambo	SOLICITANTE:
IDENTIFICACION: CC-07	TIPO DE EXCAVACION: Manual
LOCALIZACION: TOTORANI - SUYKUTAMBO - ESPINAR	PROFUNDIDAD: 1.50 m.
FECHA DE REALIZACION: Diciembre 2022	DIMENSIONES: Largo 1.20 m.
UBICACIÓN DE EXPLORACION: Totorani	Ancho 0.70 m.

GPS:	LONGITUD: 19L 0217254	LATITUD: UTM 8342091	ALTITUD: 4084 m.s.n.m.
-------------	------------------------------	-----------------------------	-------------------------------

DESCRIPCION:	
0.00 - 0.50 m.	suelo organico color pardo marron, con con presencia de gravas dispersas como sabana en la superficie, tambien se evidencia presencia de raices.
0.50 - 1.50 m.	<p>suelo areno gravoso con poco limo y esaca boloneria; cuya distribucion volumetrica es: Arena 45%, Grava 30%, Limo 20%, Boloneria 5%</p> <p>Arena: Grano fino a grueso, subgranular, entre vidrio y fragmentos de roca</p> <p>Grava: Gravilla y escas Grava, subangulosa a angulosa, forma irregular, textura semi rugosa, composicion polimictica, tamaño polimetrico 0.5cm, 1cm, 1.5cm, 3cm, 7cm</p> <p>Limo: color beige grisaceo, con baja plasticidad, a modo de matriz entre los componentes granulares</p> <p>Boloneria: subanguloso a anguloso, forma escamente alargada, textura semi rugosa, composicion polimictica, tamaño polimetrico 15cm, 16cm.</p> <p>el estrato es heterogeneo, con moderada estabilidad y resistencia a la excavacion, los materiales granulares tienen una marcada estratificacion horizontal, con manchas superficiales de oxidacion, asi como tambien entre las fracturas de las gravas y bolones, la presencia de humedad es bastante notoria en esta excavacion.</p> <p>no se ha encontrado nivel freatico</p>



ESTUDIO GEOLOGICO GEOTECNICO DE LA MICROCUENCA CHILLUTIRA PARA EL SERVICIO DE AGUA PARA EL SECTOR DE HUANGARAPAMPA-CHAUPIMAYO CON FINES DE RIEGO TECNIFICADO EN EL DISTRITO DE SUYKUTAMBO PROVINCIA DE ESPINAR REGION CUSCO

CALICATA:	Canal derecho Suykutambo	SOLICITANTE:	
IDENTIFICACION:	CC-03	TIPO DE EXCAVACION:	Manual
LOCALIZACION:	TOTORANI - SUYCKUTAMBO - ESPINAR	PROFUNDIDAD:	1.50 m.
FECHA DE REALIZACION:	Diciembre 2022	DIMENSIONES:	Largo 1.20 m.
UBICACIÓN DE EXPLORACION:	Totorani		Ancho 0.70 m.

GPS:	LONGITUD: 19L 0215439	LATITUD: UTM 8342994	ALTITUD: 4162 m.s.n.m.
-------------	------------------------------	-----------------------------	-------------------------------

DESCRIPCION:

0.00 - 0.60 m.	suelo organico color negruzco muy poroso, con presencia de agua y raices, tambien con algo de grava y bolones.
0.60 - 1.50 m.	<p>suelo areno gravoso con limo; cuya distribbucion volumetrica es: Arena 50%, Grava 25%, Limo 25%</p> <p>Arena: grano medio a grueso, subgranular, notablemente sin manchas en su superficies</p> <p>Grava: Gravilla y Grava, sub angulosas a subredondeada, forma algo esferico e irregular, textura semi lisa, composicion polimictica, tamaño polimetrico 0.5cm, 1cm, 1.5cm, 8cm, 9cm.</p> <p>Limo: color beige grisaceo, de moderada a baja plasticidad.</p> <p>el estrato es homogeneo, en cuanto a su distribucion, pues presentan un orden muy notable, tambien se ha podido ver que existen niveles de oxidacion sinusoidales, antiguo nivel freatico, con buena presencia de humedad. Es ligeramente estable ante la excavacion, con una tendencia a querer ceder.</p> <p>se ha encontrado nivel freatico a los 1.40m</p>



ESTUDIO GEOLOGICO GEOTECNICO DE LA MICROCUENCA CHILLUTIRA PARA EL SERVICIO DE AGUA PARA EL SECTOR DE HUANGARAPAMPA-CHAUPIMAYO
CON FINES DE RIEGO TECNIFICADO EN EL DISTRITO DE SUYKUTAMBO PROVINCIA DE ESPINAR REGION CUSCO

CALICATA: Canal derecho Suykutambo	SOLICITANTE:
IDENTIFICACION: CC-05	TIPO DE EXCAVACION: Manual
LOCALIZACION: TOTORANI - SUYKUTAMBO - ESPINAR	PROFUNDIDAD: 1.60 m.
FECHA DE REALIZACION: Diciembre 2022	DIMENSIONES: Largo 1.30 m.
UBICACIÓN DE EXPLORACION: Totorani	Ancho 0.70 m.

GPS:	LONGITUD: 19L 0216360	LATITUD: UTM 8342638	ALTITUD: 4107 m.s.n.m.
-------------	------------------------------	-----------------------------	-------------------------------

DESCRIPCION:

0.00 - 0.80 m.	suelo organico color negruzco, con presencia de raices, esta capa es porosa, a la vez que tiene escamente gravas.
0.80 - 1.60 m.	<p>suelo areno limoso con grava, cuya distribucion volumetrica es: Arena 45%, Limo 35%, Grava 20%</p> <p>Arena: Grano medio a grueso, con fragmentos de vidrio asi tambien fragmentos de roca</p> <p>Limo: color beige parduzco, de baja plasticidad</p> <p>Grava: Gravilla y Grava, subangulosa a angulosa, forma algo alargada a algo irregular, textura semi rugosa, composicion polimictica, tamaño polimetrico 0.5cm, 1cm, 4cm, 7cm</p> <p>el estrato es heterogeneo, es moderadamente estable y algo resistente a la excavacion, tiene buena presencia de humedad, los materiales estan a modo de estratificacion horizontal, tambien con ciertos matices de oxidacion; asi mismo se pudo observar bolones de forma muy puntual.</p> <p>no se ha encontrado nivel freatico</p>



ESTUDIO GEOLOGICO GEOTECNICO DE LA MICROCUENCA CHILLUTIRA PARA EL SERVICIO DE AGUA PARA EL SECTOR DE HUANGARAPAMPA-CHAUPIMAYO CON FINES DE RIEGO TECNIFICADO EN EL DISTRITO DE SUYKUTAMBO PROVINCIA DE ESPINAR REGION CUSCO	
CALICATA:	Canal derecho Suykutambo
IDENTIFICACION:	CC-02
LOCALIZACION:	TOTORANI - SUYKUTAMBO - ESPINAR
FECHA DE REALIZACION:	Diciembre 2022
UBICACIÓN DE EXPLORACION:	Totorani
SOLICITANTE:	
TIPO DE EXCAVACION:	Manual
PROFUNDIDAD:	1,50 m.
DIMENSIONES:	Largo 1.20 m.
	Ancho 0.70 m.

GPS:	LONGITUD: 19L 0214967	LATITUD: UTM 8342895	ALTITUD: 4214 m.s.n.m.
-------------	------------------------------	-----------------------------	-------------------------------

DESCRIPCION:	
0.00 - 0.40 m.	suelo organico color pardo rojizo, con presencia de raices, algo de grava y bolones
0.40 - 1.50 m.	<p>suelo limo gravoso con arena y bolones, con algo de bloques; cuya distribucion volumetrica es: Limo 30%, Grava 25%, Arena 20%, Bolones 15%, Bloques 10%</p> <p>Limo: color rojizo con tendencia blanquecina, de baja a moderada plasticidad</p> <p>Grava: Gravilla y Grava, sub angulosas a angulosa, forma algo irregular, textura rugosa, composicion polimictica, tamaño polimetrico 0.5cm, 1cm, 2cm, 7cm, 8cm, 9cm.</p> <p>Arena: grano medio a grueso, subgranular, entre vidrio, fragmentos de roca, otros</p> <p>Boloneria: anguloso, forma irregular, textura rugosa, composicion polimictica, tamaño polimetrico 17cm, 20cm.</p> <p>Bloques: angulosos y escasamente subangulosos, forma algo irregular, textura semi rugosa a rugosa, composicion polimictica, tamaño polimetrica 30cm, 35cm, 37cm</p> <p>el estrato es heterogeneo, con buena resistencia y estabilidad durante la excavacion, se ha podido observar cierta orientacion en los materiales granulares, asi mismo tambien ha podido observar niveles de oxidacion entre los materiales granulaes. La presencia de humedad en baja a moderada.</p> <p>no se ha encontrado nivel freatico.</p>



ESTUDIO GEOLOGICO GEOTECNICO DE LA MICROCUENCA CHILLUTIRA PARA EL SERVICIO DE AGUA PARA EL SECTOR DE HUANGARAPAMPA-CHAUPIMAYO CON FINES DE RIEGO TECNIFICADO EN EL DISTRITO DE SUYKUTAMBO PROVINCIA DE ESPINAR REGION CUSCO

CALICATA:	Canal derecho Suykutambo	SOLICITANTE:	
IDENTIFICACION:	CC-01	TIPO DE EXCAVACION:	Manual
LOCALIZACION:	TOTORANI - SUYCKUTAMBO - ESPINAR	PROFUNDIDAD:	1.50 m.
FECHA DE REALIZACION:	Diciembre 2022	DIMENSIONES:	Largo 1.10 m.
UBICACIÓN DE EXPLORACION:	Totorani		Ancho 0.70 m.

GPS:	LONGITUD: 19L 0214250	LATITUD: UTM 8343169	ALTITUD: 4271 m.s.n.m.
-------------	------------------------------	-----------------------------	-------------------------------

DESCRIPCION:	
0.00 - 0.70 m.	suelo organico color negruzco con presencia de raices y algo de grava con bolones.
0.70 - 1.50 m.	<p>suelo limo arcilloso con arena y gravilla, escasa boloneria; cuya distribucion volumetrica es: Finos 60%, Arena 25% Gravilla 10%, Boloneria 5%</p> <p>Limo: color rojizo blanquecino, de baja a moderada plasticidad</p> <p>Arcilla: color rojizo blanquecino, moderada plasticidad, pegajoso al contacto</p> <p>Arena: grano medio a grueso, subgranular, entre vidrio, fragmentos de roca, otros</p> <p>Gravilla: subanguloso, forma irregular, textura semi rugosa, composicion polimictica, tamaños polimetricos 1cm, 1.5cm</p> <p>Boloneria: subanguloso a anguloso, forma irregular, textura semi rugosa, composicion polimictica, tamaño polimetrico 15cm, 17cm.</p> <p>el estrato es homogeneo, según lo observado el suelo es la desintegracion insitu de la formacion Pampa Garza, es decir de la toba litica, estable ante la excavacion, con presencia de humedad. Los fragmetos tienen una superficie con algo de oxidos.</p> <p>no se ha encontrado nivel freatico.</p>

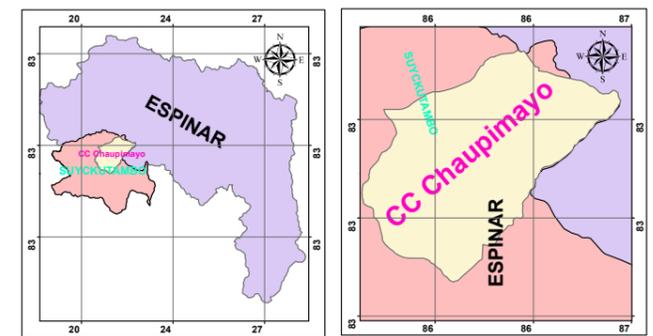
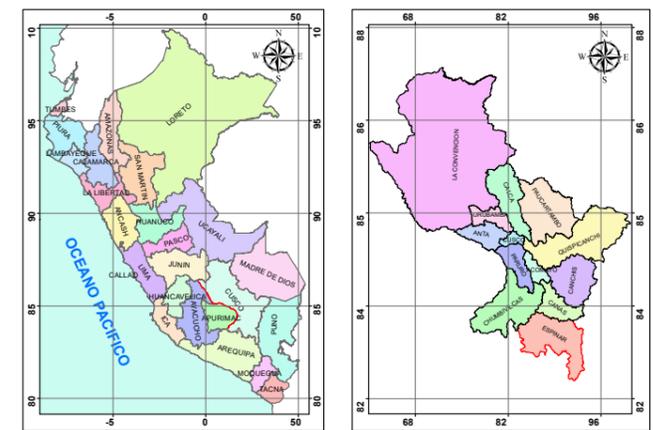
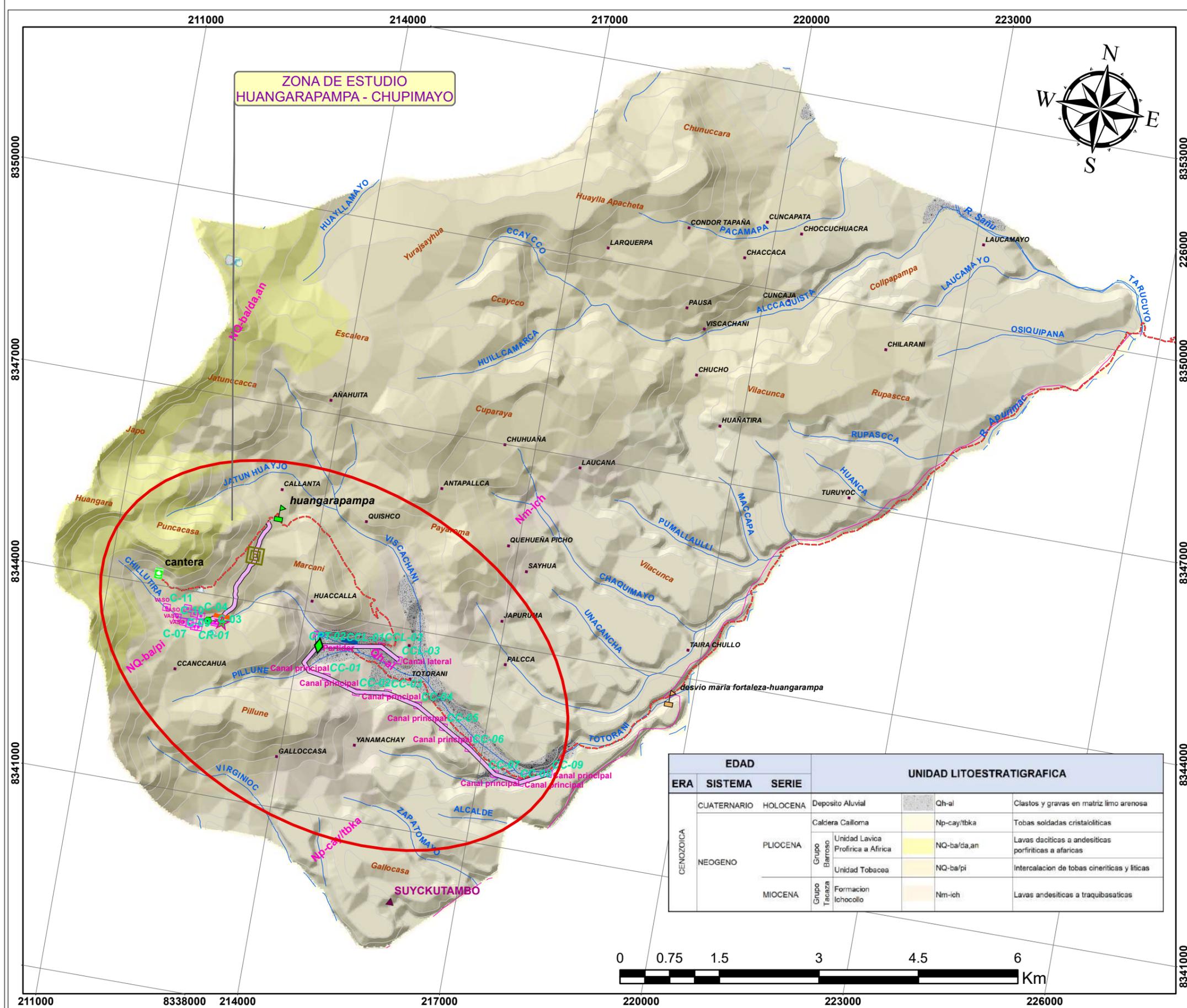


ESTUDIO GEOLOGICO GEOTECNICO DE LA MICROCUENCA CHILLUTIRA PARA EL SERVICIO DE AGUA PARA EL SECTOR DE HUANGARAPAMPA-CHAUPIMAYO CON FINES DE RIEGO TECNIFICADO EN EL DISTRITO DE SUYKUTAMBO PROVINCIA DE ESPINAR REGION CUSCO	
CALICATA: Bocatoma Chillutira	SOLICITANTE:
IDENTIFICACION: CBT-01	TIPO DE EXCAVACION: Manual
LOCALIZACION: TOTORANI - SUYCKUTAMBO - ESPINAR	PROFUNDIDAD: 1,50 m.
FECHA DE REALIZACION: Diciembre 2022	DIMENSIONES: Largo 1.40 m.
UBICACIÓN DE EXPLORACION: Bocatoma Totorani	Ancho 0.80 m.

GPS:	LONGITUD: 19L 0213992	LATITUD: UTM 8343827	ALTITUD: 4305 m.s.n.m.
-------------	------------------------------	-----------------------------	-------------------------------

DESCRIPCION:	
0.00 - 0.70 m.	suelo organico, con presencia de limo y bastante humedad, tambien con limo, algo de grava y boloneria
0.70 - 1.50 m.	<p>suelo areno gravoso con limo, boloneria y bloques, cuya distribucion volumetrica es: Arena 30%, Grava 25%, Limo 20%, Boloneria 15%, Bloques 10%</p> <p>Arenas: grano grueso, subgranular</p> <p>Gravas: subangular a angulosa, forma algo alargada, textura semi rugosa, composicion polimictica, tamaño polimetrico 5cm, 6cm, 9cm.</p> <p>Limo: color marron oscuro, baja a moderada plasticidad, con buena presencia de humedad</p> <p>Boloneria: subangulosos a angulosos, forma algo alargada, textura semi rugosa, composicion polimictica, tamaño polimetrico 15cm, 17cm.</p> <p>Bloques: subangulosa a subredondeada, forma aplanada y alargada, textura semi lisa, composicion polimictica, tamaño polimetrico 25cm, 30cm, 35cm.</p> <p>el estrato es heterogeneo, con mdoerada resistencia a la excavacion, tambien con alta presencia de humedad; asi mismo se ha podido observar niveles de oxidacion que afecta y da una coloracion amarillenta.</p> <p>no se ha encontrado nivel freatico.</p>

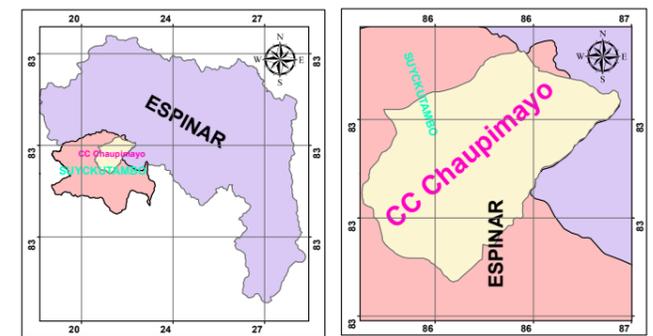
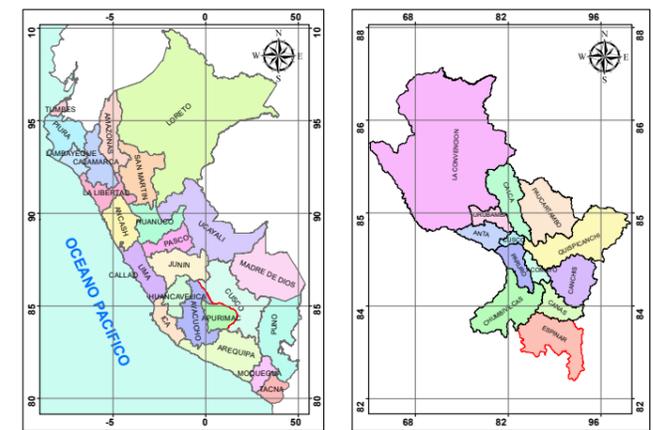
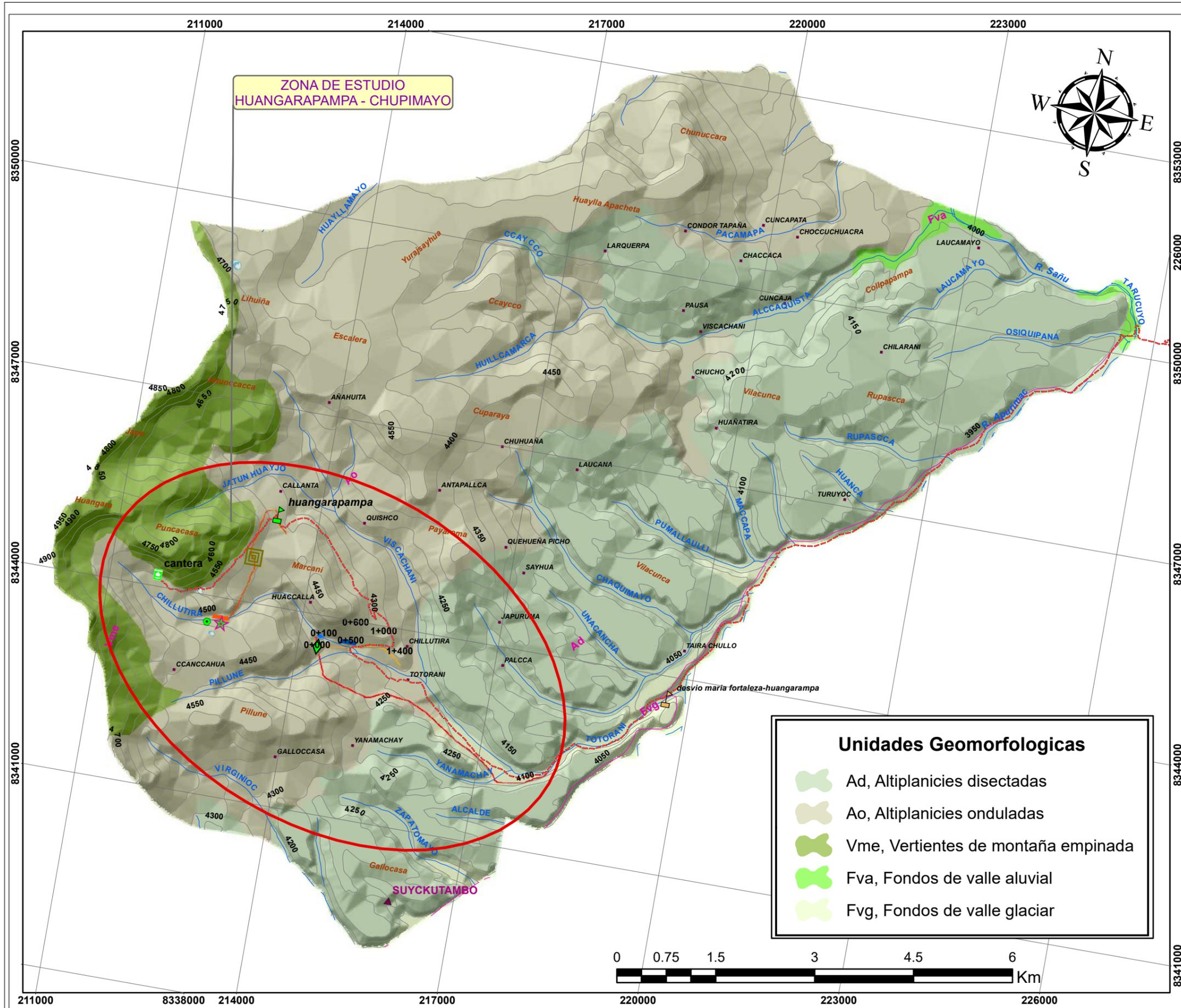




EDAD			UNIDAD LITOESTRATIGRAFICA		
ERA	SISTEMA	SERIE			
CENOZOICA	CUATERNARIO	HOLOCENA	Deposito Aluvial	Qh-al	Clastos y gravas en matriz limo arenosa
			Caldera Cailoma	Np-cay/tbka	Tobas soldadas cristaloliticas
	NEOGENO	PLIOCENA	Grupo Barroso Profirica a Africa	NQ-ba/da,an	Lavas daciticas a andesiticas porfiriticas a afaricas
			Unidad Tobacea	NQ-ba/pi	Intercalacion de tobas cineriticas y liticas
	MIOCENA	Grupo Tacaza Ichocollo	Formacion Ichocollo	Nm-ich	Lavas andesiticas a traquibasiticas

LEYENDA

Centro_Pobaldo_Huangarapampa	Carretera_Espinar_Huangarapampa
Cantera	calicatas2
Desvio_Maria_Fortaleza_Huangarapampa	calicatas1
Eje_de_la_presa	Centro poblado
BOCATOMA SUYKUTAMBO	Capital distrital
DESCARGA DE FONDO PROYECTADO	Capital provincial
EJE DE PRESA PROYECTADO	SIN AFIRMAR
PARTIDOR	Curvas
PASE AEREO	Rio_s
RESERVIORIO	Rio_p
Canal_de_Conduccion	Lagos
Carretera_Huangarapampa_Cantera	

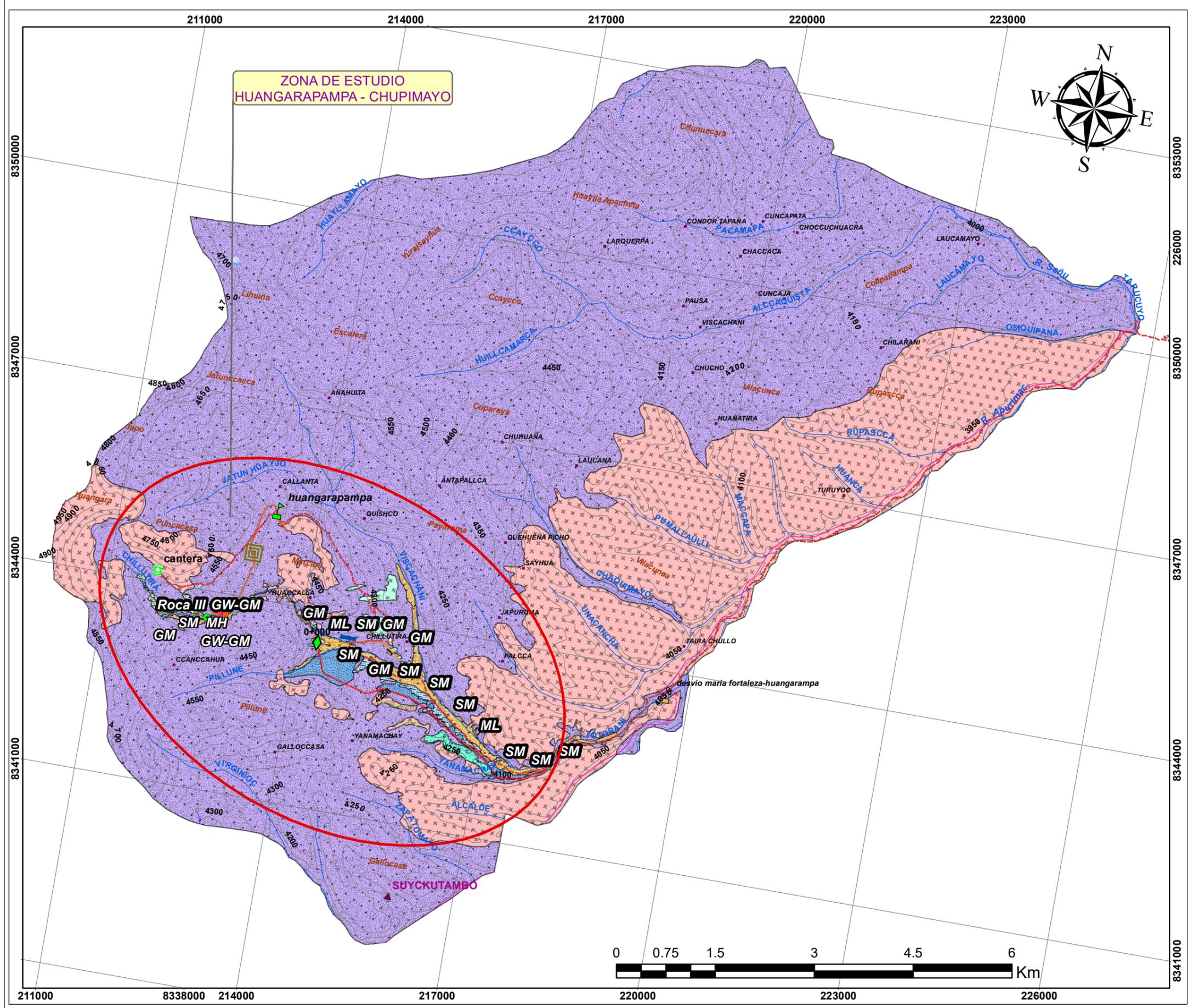


Unidades Geomorfologicas

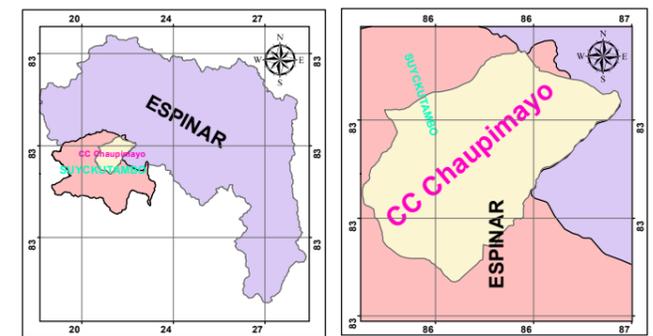
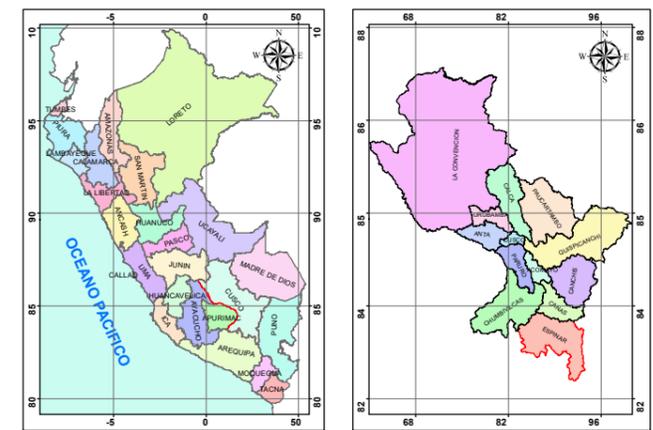
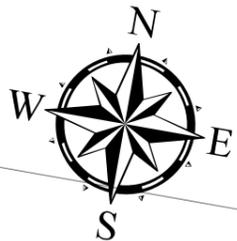
- Ad, Altiplanicies disectadas
- Ao, Altiplanicies onduladas
- Vme, Vertientes de montaña empinada
- Fva, Fondos de valle aluvial
- Fvg, Fondos de valle glaciar

LEYENDA

Centro_Pobaldo_Huangarapampa	Carretera_Espinar_Huangarapampa
Cantera	Centro poblado
Desvio_Maria_Fortaleza_Huangarapampa	Capital distrital
Eje_de_la_presa	Capital provincial
BOCATOMA SUYKUTAMBO	SIN AFIRMAR
DESCARGA DE FONDO PROYECTADO	Curvas
EJE DE PRESA PROYECTADO	Rio_s
PARTIDOR	Rio_p
PASE AEREO	Lagos
RESERVORIO	PROG3_3
Carretera_Huangarapampa_Cantera	ADUCCION3
	PROG2_2
	PROG2
	ADUCCION2
	PROG1
	ADUCCION

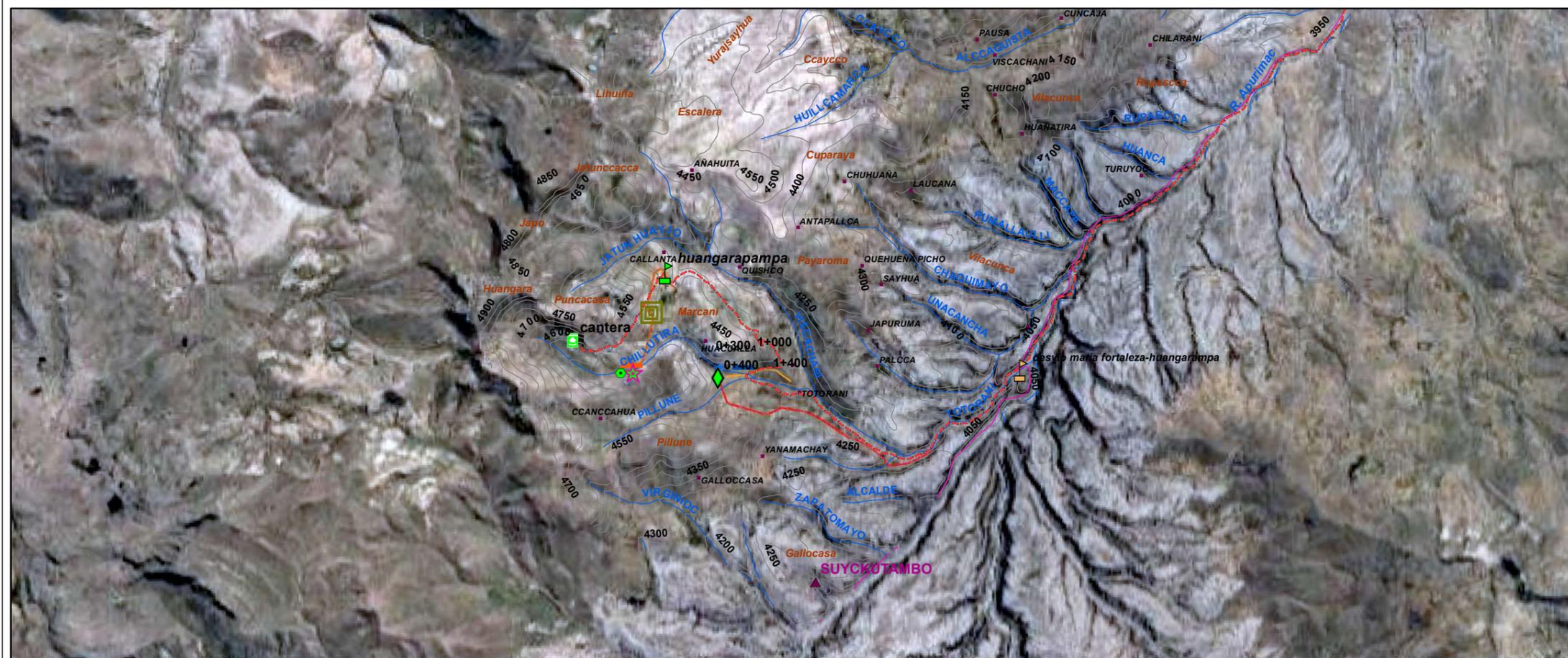
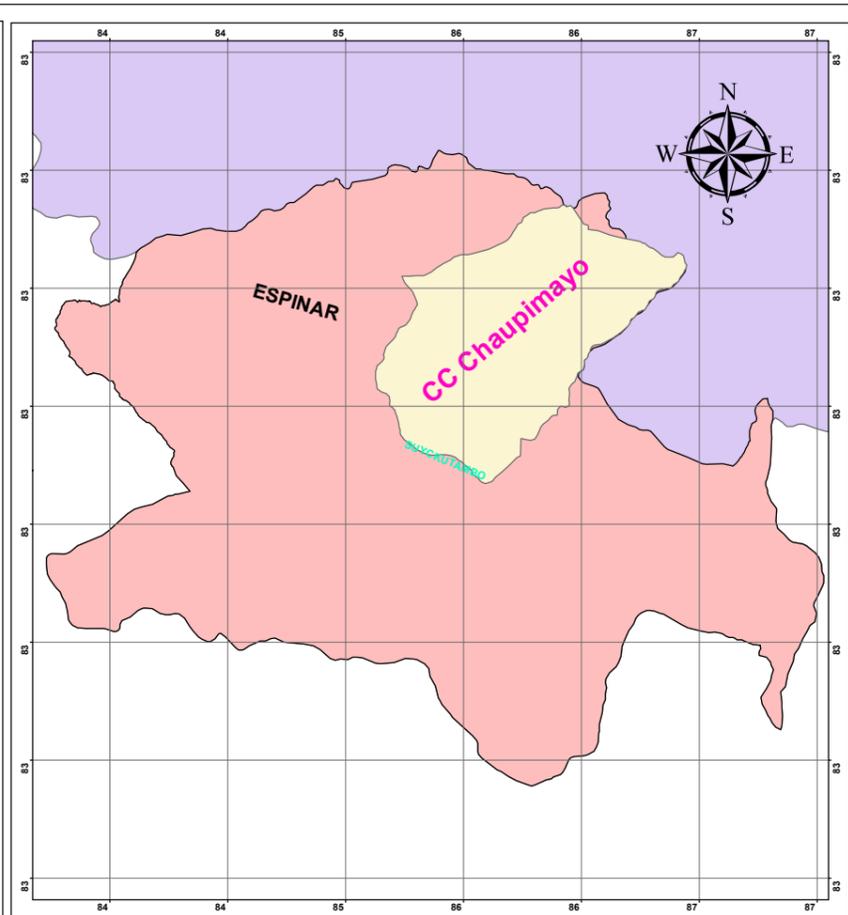
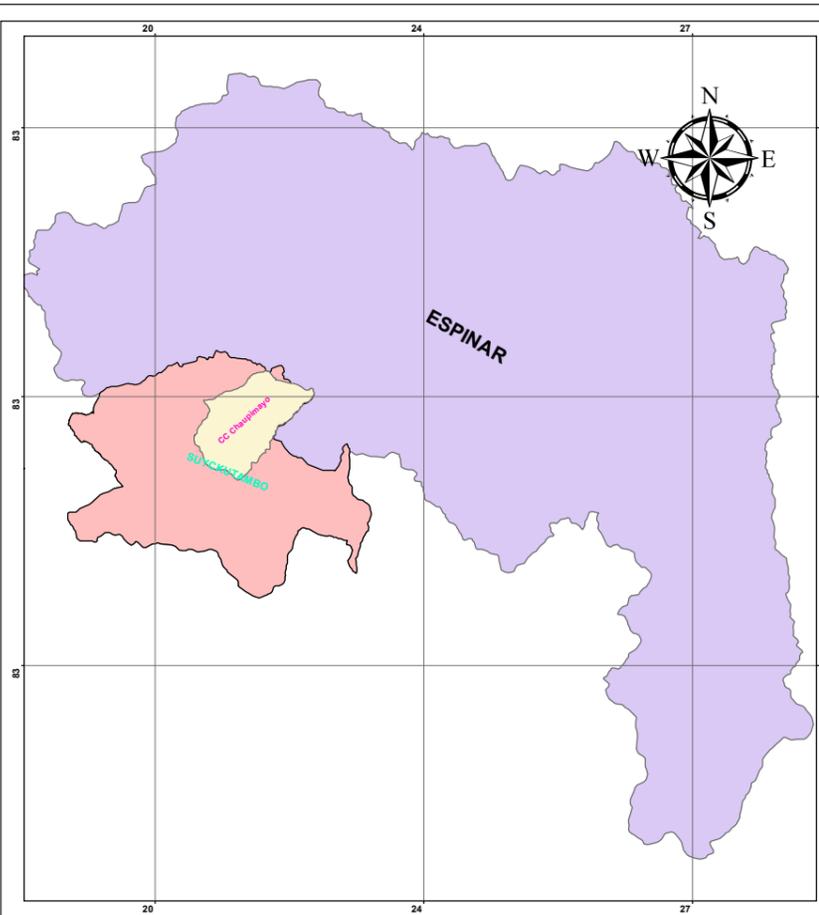
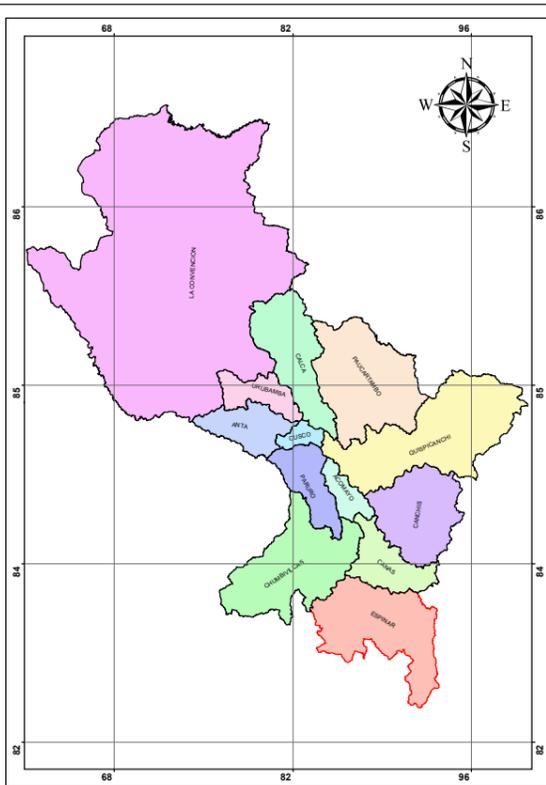


ZONA DE ESTUDIO
HUANGARAPAMPA - CHUPIMAYO



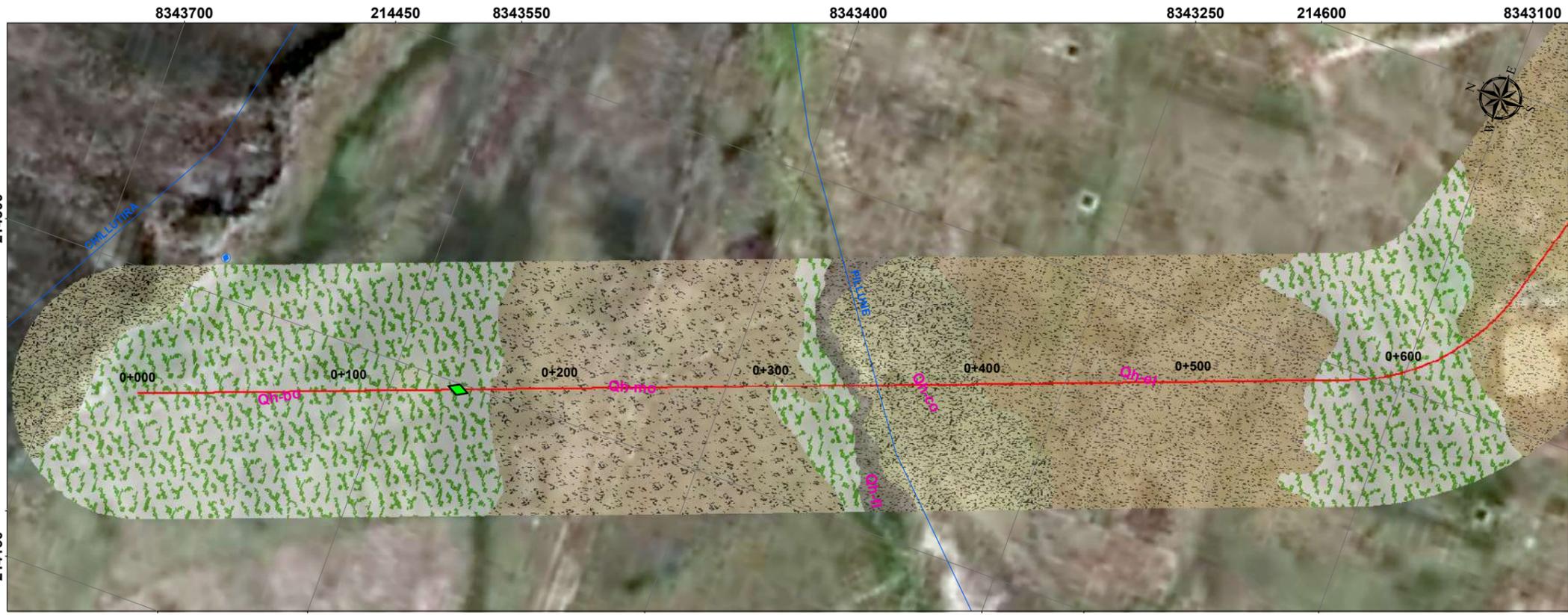
LEYENDA			
Geodinamica_Pol	Erosion diferencial	GW-GM	
Caída de rocas	Erosion fluvial	MH	
Solifluxion	Filtracion	ML	
Geodinamica	Movimiento lateral	Roca II	
Carcavas	Geotecnia	Roca III	
	GM	SM	
		Eje_presa	
		calicatas Dique	
		calicatas canal	

LEYENDA	
Centro_Poblado_Huangarapampa	Centro_Poblado_Espinar_Huangarapampa
Carretera	Capital distrital
Desvio_Maria_Fortaleza_Huangarapampa	Capital provincial
Eje_de_la_presa	SIN AFRIMAR
BOCATOMA SUYKUTAMBO	Cunus
DESCARGA DE FONDO PROYECTADO	Riego
EJE DE PRESA PROYECTADO	Lagos
PARTIDOR	PROG. 3
PASE AEREO	ADUCCIONES
RESERVIORIO	ADUCCION2
Carretera_Huangarapampa_Canteras	PROG1

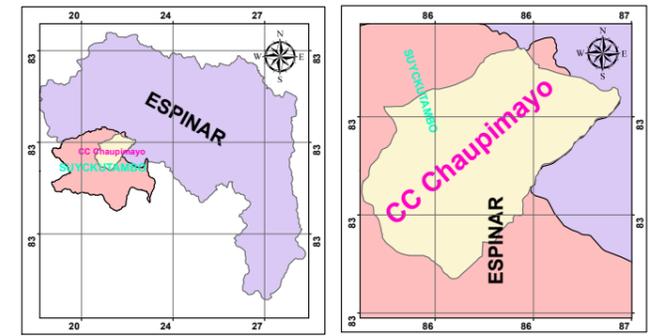
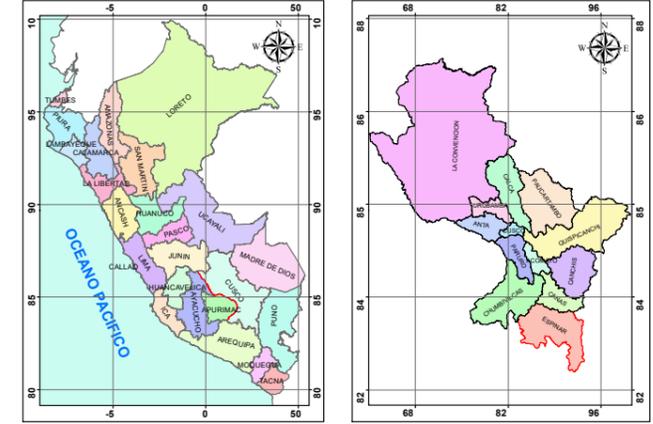


LEYENDA

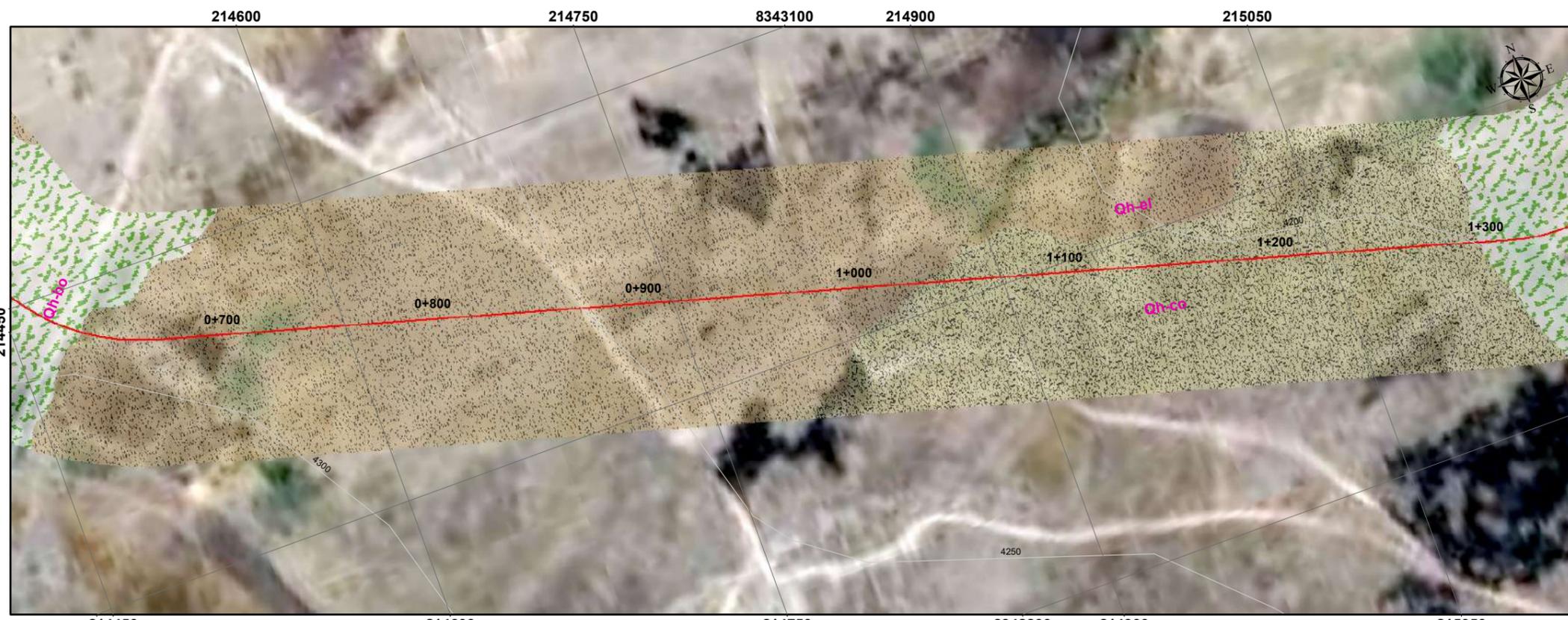
	Centro_Pobaldo_Huangarapampa		Carretera_Espinar_Huangarapampa
	Cantera		Centro poblado
	Desvio_Maria_Fortaleza_Huangarapampa		Capital distrital
	Eje_de_la_presa		Capital provincial
	BOCATOMA SUYKUTAMBO		SIN AFIRMAR
	DESCARGA DE FONDO PROYECTADO		Rio_s
	EJE DE PRESA PROYECTADO		Rio_p
	PARTIDOR		Lagos
	PASE AEREO		PROG_3
	RESERVORIO		ADUCCION3
	Carretera_Huangarapampa_Cantera		PROG_2
			PROG2
			ADUCCION2
			PROG1
			ADUCCION



LAMINA N° 01 PROG.: 0+000 Km - 0+600 Km ESC.: 1:2,500



LEYENDA		SIMBOLOGIA	
	Centro Poblado_Huangrapampa		Carretera_Huangrapampa_Cantera
	Centro Poblado_Huangrapampa		Carretera_Espinar_Huangrapampa
	Desvio_Maria_Fortaleza_Huangrapampa		PARTIDOR
	Desvio_de_la_presa		PASE AEREO
	BOCATOMA SUYKUTAMBO		RESERVIORIO
	DESCARGA DE FONDO PROYECTADO		Lamina N° 01
			Lamina N° 02
			Canal N° 01
			Canal N° 02
			Canal N° 03
			Centro poblado
			Capital distrital
			Centros
			Capital provincial
			SIN AFIRMAR
			Rio_s
			Rio_p
			Lagos



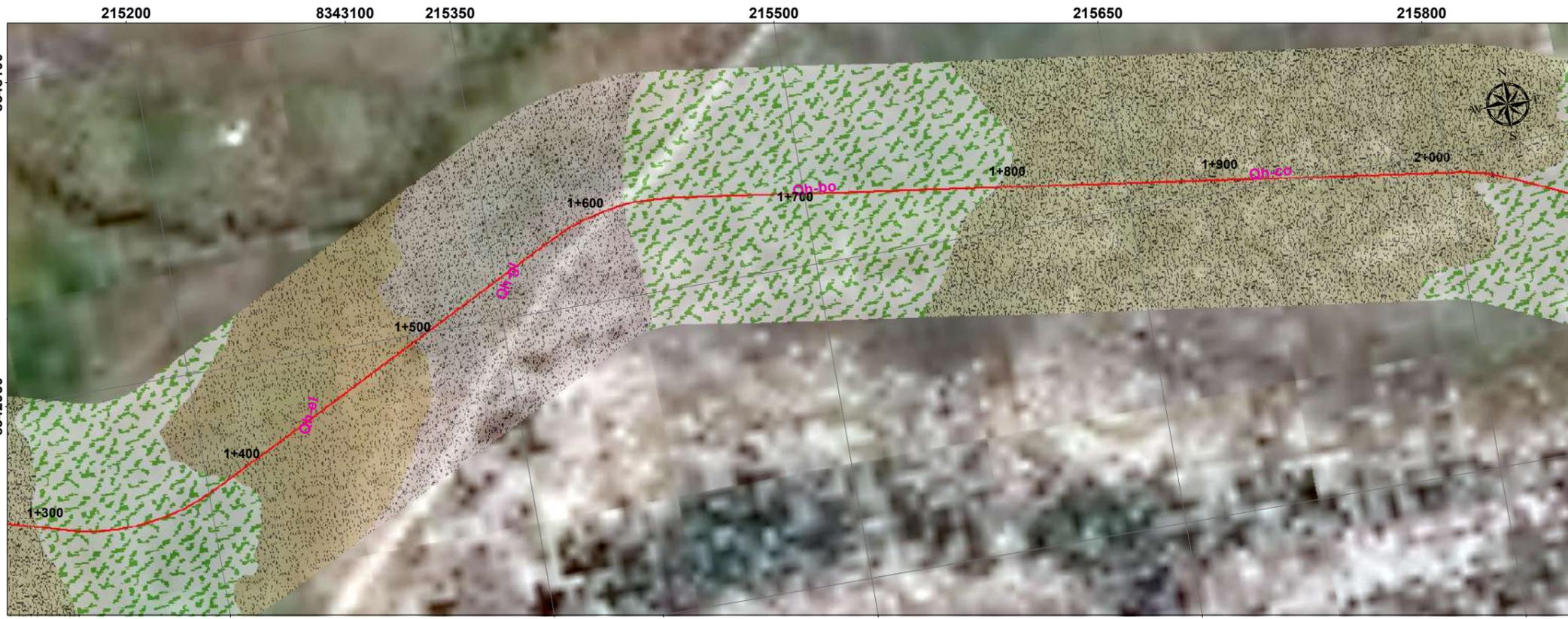
LAMINA N° 02 PROG.: 0+600 Km - 1+300 Km ESC.: 1:2,500



ERA	SISTEMA	SERIE	UNIDAD LITOESTRATIGRAFICA			
			UNIDAD	DESCRIPCION		
CUATERNARIO	HOLOCENO	Deposito Aluvial	Qh-al	Gravos subangulosos a subredondos arenosos en una matriz arenolimos		
		Deposito Eluvial	Qh-el	Clastos y gravos en matriz limo arenosa		
		Deposito Fluvio Aluvial	Qh-fal	Clastos angulosos y subangulosos en matriz arenosa		
		Deposito Fluvial	Qh-fl	Arenos, gravos de colinas, areniscas e intrusivos plásticos		
		Deposito Glacial	Qh-gl	Arenos y limos, topos en una matriz arenosa		
		Deposito Morrenico	Qh-mo	Bleques angulosos a subangulosos de rocas sedimentarias, metamórficas y volcánicas, en una matriz arenolimos		
		Deposito Coluvial	Qh-co	Bleques, gravos, arenas y limos en consistencias		
		Deposito Botedal	Qh-bo	Sedimentación en un ambiente subacuoso, forma sucesiones de arena fina, limos y niveles orgánicos		
		NEOGENO	PLIOCENO	Grupo Barroso	Nq-ba/pi	Intercalaciones de tobas coherentes y liticas
				Grupo Tobaca		
Grupo Formación Tacata	Nw-ich			Lavas andesíticas a traquibasálticas		

FUENTE: IMAGEN LAND SAT TM 7, SPOT 5, IGN, INEI, INGEMMET
PROYECCION: UTM WGS 84 ZONAL 19 L SUR

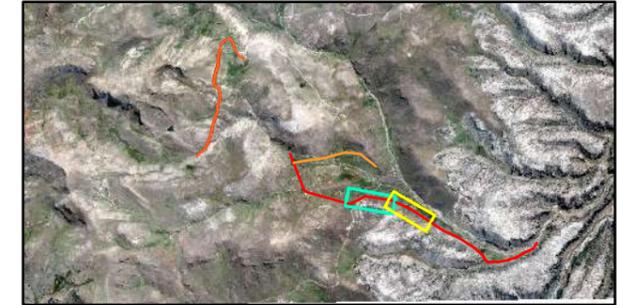
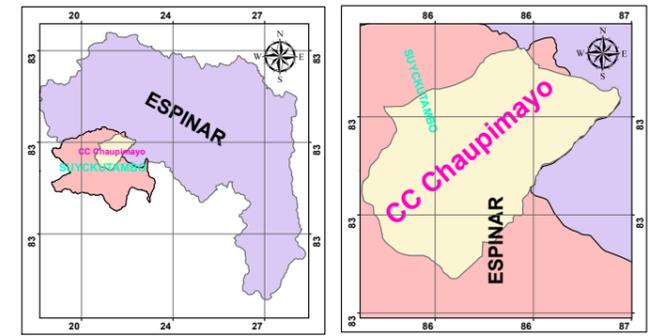
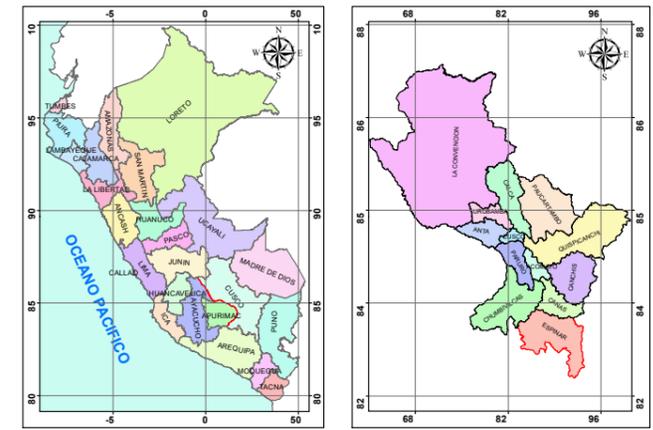
<p>UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO</p> <p>DEPARTAMENTO: CUSCO PROVINCIA: ESPINAR DISTRITO: SUYCUTAMBO</p>	<p>ELABORADO POR: BACH.: ROBERTO CARLOS TITO CCOA BACH.: JORGE VLADIMIR FERRO ROMAN</p>	<p>TESIS: "ESTUDIO GEOLOGICO GEOTECNICO DE LA MICROCUENCA CHILLIUTIRA PARA EL SERVICIO DE AGUA PARA EL SECTOR DE HUANGARAPAMPA-CHAUPIMAYO CON FINES DE RIEGO TECNIFICADO EN EL DISTRITO DE SUYCUTAMBO PROVINCIA DE ESPINAR REGION CUSCO".</p>	<p>PLANO: CANAL N° 01- GEOLOGICO LOCAL</p> <p>SECTOR: HUANGARAPAMPA - CHUAPIMAYO</p>	<p>ESCALA: INDICADO</p> <p>FECHA: ENERO DEL 2023</p> <p>ASESOR: Mgr. Ing. RONALD LOPEZ ZAPANA</p>	<p>CODIGO: P-03-1</p>
--	---	---	--	---	----------------------------------



LAMINA N° 01 PROG.: 1+300 Km - 2+000 Km ESC.:1:2,500



LAMINA N° 02 PROG.: 2+000 Km - 2+700 Km ESC.:1:2,500



LEYENDA		SIMBOLOGIA	
	Centro_Pobaldo_Huangrapampa		EJE DE PRESA PROYECTADO
	Carretera_Huangrapampa_Cantera		Carretera_Espinar_Huangrapampa
	Desvio_Maria_Fortaleza_Huangrapampa		PARTIDOR
	Boque de la presa		BOCATOMA SUYKUTAMBO
	DESCARGA DE FONDO PROYECTADO		RESERVIORIO
	Carretera_Huangrapampa_Cantera		Carretera_Espinar_Huangrapampa
	PARTIDOR		Lamina N° 01
	BOCATOMA SUYKUTAMBO		Canal N° 01
	DESCARGA DE FONDO PROYECTADO		Canal N° 02
	RESERVIORIO		Canal N° 03
	Centro poblado		Capital distal
	Capital provincial		Centros
	SIN AFIRMAR		Rio_s
	Rio_p		Lagos

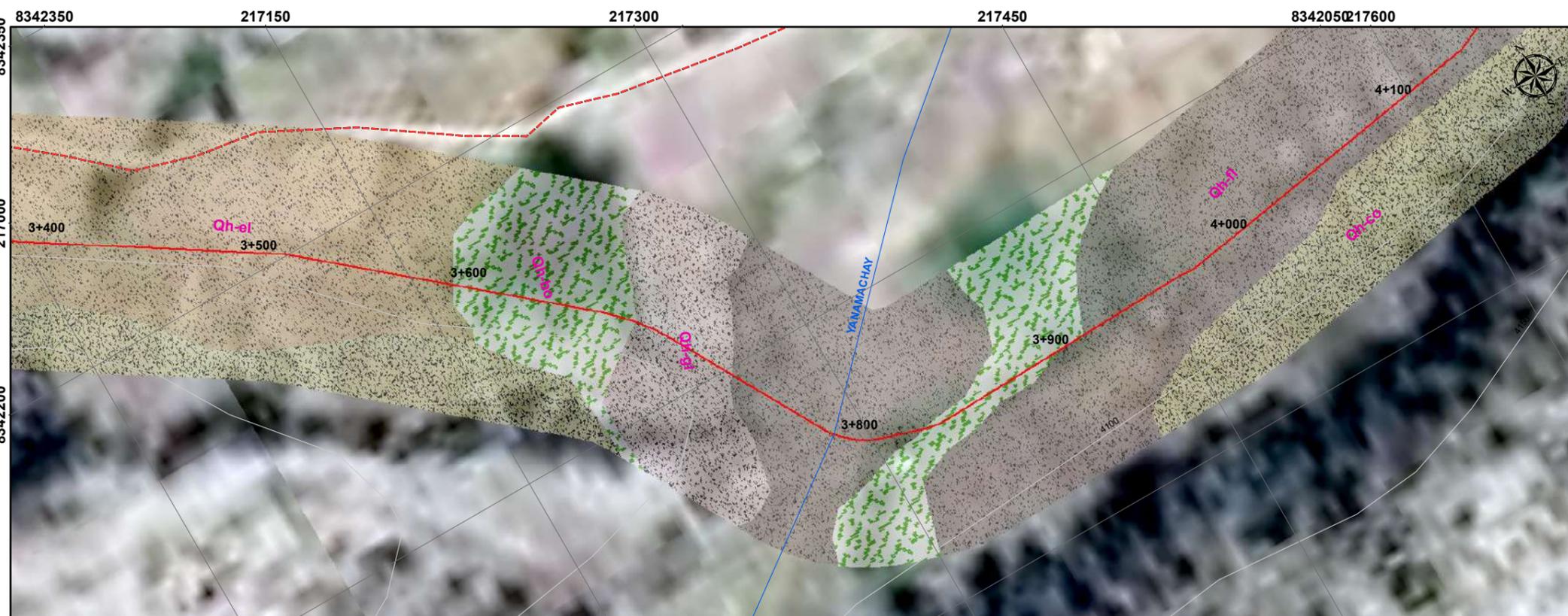
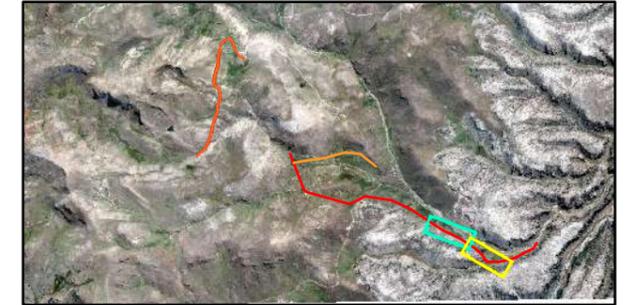
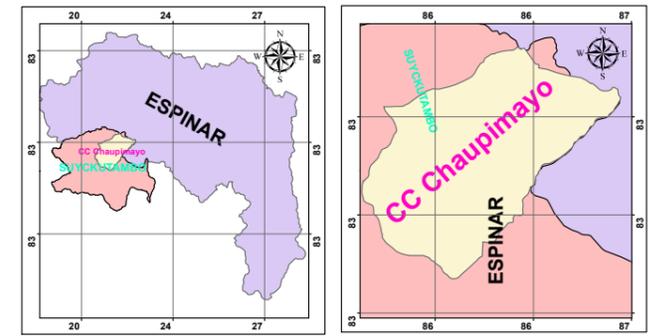
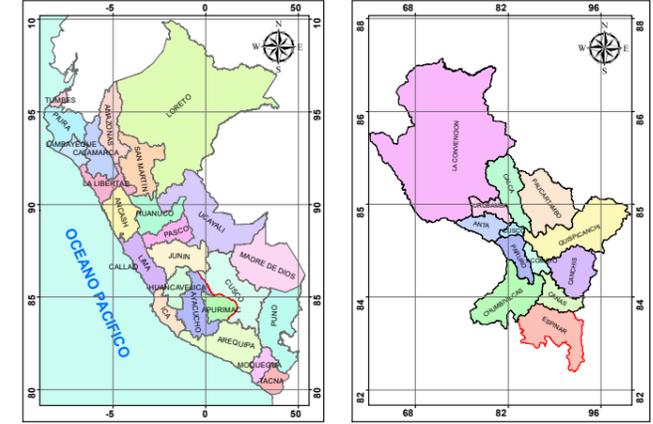
ERA	SISTEMA	SERIE	UNIDAD LITOESTRATIGRAFICA			
CUATERNARIO	HOLOCENO	Deposito Aluvial	Qh-al	Gravos subangulosos a subredondados arenosos en una matriz arenolimoso		
		Deposito Eluvial	Qh-el	Clastos y gravos en matriz limo arenosa		
		Deposito Fluvio Aluvial	Qh-fal	Clastos angulosos y subangulosos en matriz arenosa		
		Deposito Fluvial	Qh-fl	Arenos, gravos de calizas, areniscas e intrusivos platinicos		
		Deposito Glacial	Qh-gl	Arenos y limos, tobas en una matriz arenosa		
		Deposito Morrenico	Qh-mo	Bleques angulosos a subangulosos de rocas sedimentarias, metamorficas y volcanicas, en una matriz arenolimoso		
		Deposito Coluvial	Qh-co	Bleques, gravos, arenas y limos en variedades		
		Deposito Botedal	Qh-bo	Sedimentacion en un ambiente subacuatico, forma ocasionales de arena fina, limos y niveles orgánicos.		
		NEOGENO	PLIOCENO	Grupo Barroso	Nq-ba/pi	Intercalaciones de tobas coherentes y liticas
				Grupo Tobaca	Nq-to	Lavas andesiticas a traquibasalticas
Grupo Tacata	Nq-ta					

FUENTE: IMAGEN LAND SAT TM 7, SPOT 5, IGN, INEI, INGEMMET
 PROYECCION: UTM WGS 84 ZONAL 19 L SUR

<p>UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO</p> <p>DEPARTAMENTO: CUSCO PROVINCIA: ESPINAR DISTRITO: SUYKUTAMBO</p>	<p>ELABORADO POR: BACH.: ROBERTO CARLOS TITO CCOA BACH.: JORGE VLADIMIR FERRO ROMAN</p>	<p>TESIS: "ESTUDIO GEOLOGICO GEOTECNICO DE LA MICROCUENCA CHILLIUTIRA PARA EL SERVICIO DE AGUA PARA EL SECTOR DE HUANGARAPAMPA-CHAUPIMAYO CON FINES DE RIEGO TECNIFICADO EN EL DISTRITO DE SUYKUTAMBO PROVINCIA DE ESPINAR REGION CUSCO".</p>	<p>PLANO: CANAL N° 01- GEOLOGICO LOCAL</p> <p>SECTOR: HUANGARAPAMPA - CHUAPIMAYO</p>	<p>ESCALA: INDICADO FECHA: ENERO DEL 2023 ASESOR: Mgr. Ing. RONALD LOPEZ ZAPANA</p>	<p>CODIGO: P-03-2</p>
---	---	--	--	--	-----------------------------------



LAMINA N° 01 PROG.: 2+700 Km - 3+400 Km ESC.: 1:2,500



LAMINA N° 02 PROG.: 3+400 Km - 4+100 Km ESC.: 1:2,500

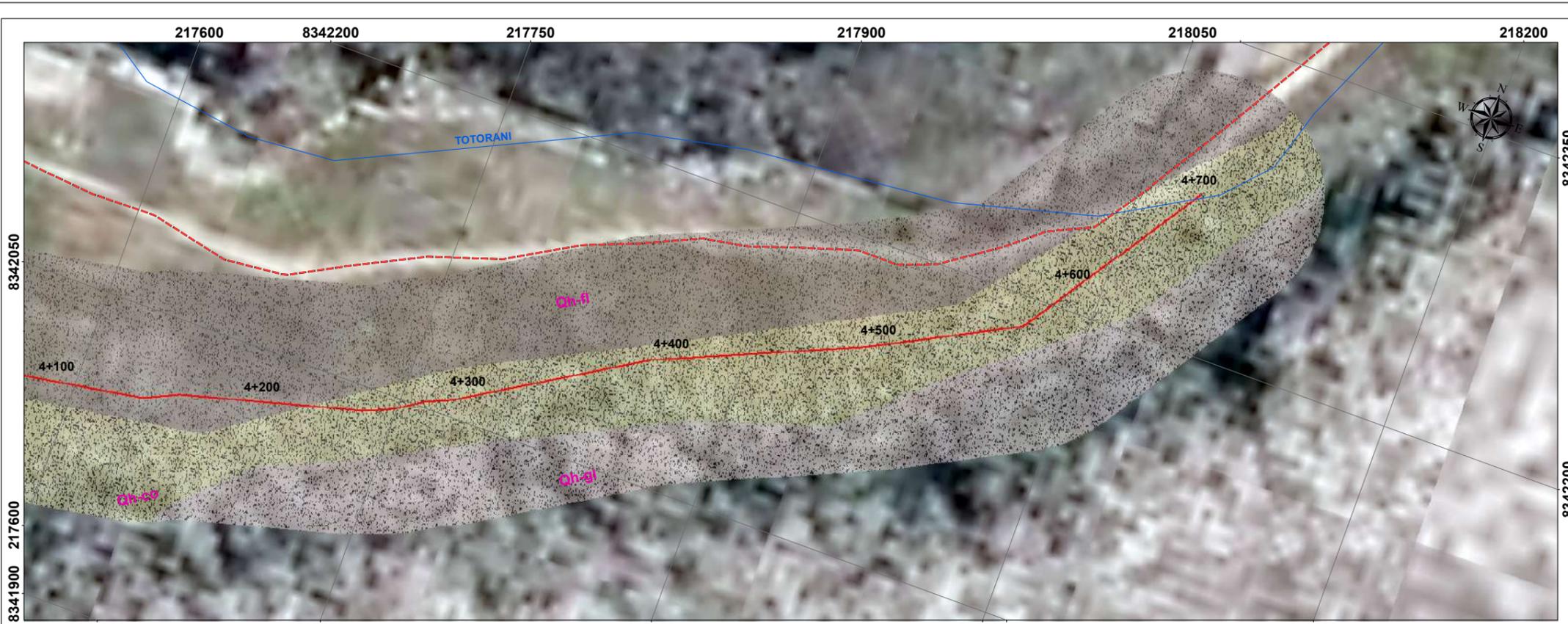


LEYENDA		SIMBOLOGIA	
	Centro Poblado_Huangrapampa		EJE DE PRESA PROYECTADO
	Desvio_Maria_Fortaleza_Huangrapampa		Carretera_Huangrapampa_Cantera
	Site_de_la_presa		Carretera_Espinar_Huangrapampa
	BOCATOMA SUYKUTAMBO		PARTIDOR
	DESCARGA DE FONDO PROYECTADO		PASE AEREO
	RESERVIORIO		Lamina N° 01
			Lamina N° 02
			Canal N° 01
			Canal N° 02
			Canal N° 03
			Centro poblado
			Capital distrital
			Centros
			Capital provincial
			SIN AFIRMAR
			Rio_s
			Rio_p
			Lagos

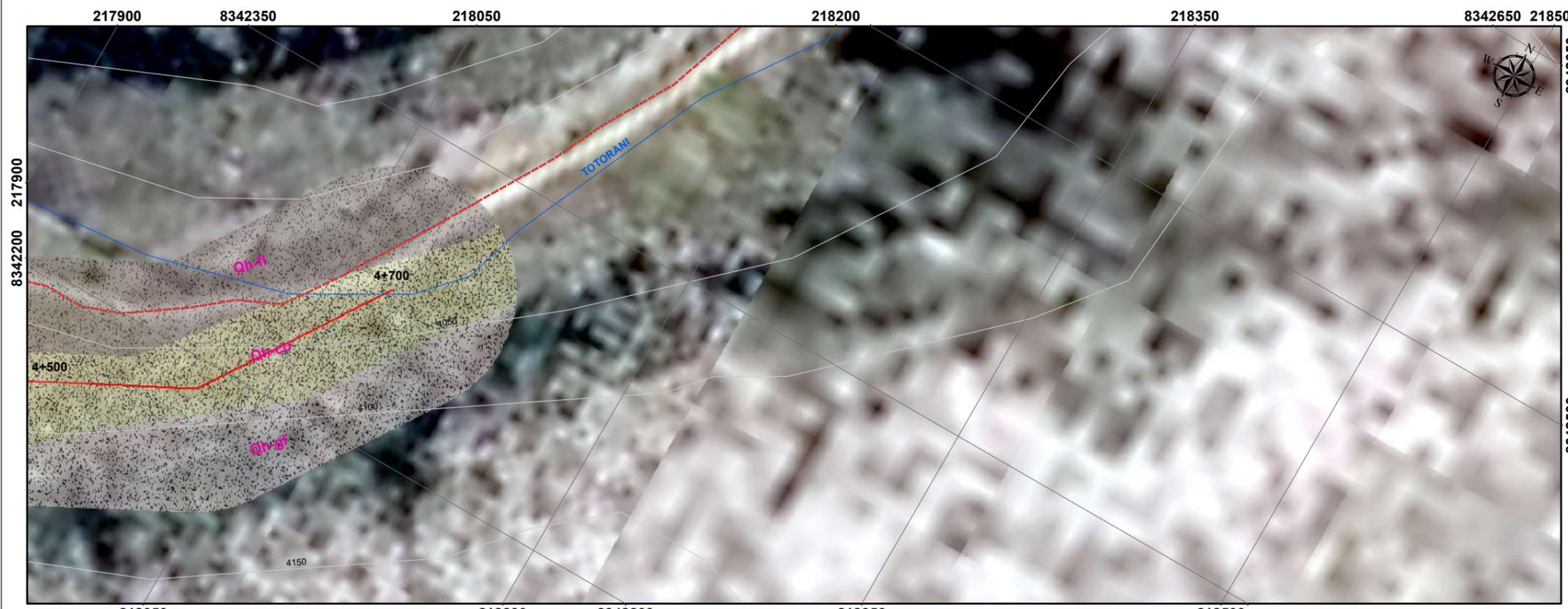
ERA	SISTEMA	EDAD	SERIE	UNIDAD LITOESTRATIGRAFICA		
				UNIDAD	DESCRIPCION	
CUATERNARIO	HOLOCENO	Deposito Aluvial	Qh-al	Gravos subangulosos a subredondos arenosos en una matriz arenolimos		
		Deposito Eluvial	Qh-el	Clastos y gravos en matriz limo arenosa		
		Deposito Fluvio Aluvial	Qh-fal	Clastos angulosos y subangulosos en matriz arenosa		
		Deposito Fluvial	Qh-fl	Arenos, granos de calizas, areniscas e intrusivos plásticos		
		Deposito Glacial	Qh-gl	Arenas y limos, tubos en una matriz arenosa		
		Deposito Morrenico	Qh-mo	Bleques angulosos a subangulosos de rocas sedimentarias, metamórficas y volcánicas, en una matriz arenolimos		
		Deposito Coluvial	Qh-co	Bleques, gravos, arenas y limos no consolidados		
		Deposito Botedal	Qh-bo	Sedimentación en un ambiente subacuoso, forma sucesiones de arena fina, limos y niveles orgánicos		
		NEOGENO	PLIOCENO	Grupo Barroso	Nq-ba/pi	Intercalaciones de talas coarctadas y liticas
				Grupo Tobaca	Nq-to	
Grupo Tacata	Nq-ta					
MIOCENO	TACATA	Formacion Ichocello	Mi-ich	Lavas andesíticas a traquibasálticas		

FUENTE: IMAGEN LAND SAT TM 7, SPOT 5, IGN, INEI, INGEMMET
PROYECCION: UTM WGS 84 ZONAL 19 L SUR

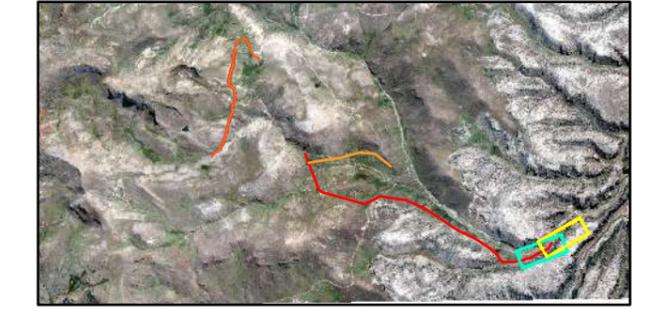
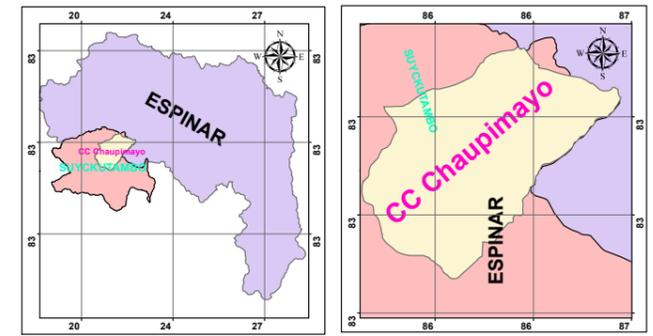
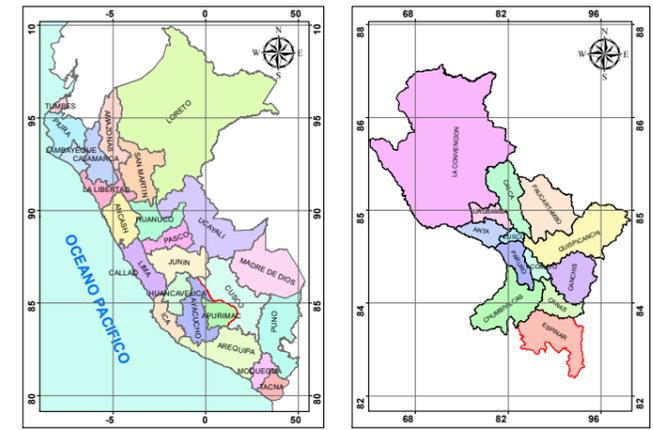
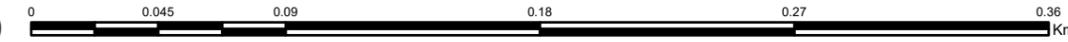
<p>UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO</p> <p>DEPARTAMENTO: CUSCO PROVINCIA: ESPINAR DISTRITO: SUYKUTAMBO</p>	<p>ELABORADO POR: BACH.: ROBERTO CARLOS TITO CCOA BACH.: JORGE VLADIMIR FERRO ROMAN</p>	<p>TESIS: "ESTUDIO GEOLOGICO GEOTECNICO DE LA MICROCUENCA CHILLIUTIRA PARA EL SERVICIO DE AGUA PARA EL SECTOR DE HUANGARAPAMPA-CHAUPIMAYO CON FINES DE RIEGO TECNIFICADO EN EL DISTRITO DE SUYKUTAMBO PROVINCIA DE ESPINAR REGION CUSCO".</p>	<p>PLANO: CANAL N° 01- GEOLOGICO LOCAL</p> <p>SECTOR: HUANGARAPAMPA - CHUAPIMAYO</p>	<p>ESCALA: INDICADO FECHA: ENERO DEL 2023 ASESOR: Mgr. Ing. RONALD LOPEZ ZAPANA</p>	<p>CODIGO: P-03-3</p>
--	---	---	--	---	----------------------------------



LAMINA N° 01 PROG.: 4+100 Km - 4+700 Km ESC.: 1:2,500



LAMINA N° 02 PROG.: 4+500 Km - 4+700 Km ESC.: 1:2,500

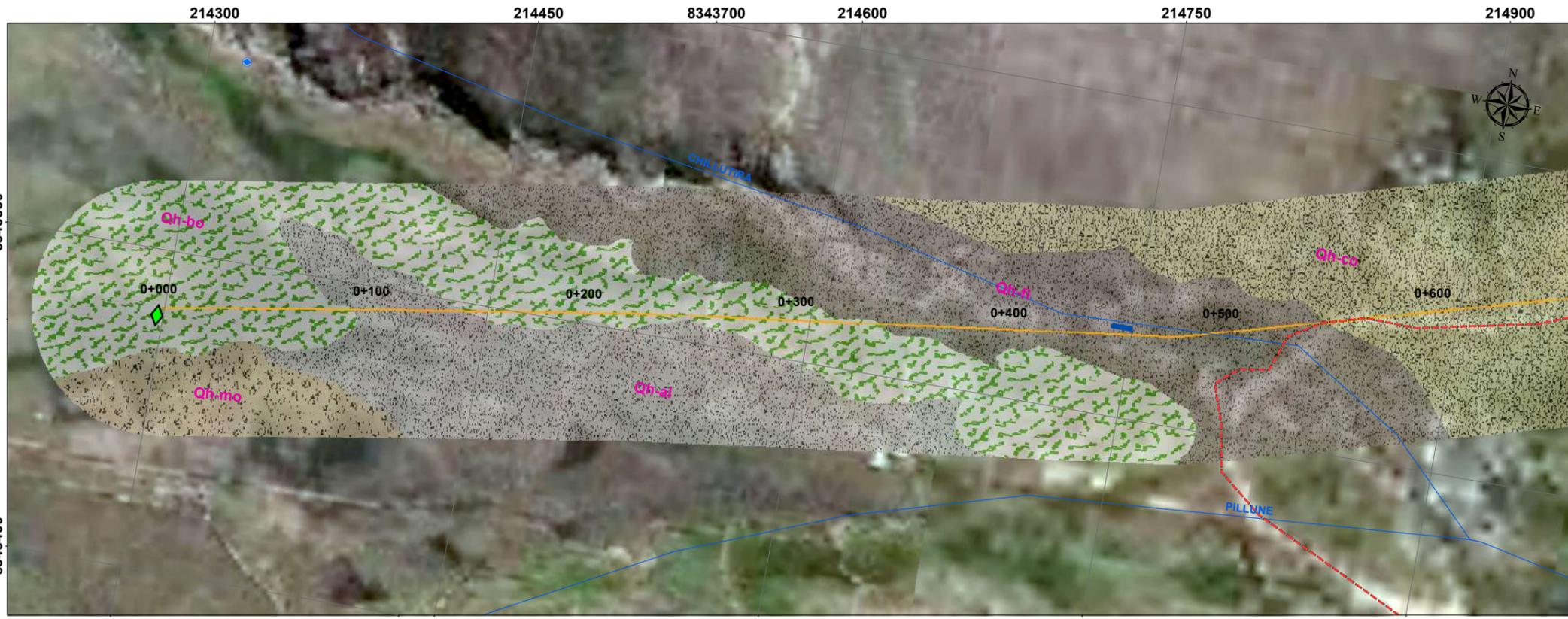


LEYENDA		SIMBOLOGIA	
	Centro Poblado_Huangrapampa		EJE DE PRESA PROYECTADO
	Desvio_Maria_Fortaleza_Huangrapampa		Carretera_Huangrapampa_Cantera
	Site_de_la_presa		Carretera_Espinar_Huangrapampa
	BOCATOMA SUYKUTAMBO		PARTIDOR
	DESCARGA DE FONDO PROYECTADO		PASE AEREO
	RESERVORIO		Carretera_Huangrapampa_Cantera
			Lamina N° 01
			Lamina N° 02
			Canal N° 01
			Canal N° 02
			Canal N° 03
			Centro poblado
			Capital distal
			Capital provincial
			Cerros
			SIN AFIRMAR
			Rio_s
			Rio_p
			Lagos

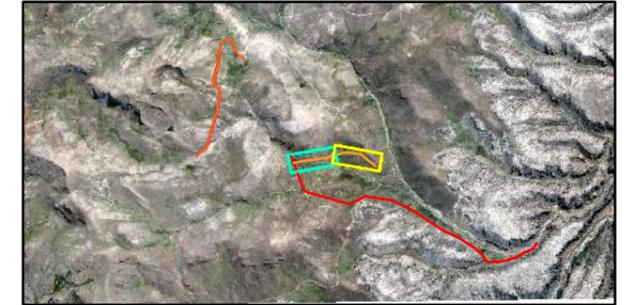
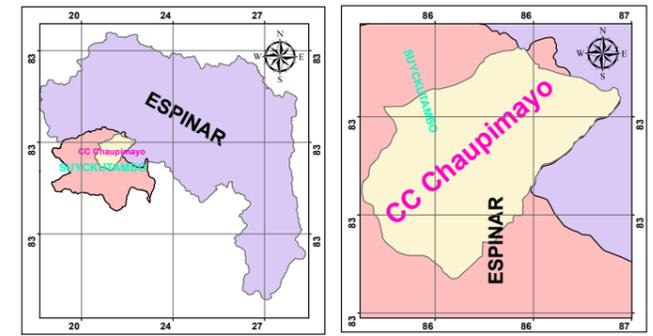
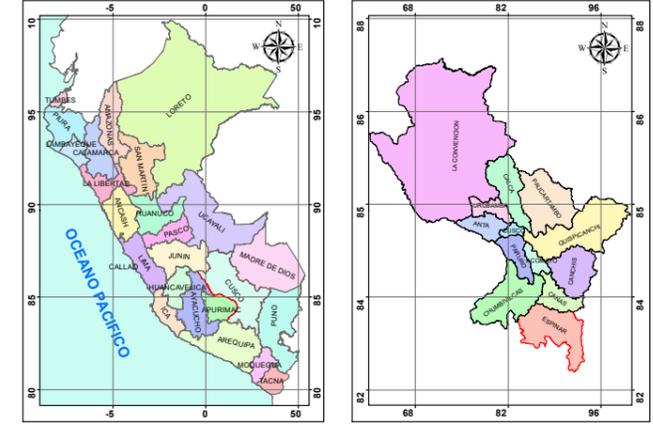
ERA	SISTEMA	SERIE	UNIDAD LITOESTRATIGRAFICA		
CUATERNARIO	HOLOCENO	Deposito Aluvial	Qh-al Gravas subangulosas a subredondeadas arenosas en una matriz arenolimosas		
		Deposito Eluvial	Qh-el Clastos y gravas en matriz limo arenosa		
		Deposito Fluvio Aluvial	Qh-fal Clastos angulosos y subangulosos en matriz arenosa		
		Deposito Fluvial	Qh-fl Arenas, gravas de calizas, areniscas e intrusivos plutonicos		
		Deposito Glacial	Qh-gl Arenas y limos, tobas en una matriz arenosa		
		Deposito Morrenico	Qh-mo Bloques angulosos a subangulosos de rocas sedimentarias, metamorficas y volcanicas, en una matriz arenolimosas		
		Deposito Coluvial	Qh-co Bloques, gravas, arenas y limos no consolidados		
		Deposito Botedal	Qh-bo Sedimentacion en un ambiente subacuoso, forma occurrencias de arena fina, limos y niveles orgánicos		
		NEOGENO	PLIOCENO	Grupo Barroso	Nq-ba/pi Intercalaciones de tobas coherentes y liticas
				Grupo Tobaca	Nq-ta
Grupo Tacata	Nq-ta				
MIOCENO	TACATA	Formacion Ichocello	Nm-ich Lajas andesiticas a traquibasalticas		

FUENTE: IMAGEN LAND SAT TM 7, SPOT 5, IGN, INEI, INGEMMET
 PROYECCION: UTM WGS 84 ZONAL 19 L SUR

<p>UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO</p> <p>DEPARTAMENTO: CUSCO PROVINCIA: ESPINAR DISTRITO: SUYCUTAMBO</p>	<p>ELABORADO POR: BACH.: ROBERTO CARLOS TITO CCOA BACH.: JORGE VLADIMIR FERRO ROMAN</p>	<p>TESIS: "ESTUDIO GEOLOGICO GEOTECNICO DE LA MICROCUENCA CHILLIUTIRA PARA EL SERVICIO DE AGUA PARA EL SECTOR DE HUANGARAPAMPA-CHAUPIMAYO CON FINES DE RIEGO TECNIFICADO EN EL DISTRITO DE SUYCUTAMBO PROVINCIA DE ESPINAR REGION CUSCO".</p>	<p>PLANO: CANAL N° 01- GEOLOGICO LOCAL</p> <p>SECTOR: HUANGARAPAMPA - CHUAPIMAYO</p>	<p>ESCALA: INDICADO FECHA: ENERO DEL 2023 ASESOR: Mgr. Ing. RONALD LOPEZ ZAPANA</p>	<p>CODIGO: P-03-4</p>
---	---	--	--	--	-----------------------------------



LAMINA N° 01 PROG.: 0+000 Km - 0+650 Km ESC.: 1:2,500



LAMINA N° 02 PROG.: 0+650 Km - 1+400 Km ESC.: 1:2,500

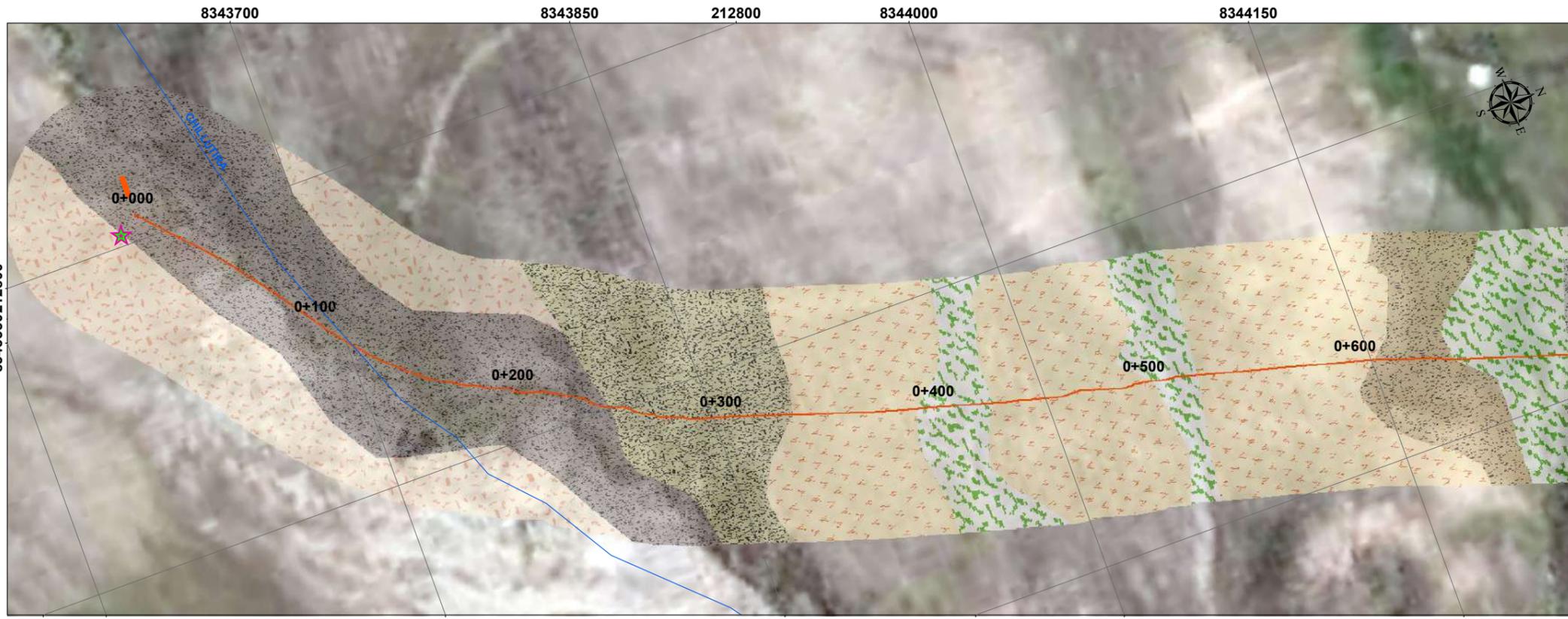


LEYENDA		SIMBOLOGIA	
	Centro Poblado_Huangarapampa		Carretera_Huangarapampa_Cantera
	Desvio_Maria_Fortaleza_Huangarapampa		Carretera_Espinar_Huangarapampa
	Bocatoma SUYUTAMBO		PARTIDOR
	DESCARGA DE FONDO PROYECTADO		FASE AEREO
	RESERVOIRIO		Canal N° 01
			Canal N° 02
			Canal N° 03
			Centro poblado
			Capital distrital
			Capital provincial
			Cerros
			SIN AFIRMAR
			Rio_s
			Rio_p
			Lagos

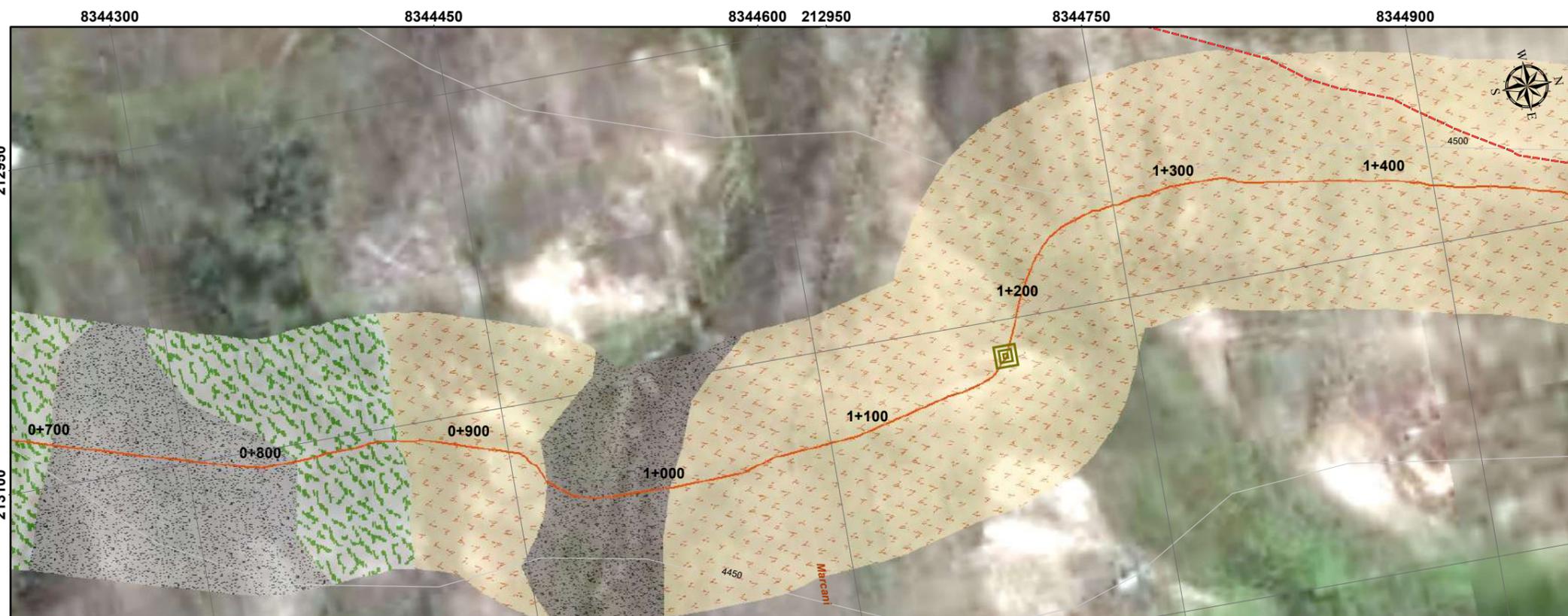
ERA	SISTEMA	SERIE	UNIDAD LITOESTRATIGRAFICA				
CENozoICA	CUATERNARIO	HOLOCENA	Deposito Aluvial	Qh-al	Gravos subangulosos a subredondos arenosos en una matriz arenolimos		
			Deposito Eluvial	Qh-el	Clastos y gravos en matriz limo arenosa		
			Deposito Fluvio Aluvial	Qh-fal	Clastos angulosos y subangulosos en matriz arenosa		
			Deposito Fluvial	Qh-fl	Arenas, gravos de colinas, areniscas e intrusivos plásticos		
			Deposito Glacial	Qh-gl	Arenas y limos, tubos en una matriz arenosa		
			Deposito Morrenico	Qh-mo	Bleques angulosos a subangulosos de rocas sedimentarias, metamórficas y volcánicas, en una matriz arenolimos		
			Deposito Coluvial	Qh-co	Bleques, gravos, arenas y limos no consolidados		
			Deposito Botedal	Qh-bo	Sedimentación en un ambiente subacuoso, forma sucesiones de arena, limos y niveles orgánicos		
			NEOGENO	PLIOGENA	Grupo Barroso	Nq-ba/pi	Intercalaciones de tobas coherentes y liticas
					Grupo Tobaca		
Grupo Tacata	Ne-tch	Lavas andesíticas a traquibasálticas					

FUENTE: IMAGEN LAND SAT TM 7, SPOT 5, IGN, INEI, INGEMMET
 PROYECCION: UTM WGS 84 ZONAL 19 L SUR

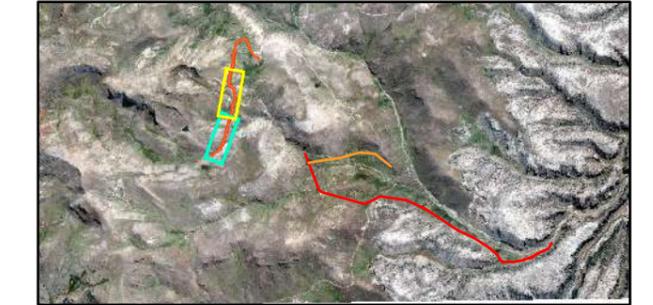
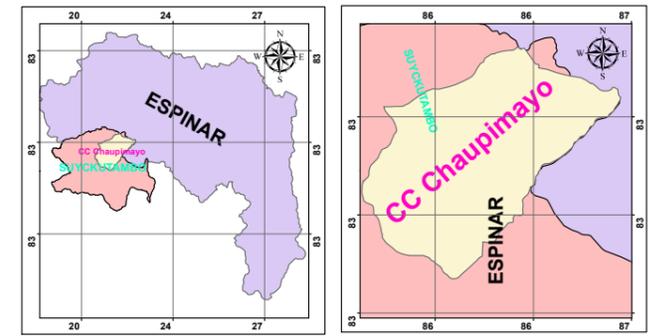
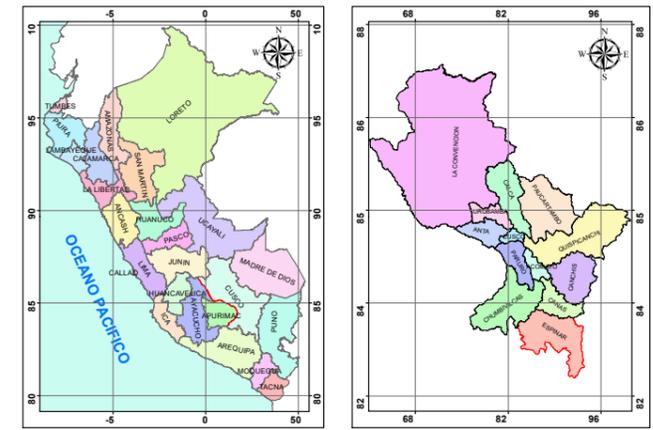
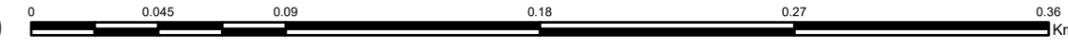
<p>UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO</p> <p>DEPARTAMENTO: CUSCO PROVINCIA: ESPINAR DISTRITO: SUYUTAMBO</p>	<p>ELABORADO POR: BACH.: ROBERTO CARLOS TITO CCOA BACH.: JORGE VLADIMIR FERRO ROMAN</p>	<p>TESIS: "ESTUDIO GEOLOGICO GEOTECNICO DE LA MICROCUENCA CHILLITIRA PARA EL SERVICIO DE AGUA PARA EL SECTOR DE HUANGARAPAMPA-CHAUPIMAYO CON FINES DE RIEGO TECNIFICADO EN EL DISTRITO DE SUYUTAMBO PROVINCIA DE ESPINAR REGION CUSCO".</p>	<p>PLANO: CANAL N° 02- GEOLOGICO LOCAL</p> <p>SECTOR: HUANGARAPAMPA - CHUAPIMAYO</p>	<p>ESCALA: INDICADO FECHA: ENERO DEL 2023 ASESOR: Mgr. Ing. RONALD LOPEZ ZAPANA</p>	<p>CODIGO: P-03-5</p>
--	---	--	--	--	-----------------------------------



LAMINA N° 01 PROG.: 0+000 Km - 0+700 Km ESC.: 1:2,500



LAMINA N° 02 PROG.: 0+700 Km - 1+400 Km ESC.: 1:2,500



LEYENDA		SIMBOLOGIA	
	Centro Poblado_Huangrapampa		Carretera_Huangrapampa_Cantera
	Desvio_Maria_Fortaleza_Huangrapampa		Carretera_Espinar_Huangrapampa
	Cabe de la presa		PARTIDOR
	BOCATOMA SUYKUTAMBO		PASE AEREO
	DESCARGA DE FONDO PROYECTADO		RESERVIORIO
			Centro poblado
			Capital distrital
			Capital provincial
			Cerros
			SIN AFIRMAR
			Rio_s
			Rio_p
			Lagos

ERA	SISTEMA	SERIE	UNIDAD LITOESTRATIGRAFICA				
			Nombre	Descripción	Simbología		
CUATERNARIO	HOLOCENO	Deposito Aluvial	Qh-al	Gravos subangulosos a subredondados arenosos en una matriz arenolimos			
		Deposito Eluvial	Qh-el	Clastos y gravos en matriz limo arenosa			
		Deposito Fluvio Aluvial	Qh-fal	Clastos angulosos y subangulosos en matriz arenosa			
		Deposito Fluvial	Qh-fl	Arenos, gravos de calizas, areniscas e intrusivos plutonicos			
		Deposito Glacial	Qh-gl	Arenas y limos, tubos en una matriz arenosa			
		Deposito Morrenico	Qh-mo	Bloques angulosos a subangulosos de rocas sedimentarias, metamorficas y volcanicas, en una matriz arenolimos			
		Deposito Coluvial	Qh-co	Bloques, gravos, arenas y limos no consolidados			
		Deposito Botedal	Qh-bo	Sedimentacion en un ambiente subacuoso, forma ocasionales de arena fina, limos y niveles orgánicos.			
		NEOGENO	PLIOCENO	Grupo Barroso	Nq-ba/pi	Intercalaciones de tobas coherentes y liticas	
				Grupo Tobaca	Nq-to	Lavas andesiticas a traquibasalticas	
Grupo Tacata	Nq-ta						

FUENTE: IMAGEN LAND SAT TM 7, SPOT 5, IGN, INEI, INGEMMET
 PROYECCION: UTM WGS 84 ZONAL 19 L SUR

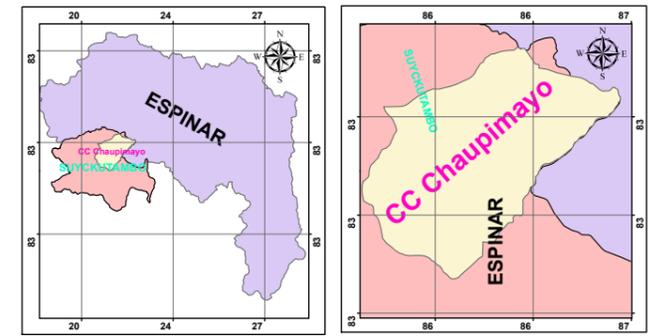
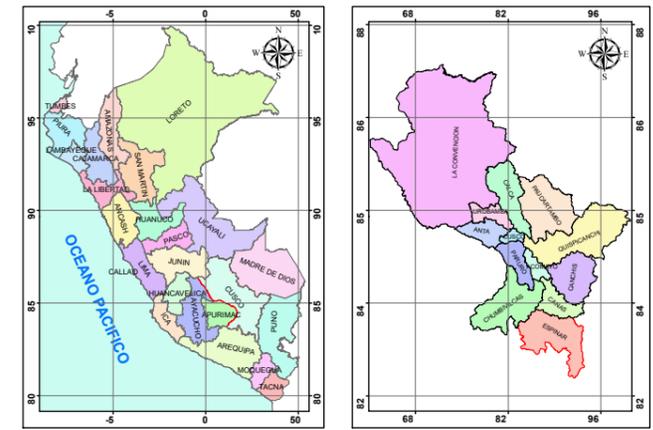
<p>UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO</p> <p>DEPARTAMENTO: CUSCO PROVINCIA: ESPINAR DISTRITO: SUYCUTAMBO</p>	<p>ELABORADO POR: BACH.: ROBERTO CARLOS TTITO CCOA BACH.: JORGE VLADIMIR FERRO ROMAN</p>	<p>TESIS: "ESTUDIO GEOLOGICO GEOTECNICO DE LA MICROCUENCA CHILLIUTIRA PARA EL SERVICIO DE AGUA PARA EL SECTOR DE HUANGARAPAMPA-CHAUPIMAYO CON FINES DE RIEGO TECNIFICADO EN EL DISTRITO DE SUYCUTAMBO PROVINCIA DE ESPINAR REGION CUSCO".</p>	<p>PLANO: CANAL N° 03- GEOLOGICO LOCAL</p> <p>SECTOR: HUANGARAPAMPA - CHUAPIMAYO</p>	<p>ESCALA: INDICADO FECHA: ENERO DEL 2023 ASESOR: Mgr. Ing. RONALD LOPEZ ZAPANA</p>	<p>CODIGO: P-03-6</p>
---	--	--	--	--	-----------------------------------



LAMINA N° 01 PROG.: 0+000 Km - 0+700 Km ESC.: 1:2,500



LAMINA N° 02 PROG.: 0+700 Km - 1+400 Km ESC.: 1:2,500



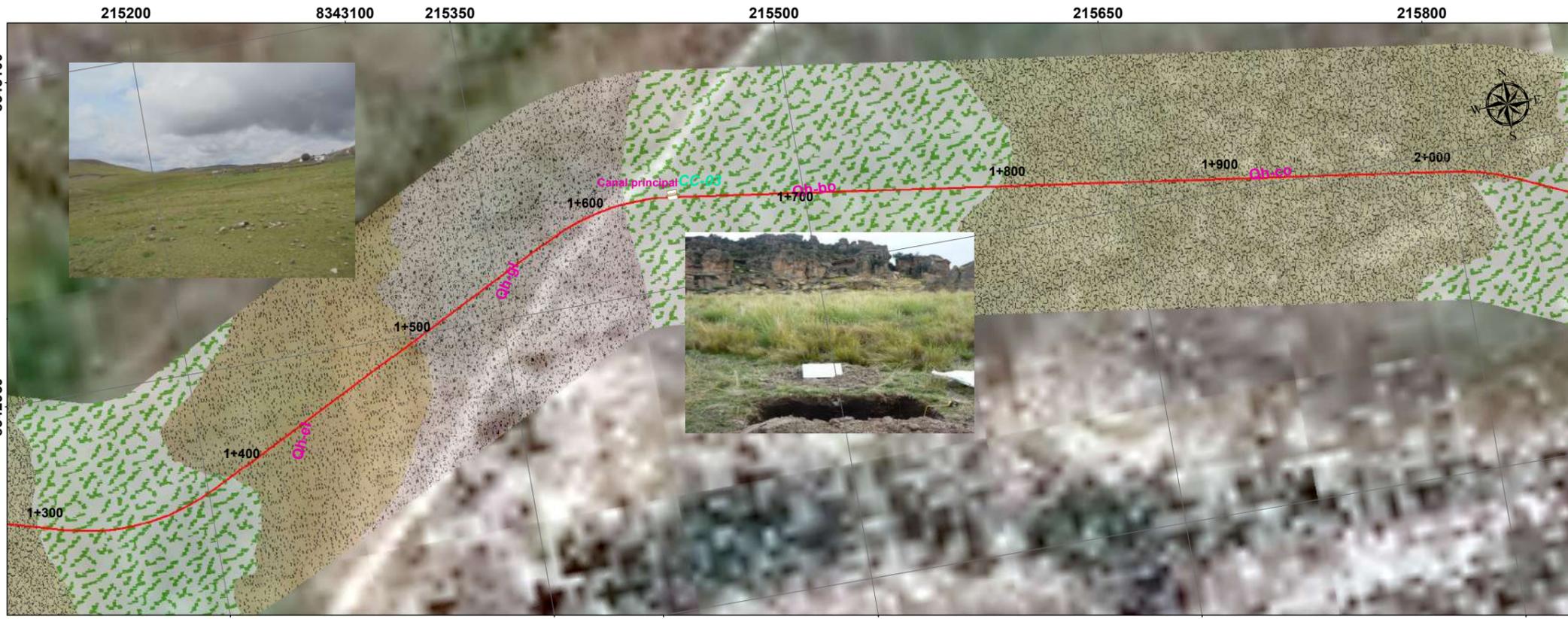
SIMBOLOGIA

Centro_Pobaldo_Huangarapampa	EJE DE PRESA PROYECTADO	Carretera_Huangarapampa_Cantera	Centro poblado
Desvio_Maria_Fortaleza_Huangarapampa	PARTIDOR	Carretera_Espinar_Huangarapampa	Capital distrital
Bocatoma SUYKUTAMBO	PASE AEREO	Carretera_Espinar_Huangarapampa	Capital provincial
DESCARGA DE FONDO PROYECTADO	RESERVORIO	Carretera_Espinar_Huangarapampa	Cerros
		Carretera_Espinar_Huangarapampa	SIN AFIRMAR
		Carretera_Espinar_Huangarapampa	Rio_s
		Carretera_Espinar_Huangarapampa	Rio_p
		Carretera_Espinar_Huangarapampa	Lagos

EDAD			UNIDAD LITOESTRATIGRAFICA				
ERA	SISTEMA	SERIE					
CUATERNARIO	HOLOCENO	Deposito Aluvial		Qh-al	Gravos subangulosos a subredondeados envueltos en una matriz arenolimos		
		Deposito Eluvial		Qh-el	Clastos y gravos en matriz limo arenosa		
		Deposito Fluvio Aluvial		Qh-fal	Clastos angulosos y subangulosos en matriz arenosa		
		Deposito Fluvial		Qh-fl	Arenas, granos de calizas, areniscas e intrusivos plutonicos		
		Deposito Glaciar		Qh-gl	Arenas y limos, tubos en una matriz arenosa		
		Deposito Morrenico		Qh-mo	Bloques angulosos a subangulosos de rocas sedimentarias, metamorficas y volcanicas, en una matriz arena arcillosa		
		Deposito Coluvial		Qh-co	Bloques, gravos, arenas y limos no consolidados		
		Deposito Botedal		Qh-bo	Sedimentacion en un ambiente subacuatico, forma ocasionales de arena fina, limos y niveles orgánicos		
		NEOGENO	PLIOGENA	Grupo Barroso		Nq-ba/pi	Intercalaciones de talas coarctadas y liticas
				Grupo Tobacoa		Nq-to	
Grupo Tacata				Nq-ta	Lavas andesiticas a traquibasalticas		

FUENTE: IMAGEN LAND SAT TM 7, SPOT 5, IGN, INEI, INGEMMET
 PROYECCION: UTM WGS 84 ZONAL 19 L SUR

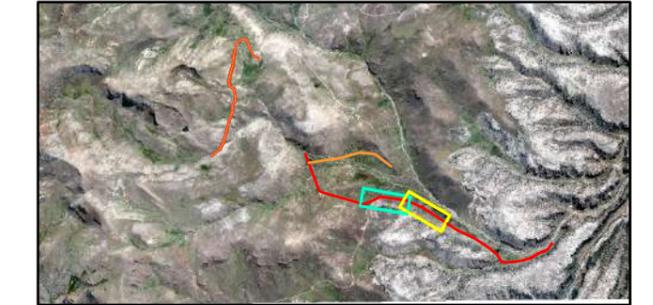
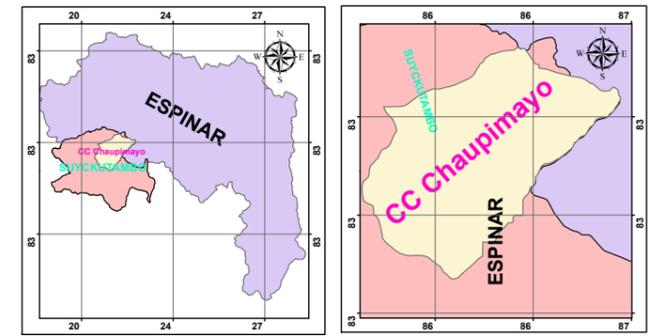
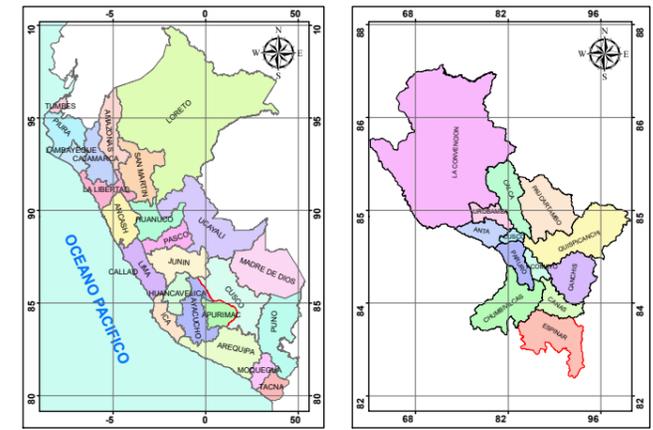
<p>UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO</p> <p>DEPARTAMENTO: CUSCO PROVINCIA: ESPINAR DISTRITO: SUYKUTAMBO</p>	<p>ELABORADO POR: BACH.: ROBERTO CARLOS TTITO CCOA BACH.: JORGE VLADIMIR FERRO ROMAN</p>	<p>TESIS: "ESTUDIO GEOLOGICO GEOTECNICO DE LA MICROCUENCA CHILLIUTIRA PARA EL SERVICIO DE AGUA PARA EL SECTOR DE HUANGARAPAMPA-CHUAPIMAYO CON FINES DE RIEGO TECNIFICADO EN EL DISTRITO DE SUYKUTAMBO PROVINCIA DE ESPINAR REGION CUSCO".</p>	<p>PLANO: GEOTECNICO</p> <p>SECTOR: HUANGARAPAMPA - CHUAPIMAYO</p>	<p>ESCALA: INDICADO</p> <p>FECHA: ENERO DEL 2023</p> <p>ASESOR: Mgr. Ing. RONALD LOPEZ ZAPANA</p>	<p>CODIGO: G-01</p>
---	--	--	--	---	---------------------------------



LAMINA N° 01 PROG.: 1+300 Km - 2+000 Km ESC.: 1:2,500



LAMINA N° 02 PROG.: 2+000 Km - 2+700 Km ESC.: 1:2,500



SIMBOLOGIA		SIMBOLOGIA	
	Centro_Pobaldo_Huangarapampa		Carretera_Huangarapampa_Cantera
	Desvio_Maria_Fortaleza_Huangarapampa		Carretera_Espinar_Huangarapampa
	Site_de_la_presa		PARTIDOR
	BOCATOMA SUYKUTAMBO		FASE AEREO
	DESCARGA DE FONDO PROYECTADO		RESERVOIRIO
	EJE DE PRESA PROYECTADO		Centro poblado
	Carretera_Huangarapampa_Cantera		Capital distrital
	Carretera_Espinar_Huangarapampa		Capital provincial
	PARTIDOR		Cerros
	FASE AEREO		SIN AFIRMAR
	RESERVOIRIO		Rio_s
			Rio_p
			Lagos

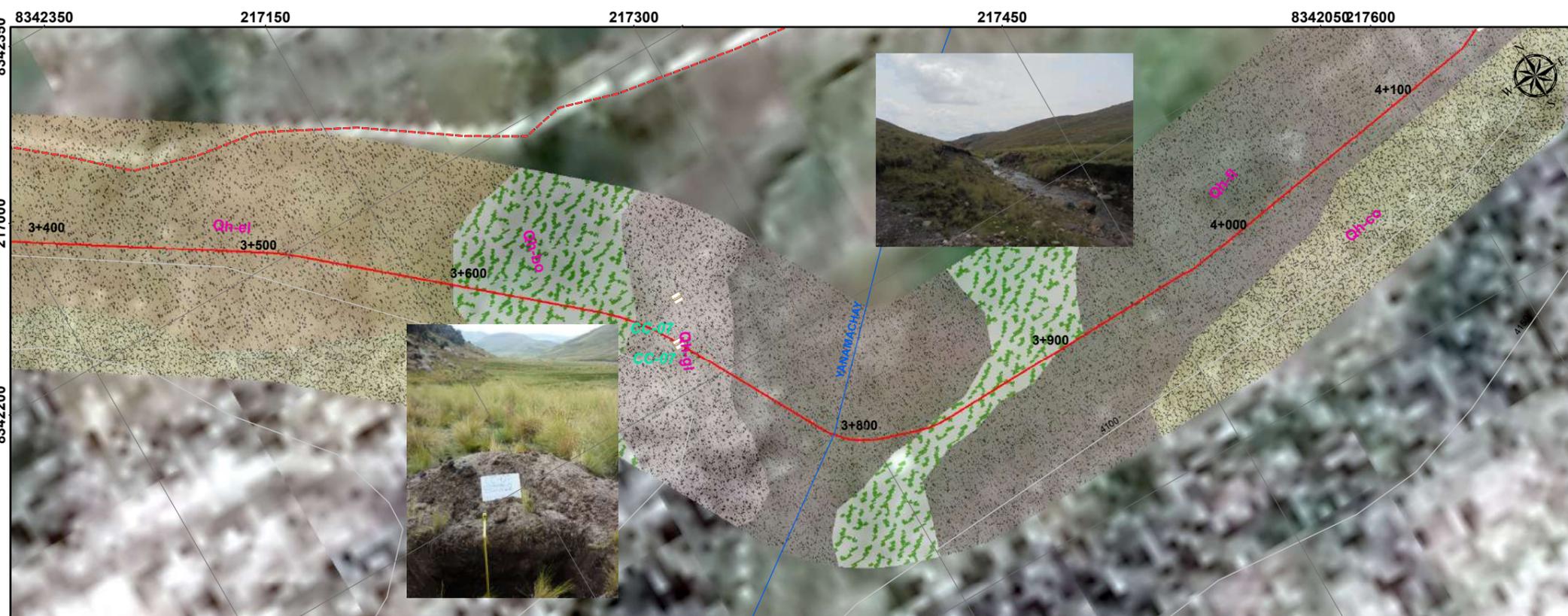
ERA	SISTEMA	EDAD	SERIE	UNIDAD LITOESTRATIGRAFICA			
CENozoICA	CUATERNARIO	HOLOCENO	Deposito Aluvial	Qh-al	Gravas subangulosas a subredondeadas envueltas en una matriz arenolimos		
			Deposito Eluvial	Qh-el	Clastos y gravas en matriz limo arenosa		
			Deposito Fluvio Aluvial	Qh-fal	Clastos angulosos y subangulosos en matriz arenosa		
			Deposito Fluvial	Qh-fl	Arenas, gravas de calizas, areniscas e intrusivos plutonicos		
			Deposito Glaciar	Qh-gl	Arenas y limos, tubos en una matriz arenosa		
			Deposito Morrenico	Qh-mo	Bloques angulosos a subangulosos de rocas sedimentarias, metamorficas y volcanicas, en una matriz arena arcillosa		
			Deposito Coluvial	Qh-co	Bloques, gravas, arenas y limos no consolidados		
			Deposito Botedal	Qh-bo	Sedimentacion en un ambiente subacuatico, forma ocasionales de arena fina, limos y niveles orgánicos		
			NEOGENO	PLIOCENO	Grupo Barroso	Nq-ba/pi	Intercolaciones de talas coherentes y liticas
					Grupo Tobaca	Nq-to	
Grupo Tacata	Nq-ta						
MIOCENO	TACATA	Formacion Ichocello	Nm-ich	Lavas andesiticas a traquibasalticas			

FUENTE: IMAGEN LAND SAT TM 7, SPOT 5, IGN, INEI, INGEMMET
 PROYECCION: UTM WGS 84 ZONAL 19 L SUR

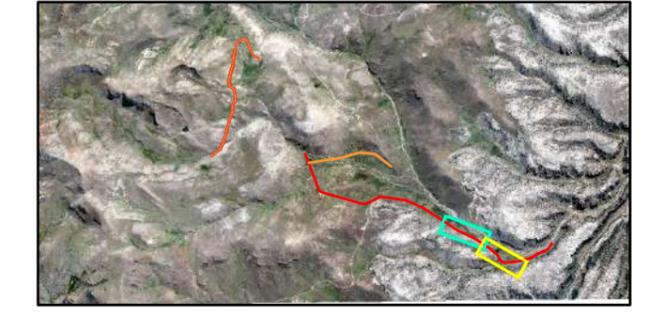
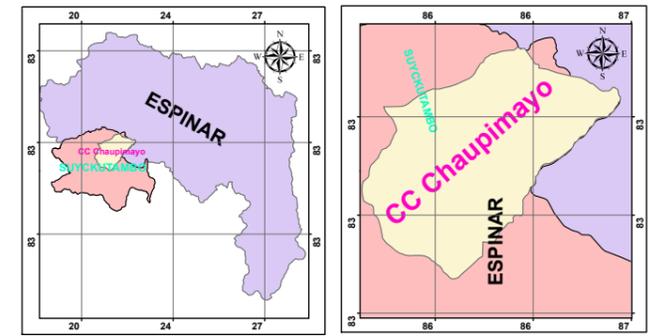
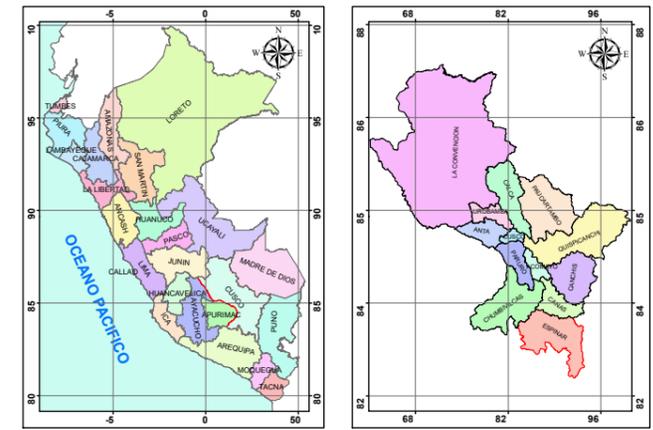
<p>UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO</p> <p>DEPARTAMENTO: CUSCO PROVINCIA: ESPINAR DISTRITO: SUYCUTAMBO</p>	<p>ELABORADO POR: BACH.: ROBERTO CARLOS TTITO CCOA BACH.: JORGE VLADIMIR FERRO ROMAN</p>	<p>TESIS: "ESTUDIO GEOLOGICO GEOTECNICO DE LA MICROCUENCA CHILLIUTIRA PARA EL SERVICIO DE AGUA PARA EL SECTOR DE HUANGARAPAMPA-CHAUPIMAYO CON FINES DE RIEGO TECNIFICADO EN EL DISTRITO DE SUYCUTAMBO PROVINCIA DE ESPINAR REGION CUSCO".</p>	<p>PLANO: GEOTECNICO</p> <p>SECTOR: HUANGARAPAMPA - CHUAPIMAYO</p>	<p>ESCALA: INDICADO</p> <p>FECHA: ENERO DEL 2023</p> <p>ASESOR: Mgr. Ing. RONALD LOPEZ ZAPANA</p>	<p>CODIGO: G-02</p>
---	--	--	--	--	---------------------------------



LAMINA N° 01 PROG.: 2+700 Km - 3+400 Km ESC.: 1:2,500



LAMINA N° 02 PROG.: 3+400 Km - 4+100 Km ESC.: 1:2,500



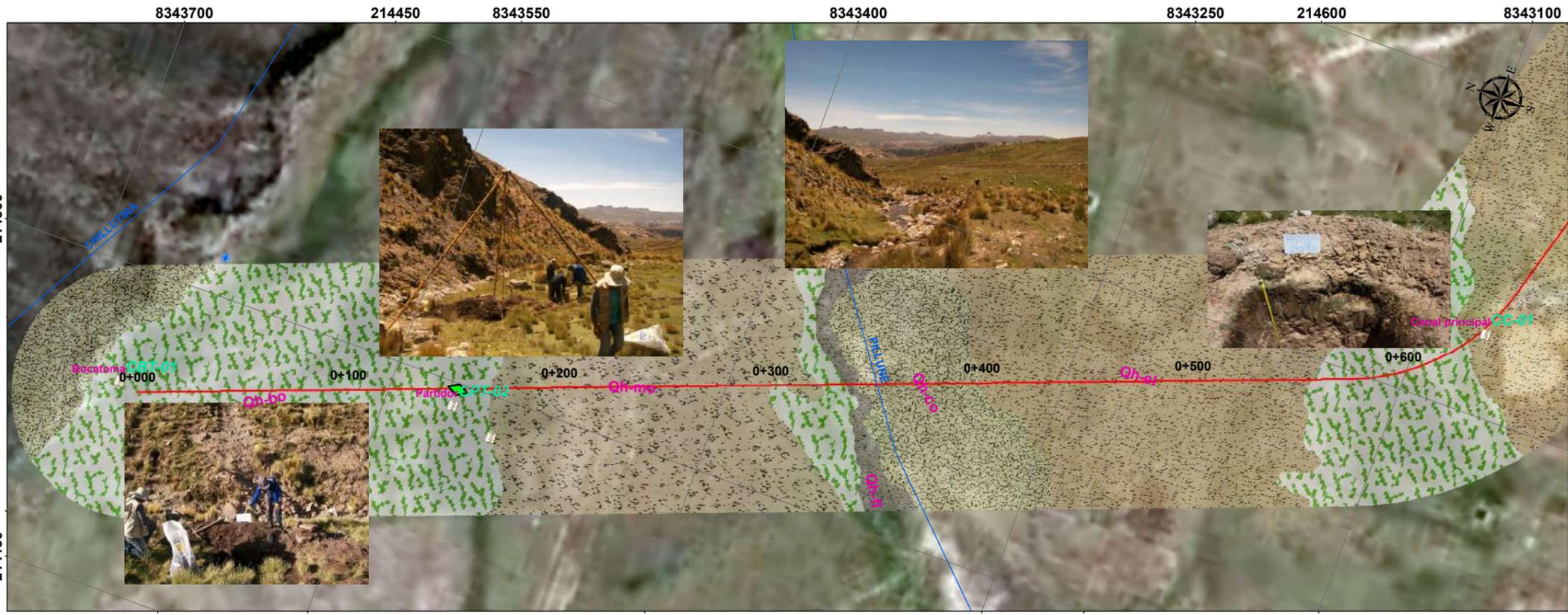
SIMBOLOGIA

Centro_Pobaldo_Huangarapampa	EJE DE PRESA PROYECTADO	Carretera_Huangarapampa_Cantera	Centro poblado
Desvio_Maria_Fortaleza_Huangarapampa	PARTIDOR	Carretera_Espinar_Huangarapampa	Capital distrital
Site_de_la_presa	PASE AEREO	Bocatoma Suycutambo	Capital provincial
DESCARGA DE FONDO PROYECTADO	RESERVOIR	Canal N° 01	Cerros
		Canal N° 02	SIN AFIRMAR
		Canal N° 03	Rio_s
			Rio_p
			Lagos

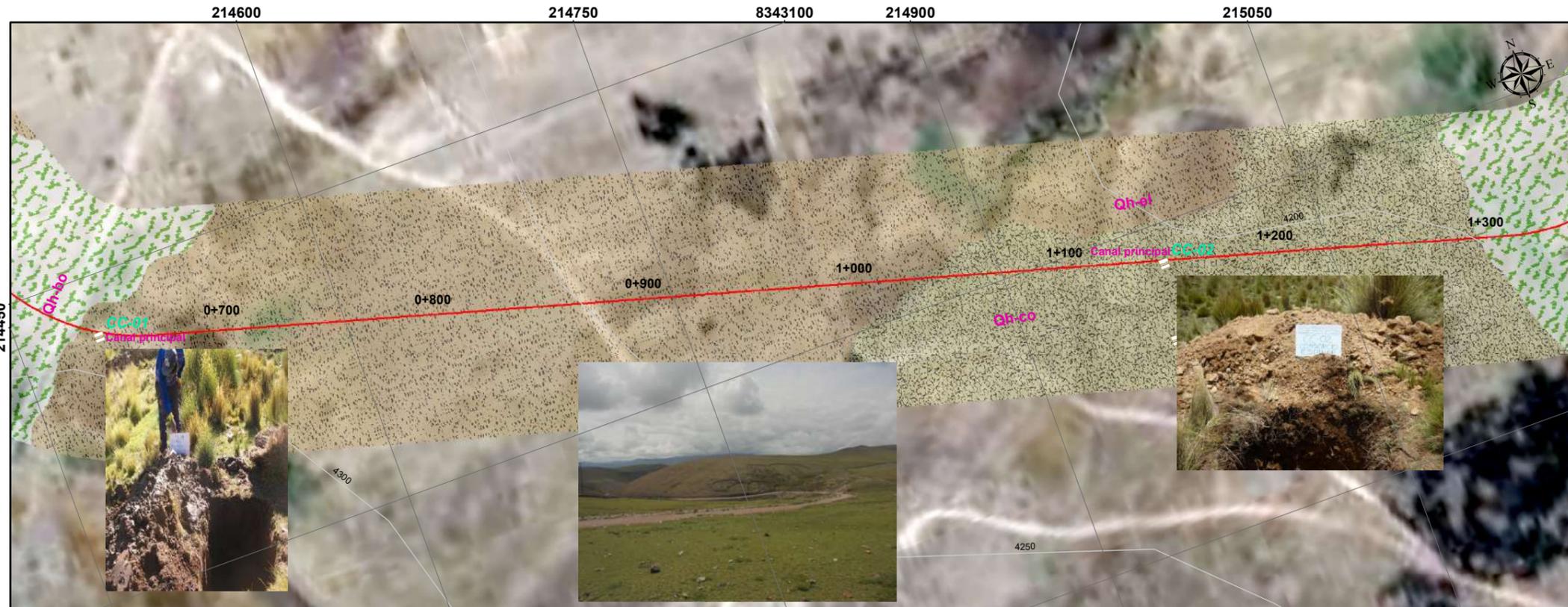
ERA	SISTEMA	SERIE	UNIDAD LITOESTRATIGRAFICA	
CUATERNARIO	HOLOCENO	Deposito Aluvial	Qh-al	Gravas subangulosas a subredondeadas envueltas en una matriz arenolimosas
		Deposito Eluvial	Qh-el	Clastos y gravas en matriz limo arenosa
		Deposito Fluvio Aluvial	Qh-fal	Clastos angulosos y subangulosos en matriz arenosa
		Deposito Fluvial	Qh-fl	Arenas, granos de calizas, areniscas e intrusivos plutonicos
		Deposito Glacial	Qh-gl	Arenas y limos, tubos en una matriz arenosa
		Deposito Morrenico	Qh-mo	Bloques angulosos a subangulosos de rocas sedimentarias, metamorficas y volcanicas, en una matriz arena arcillosa
		Deposito Coluvial	Qh-co	Bloques, gravas, arenas y limos no consolidados
NEOGENO	PLIOCENA	Deposito Botedal	Qh-bo	Sedimentacion en un ambiente subacuatico, forma ocasionales de arena fina, limos y niveles orgánicos
		Grupo Barroso	Nq-bo/pi	Intercalaciones de talas coherentes y liticas
		Grupo Tobaca	Nq-to	Lavas andesiticas a traquibasalticas
MIOCENA	TACANA		Nm-ich	Lavas andesiticas a traquibasalticas

FUENTE: IMAGEN LAND SAT TM 7, SPOT 5, IGN, INEI, INGEMMET
 PROYECCION: UTM WGS 84 ZONAL 19 L SUR

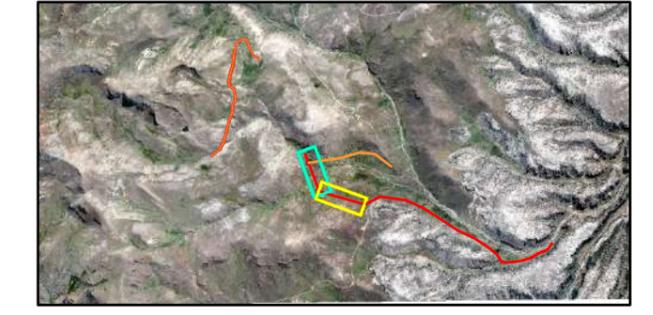
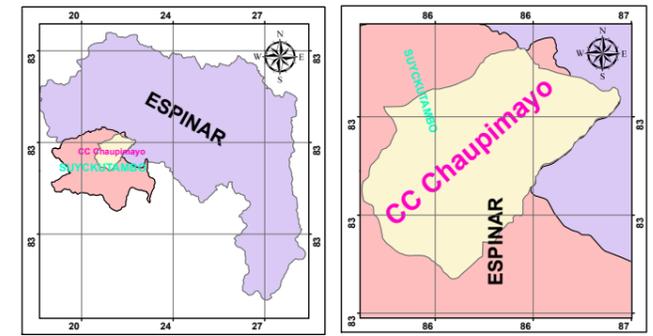
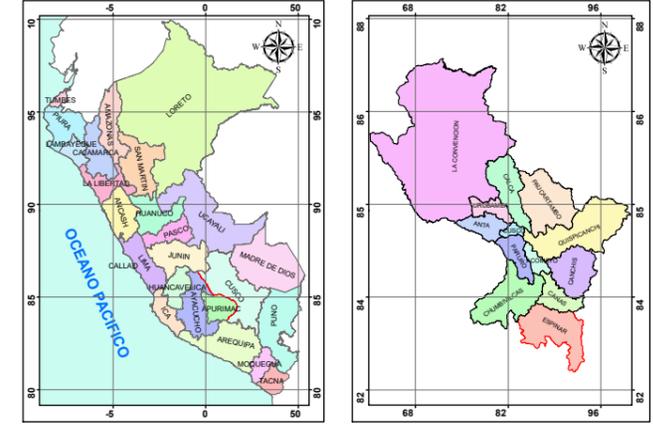
<p>UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO</p> <p>DEPARTAMENTO: CUSCO PROVINCIA: ESPINAR DISTRITO: SUYCUTAMBO</p>	<p>ELABORADO POR: BACH.: ROBERTO CARLOS TTITO CCOA BACH.: JORGE VLADIMIR FERRO ROMAN</p>	<p>TESIS: "ESTUDIO GEOLOGICO GEOTECNICO DE LA MICROCUENCA CHILLIUTIRA PARA EL SERVICIO DE AGUA PARA EL SECTOR DE HUANGARAPAMPA-CHAUPIMAYO CON FINES DE RIEGO TECNIFICADO EN EL DISTRITO DE SUYCUTAMBO PROVINCIA DE ESPINAR REGION CUSCO".</p>	<p>PLANO: GEOTECNICO</p> <p>SECTOR: HUANGARAPAMPA - CHUAPIMAYO</p>	<p>ESCALA: INDICADO FECHA: ENERO DEL 2023 ASESOR: Mgr. Ing. RONALD LOPEZ ZAPANA</p>	<p>CODIGO: G-03</p>
---	--	--	--	---	---------------------------------



LAMINA N° 01 PROG.: 0+000 Km - 0+600 Km ESC.: 1:2,500



LAMINA N° 02 PROG.: 0+600 Km - 1+300 Km ESC.: 1:2,500

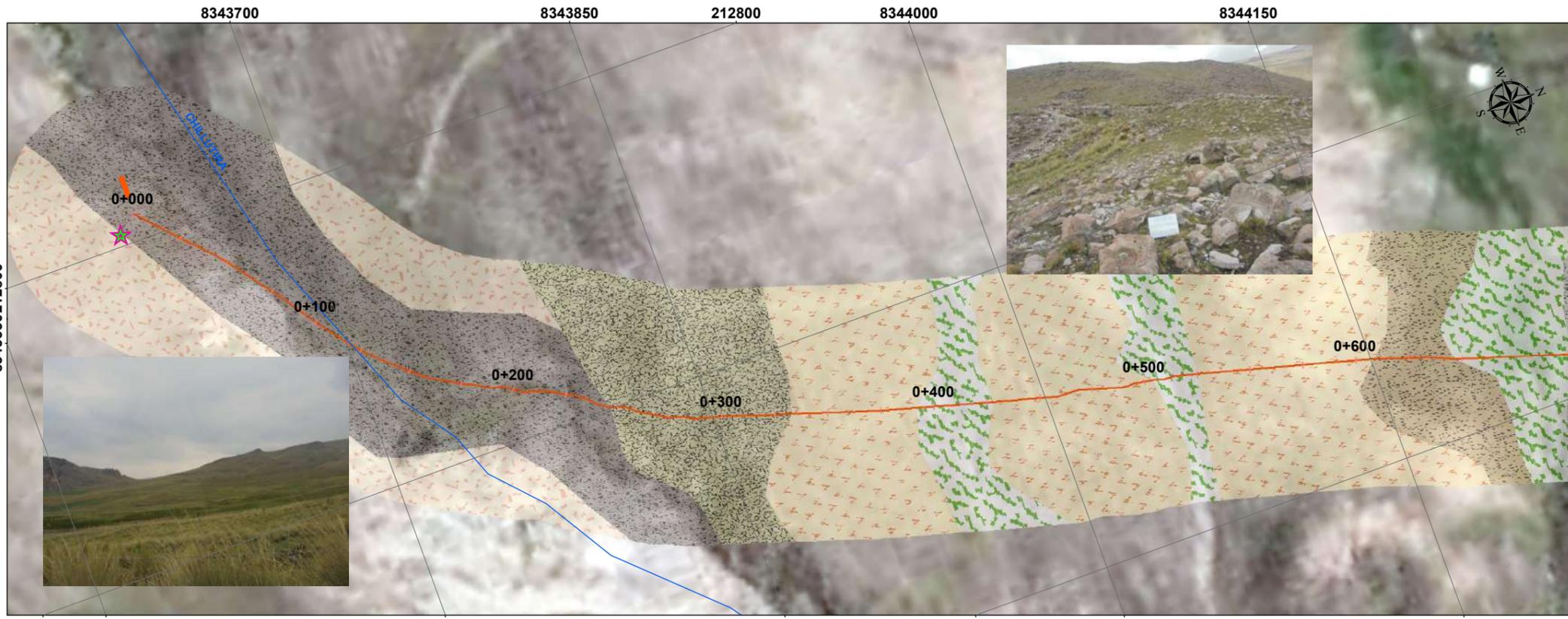


LEYENDA		SIMBOLOGIA	
	Centro_Pobaldo_Huangarapampa		EJE DE PRESA PROYECTADO
	Desvio_Maria_Fortaleza_Huangarapampa		Carretera_Huangarapampa_Cantera
	Bocatoma SUYCUTAMBO		Carretera_Espinar_Huangarapampa
	DESCARGA DE FONDO PROYECTADO		PARTIDOR
	RESERVOIRIO		Lamina N° 01
	PASE AEREO		Lamina N° 02
			Canal N° 01
			Canal N° 02
			Canal N° 03
	Capital distrital		Rio_s
	Capital provincial		Rio_p
	Cerros		Lagos
	SIN AFIRMAR		

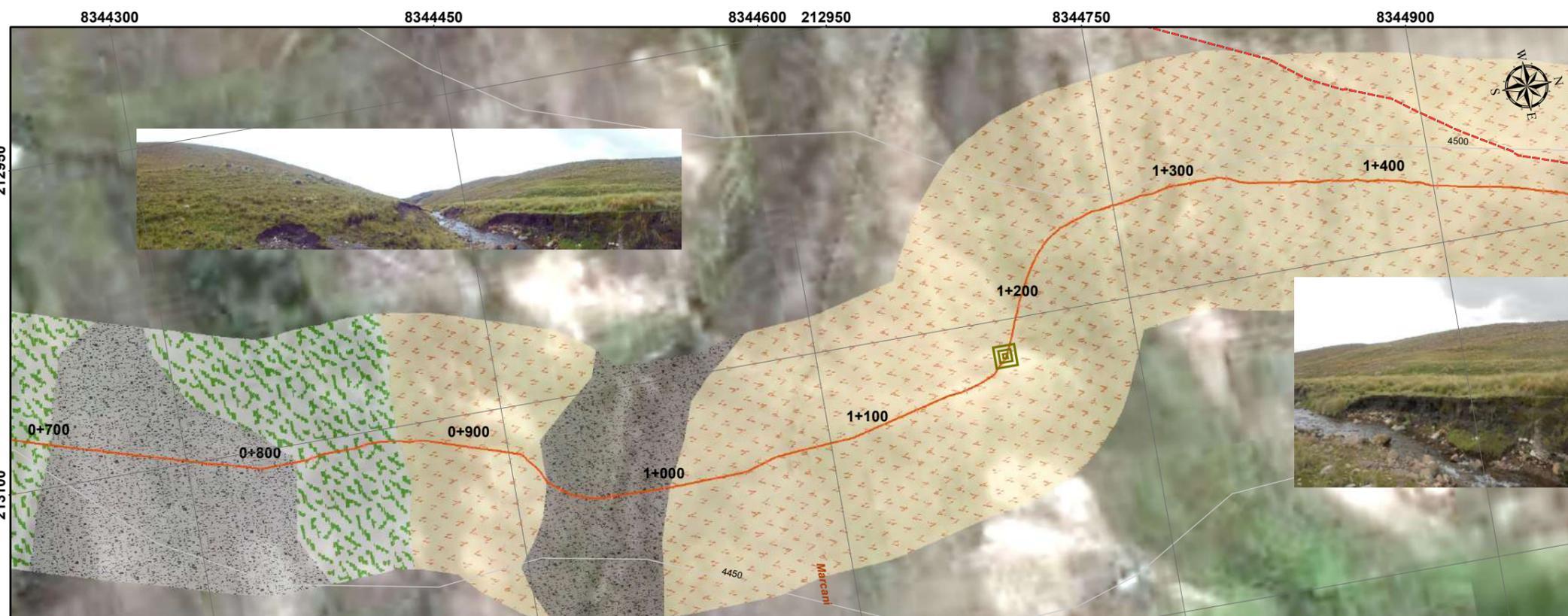
ERA	SISTEMA	SERIE	UNIDAD LITOESTRATIGRAFICA				
			UNIDAD	DESCRIPCION	COMPOSICION		
CUATERNARIO	HOLOCENA	Deposito Aluvial	Qh-al	Gravos subangulosos a subredondeados envueltos en una matriz arenolimos			
		Deposito Eluvial	Qh-el	Clastos y gravos en matriz limo arenosa			
		Deposito Fluvio Aluvial	Qh-fal	Clastos angulosos y subangulosos en matriz arenosa			
		Deposito Fluvial	Qh-fl	Arenas, gravos de calizas, areniscas e intrusivos plutonicos			
		Deposito Glaciar	Qh-gl	Arenas y limos, tubos en una matriz arenosa			
		Deposito Morrenico	Qh-mo	Bloques angulosos a subangulosos de rocas sedimentarias, metamorficas y intrusivas, en una matriz arena arcillosa			
		Deposito Coluvial	Qh-co	Bloques, gravos, arenas y limos no consolidados			
		Deposito Bofedal	Qh-bo	Sedimentacion en un ambiente subacuatico, forma ocasionales de arena fina, limos y niveles orgánicos			
		NEOGENO	PLIOCENA	Grupo Barroso	Nq-ba/pi	Intercalaciones de talas coarctadas y liticas	
				Grupo Tobaca			
Grupo Tacata	Ne-tch			Lavas andesiticas a traquibasalticas			

FUENTE: IMAGEN LAND SAT TM 7, SPOT 5, IGN, INEI, INGEMMET
 PROYECCION: UTM WGS 84 ZONAL 19 L SUR

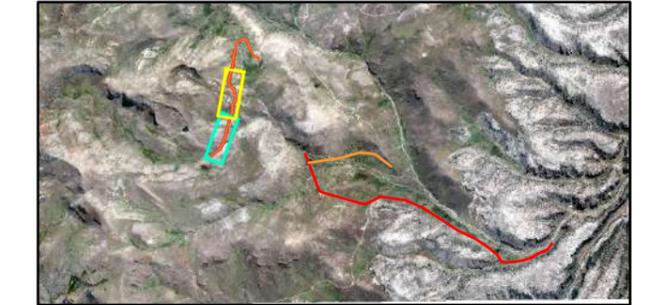
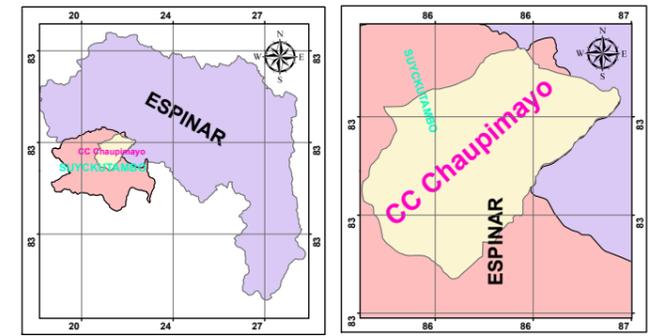
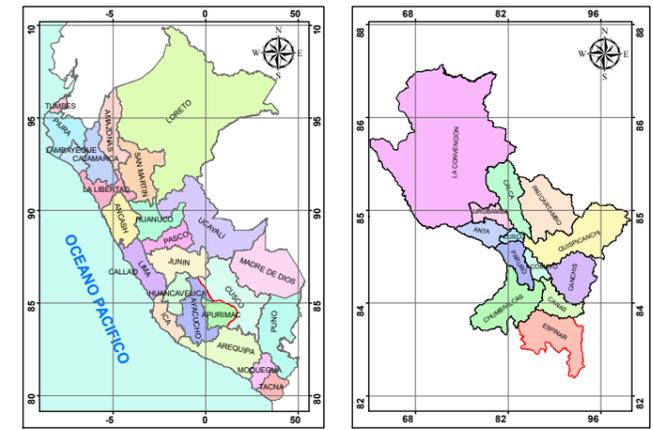
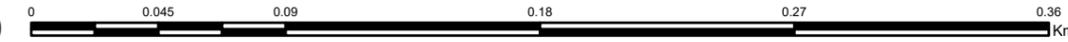
<p>UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO</p> <p>DEPARTAMENTO: CUSCO PROVINCIA: ESPINAR DISTRITO: SUYCUTAMBO</p>	<p>ELABORADO POR: BACH.: ROBERTO CARLOS TTITO CCOA BACH.: JORGE VLADIMIR FERRO ROMAN</p>	<p>TESIS: "ESTUDIO GEOLOGICO GEOTECNICO DE LA MICROCUENCA CHILLIUTIRA PARA EL SERVICIO DE AGUA PARA EL SECTOR DE HUANGARAPAMPA-CHAUPIMAYO CON FINES DE RIEGO TECNIFICADO EN EL DISTRITO DE SUYCUTAMBO PROVINCIA DE ESPINAR REGION CUSCO".</p>	<p>PLANO: GEOTECNICO</p> <p>SECTOR: HUANGARAPAMPA - CHUAPIMAYO</p>	<p>ESCALA: INDICADO FECHA: ENERO DEL 2023 ASESOR: Mgr. Ing. RONALD LOPEZ ZAPANA</p>	<p>CODIGO: G-04</p>
---	--	--	--	---	---------------------------------



LAMINA N° 01 PROG.: 0+000 Km - 0+700 Km ESC.: 1:2,500



LAMINA N° 02 PROG.: 0+700 Km - 1+400 Km ESC.: 1:2,500



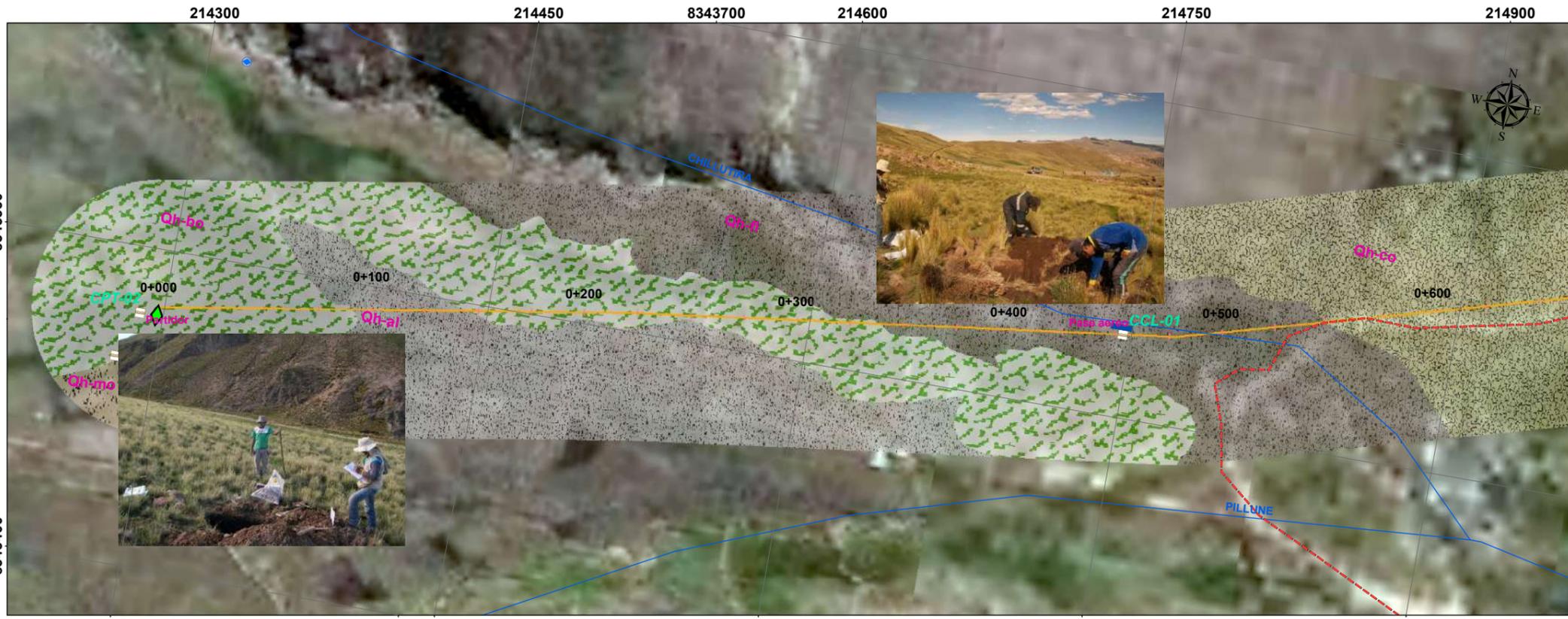
SIMBOLOGIA

	Centro_Pobaldo_Huangarapampa		Carretera_Huangarapampa_Cantera		Centro poblado
	Desvio_Maria_Fortaleza_Huangarapampa		Carretera_Espinar_Huangarapampa		Capital distal
	Site_de_la_presa		PARTIDOR		Capital provincial
	BOCATOMA SUYKUTAMBO		FASE AEREO		Cerros
	DESCARGA DE FONDO PROYECTADO		RESERVOIRIO		SIN AFIRMAR
			Canal N° 01		Rio_s
			Canal N° 02		Rio_p
			Canal N° 03		Lagos

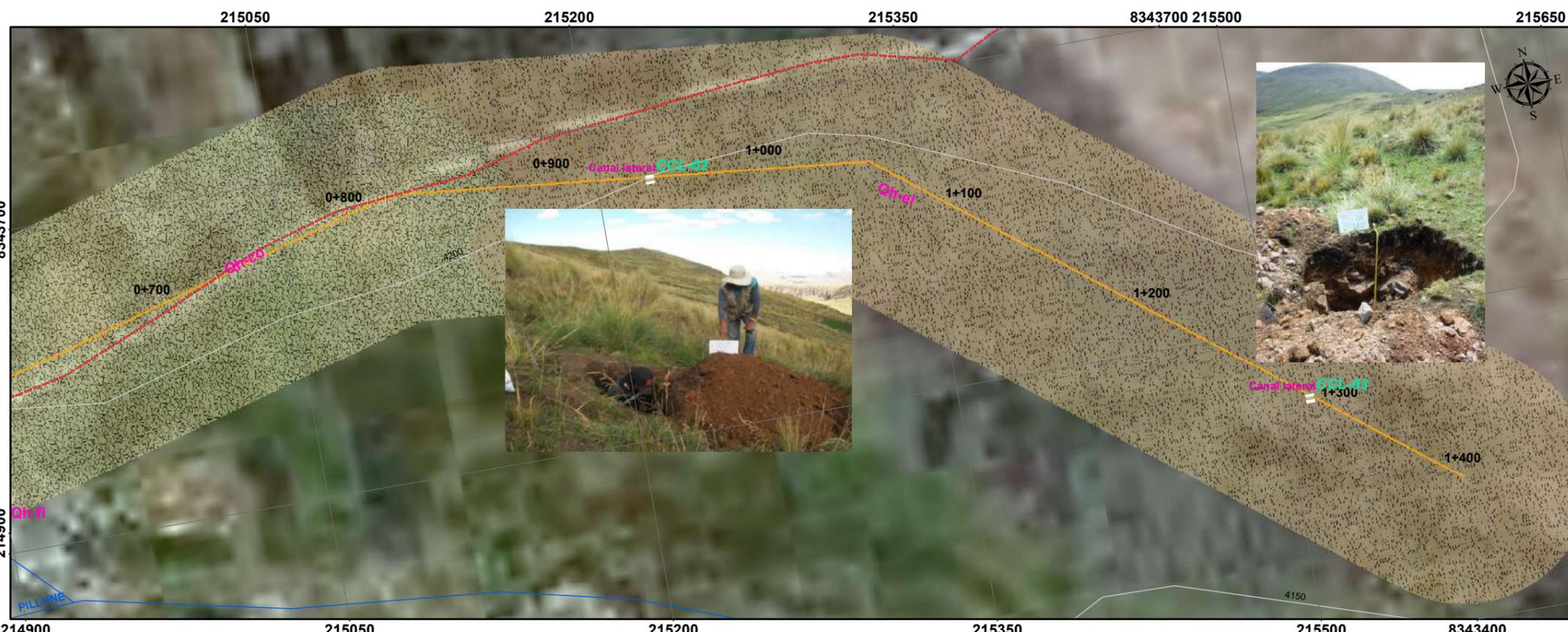
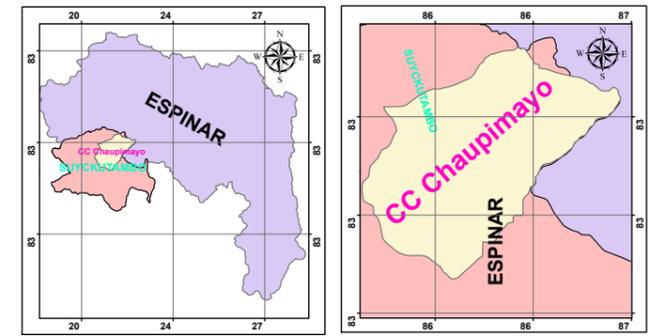
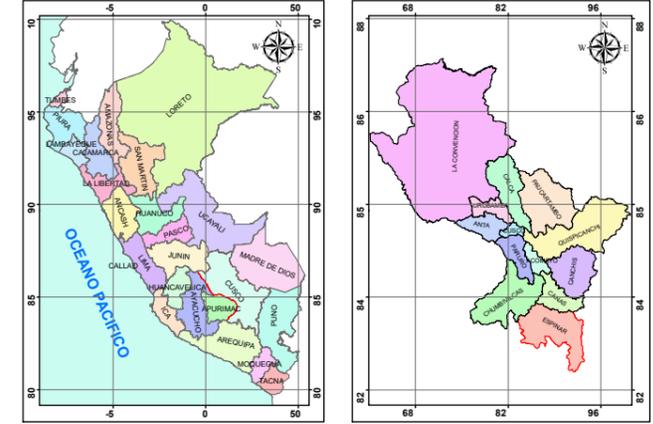
EDAD		UNIDAD LITOESTRATIGRAFICA				
ERA	SISTEMA	SERIE				
CUATERNARIO	HOLOCENA	Deposito Aluvial	Qh-al	Gravos subangulosos a subredondeados envueltos en una matriz arenolimos		
		Deposito Eluvial	Qh-el	Clastos y gravos en matriz limo arenosa		
		Deposito Fluvio Aluvial	Qh-fal	Clastos angulosos y subangulosos en matriz arenosa		
		Deposito Fluvial	Qh-fl	Arenas, gravos de calizas, areniscas e intrusivos plutonicos		
		Deposito Glacial	Qh-gl	Arenas y limos, tubos en una matriz arenosa		
		Deposito Morrenico	Qh-mo	Bloques angulosos a subangulosos de rocas sedimentarias, metamorficas y volcanicas, en una matriz arena arcillosa		
		Deposito Coluvial	Qh-co	Bloques, gravos, arenas y limos no consolidados		
		Deposito Botedal	Qh-bo	Sedimentacion en un ambiente subacuatico, forma ocasionales de arena fina, limos y niveles orgánicos		
		NEOGENO	PLIOCENA	Grupo Barroso	Nq-ba/pi	Intercalaciones de talas coherentes y liticas
				Grupo Tobaveca	Nq-to	
Grupo Tacata	Nq-ta					
				Ne-sch	Lavas andesiticas a traquibasalticas	

FUENTE: IMAGEN LAND SAT TM 7, SPOT 5, IGN, INEI, INGEMMET
 PROYECCION: UTM WGS 84 ZONAL 19 L SUR

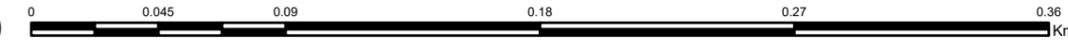
<p>UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO</p> <p>DEPARTAMENTO: CUSCO PROVINCIA: ESPINAR DISTRITO: SUYCUTAMBO</p>	<p>ELABORADO POR: BACH.: ROBERTO CARLOS TTITO CCOA BACH.: JORGE VLADIMIR FERRO ROMAN</p>	<p>TESIS: "ESTUDIO GEOLOGICO GEOTECNICO DE LA MICROCUENCA CHILLIUTIRA PARA EL SERVICIO DE AGUA PARA EL SECTOR DE HUANGARAPAMPA-CHAUPIMAYO CON FINES DE RIEGO TECNIFICADO EN EL DISTRITO DE SUYCUTAMBO PROVINCIA DE ESPINAR REGION CUSCO".</p>	<p>PLANO: GEOTECNICO</p> <p>SECTOR: HUANGARAPAMPA - CHUAPIMAYO</p>	<p>ESCALA: INDICADO</p> <p>FECHA: ENERO DEL 2023</p> <p>ASESOR: Mgr. Ing. RONALD LOPEZ ZAPANA</p>	<p>CODIGO: G-05</p>
---	--	--	--	--	---------------------------------



LAMINA N° 01 PROG.: 0+000 Km - 0+650 Km ESC.: 1:2,500



LAMINA N° 02 PROG.: 0+650 Km - 1+400 Km ESC.: 1:2,500



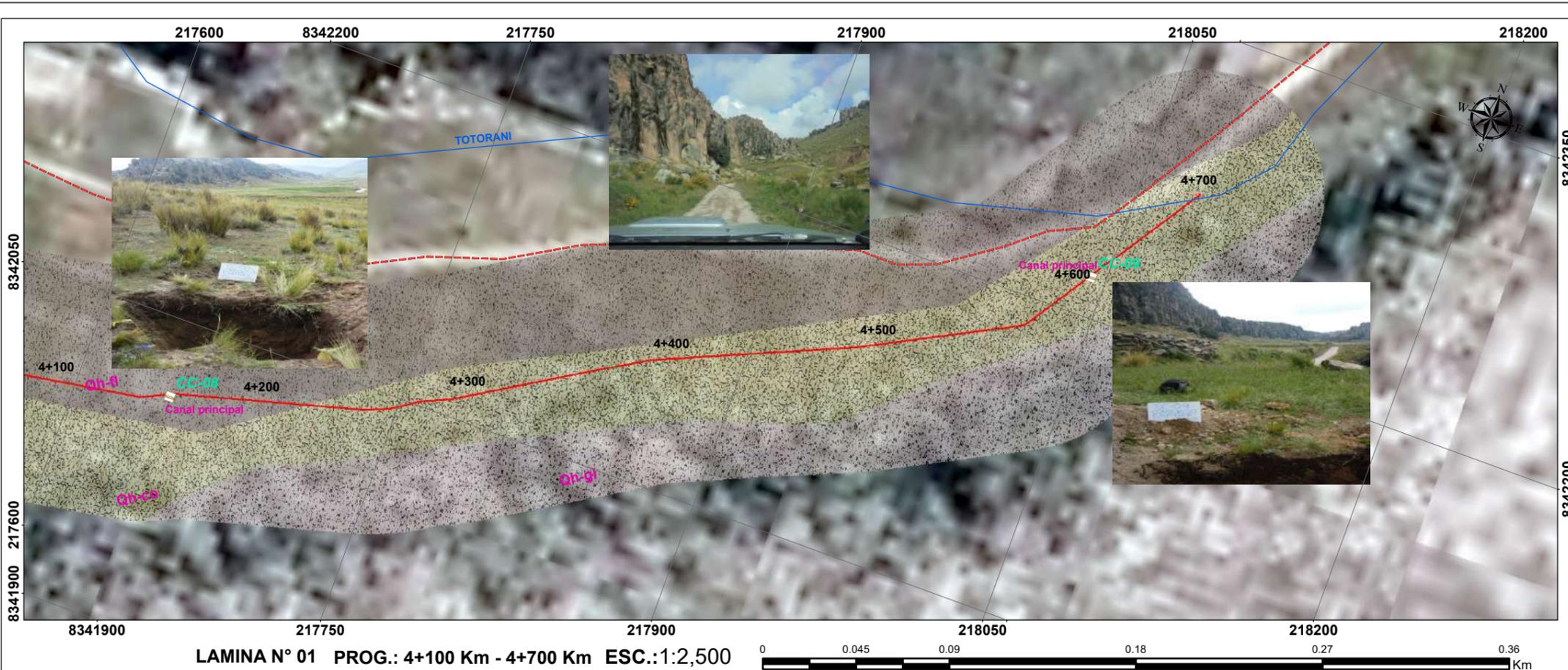
SIMBOLOGIA

Centro_Pobaldo_Huangarapampa	EJE DE PRESA PROYECTADO	Carretera_Huangarapampa_Cantera	Centro poblado
Desvio_Maria_Fortaleza_Huangarapampa	PARTIDOR	Carretera_Espinar_Huangarapampa	Capital distrital
Pie_de_la_presa	PASO AEREO	BOCATOMA SUYKUTAMBO	Capital provincial
DESCARGA DE FONDO PROYECTADO	RESERVOIRIO	LAMINA N° 01	Cerros
		LAMINA N° 02	SIN AFIRMAR
		Canal N° 01	Rio_s
		Canal N° 02	Rio_p
		Canal N° 03	Lagos

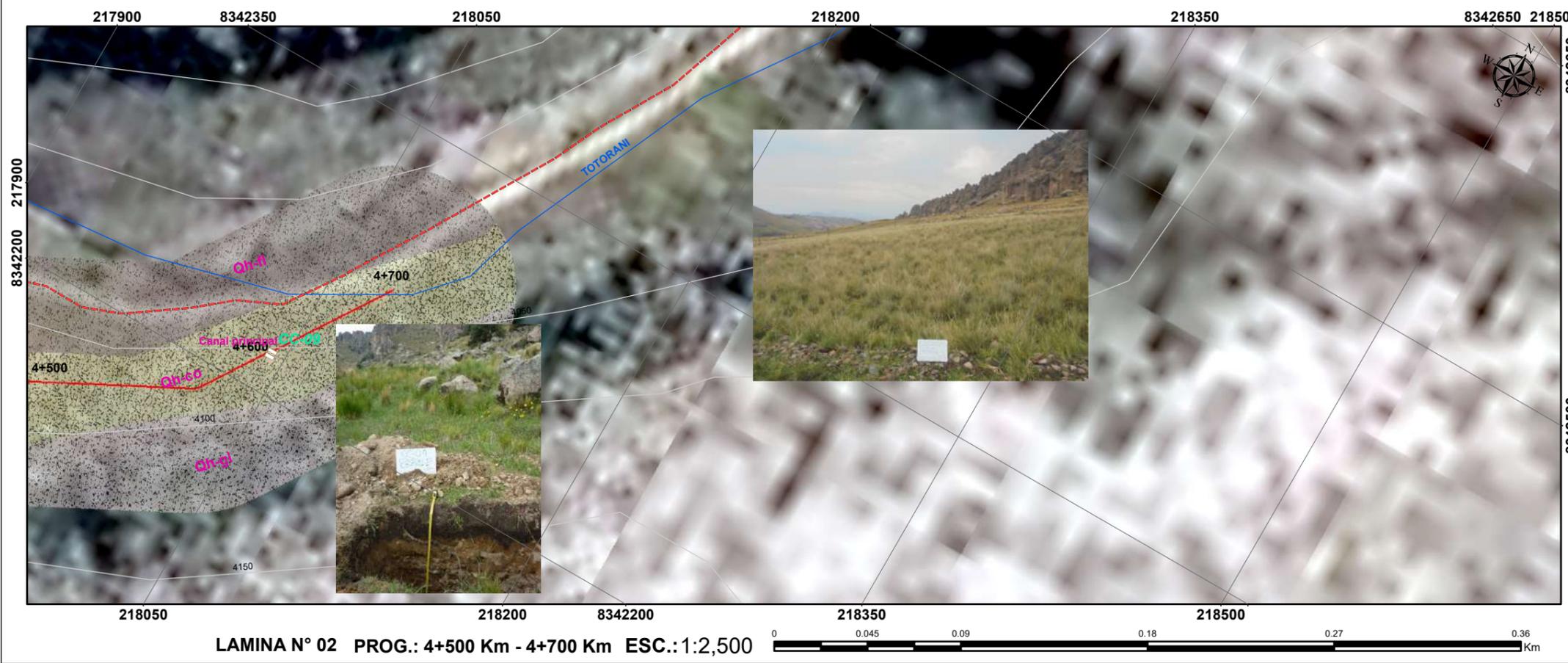
ERA	SISTEMA	SERIE	UNIDAD LITOESTRATIGRAFICA
CUATERNARIO	HOLOCENO	Deposito Aluvial	Qh-al Gravas subangulosas a subredondeadas envueltas en una matriz arenolimos
		Deposito Eluvial	Qh-el Clastos y gravas en matriz limo arenosa
		Deposito Fluvio Aluvial	Qh-fal Clastos angulosos y subangulosos en matriz arenosa
		Deposito Fluvial	Qh-fl Arenas, granos de calizas, areniscas e intrusivos plutonicos
		Deposito Glaciar	Qh-gl Arenas y limos, tubos en una matriz arenosa
		Deposito Morrenico	Qh-mo Bloques angulosos a subangulosos de rocas sedimentarias, metamorficas y volcanicas, en una matriz arena arcillosa
		Deposito Coluvial	Qh-co Bloques, gravas, arenas y limos no consolidados
NEOGENO	PLIOCENA	Deposito Bodegal	Qh-bo Sedimentacion en un ambiente subacuatico, forma ocasionales de arena fina, limos y niveles orgánicos
		Grupo Barroso	Ud-ba/pi Interrelaciones de tabas coherentes y liticas
		Grupo Tacana	Ud-ta Formacion Ichocello
			Ud-ich Lajas andesiticas a traquibasalticas

FUENTE: IMAGEN LAND SAT TM 7, SPOT 5, IGN, INEI, INGEMMET
 PROYECCION: UTM WGS 84 ZONAL 19 L SUR

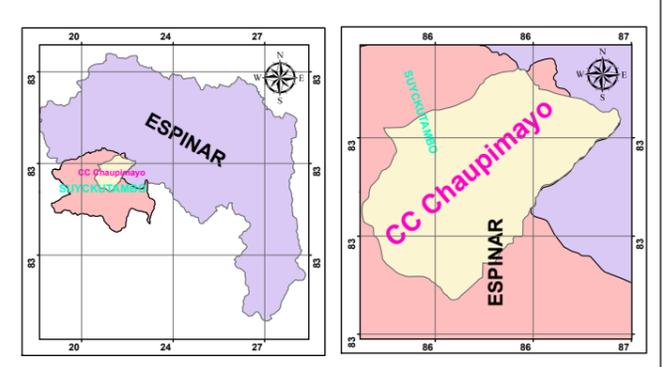
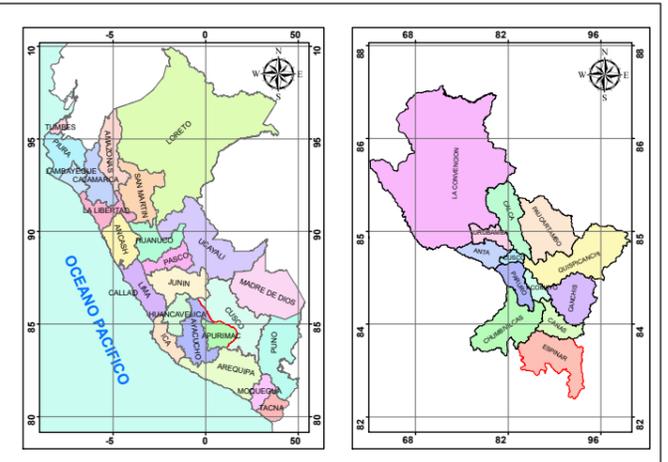
<p>UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO</p> <p>DEPARTAMENTO: CUSCO PROVINCIA: ESPINAR DISTRITO: SUYKUTAMBO</p>	<p>ELABORADO POR: BACH.: ROBERTO CARLOS TTITO CCOA BACH.: JORGE VLADIMIR FERRO ROMAN</p>	<p>TESIS: "ESTUDIO GEOLOGICO GEOTECNICO DE LA MICROCUENCA CHILLIUTIRA PARA EL SERVICIO DE AGUA PARA EL SECTOR DE HUANGARAPAMPA-CHAUPIMAYO CON FINES DE RIEGO TECNIFICADO EN EL DISTRITO DE SUYKUTAMBO PROVINCIA DE ESPINAR REGION CUSCO".</p>	<p>PLANO: GEOTECNICO</p> <p>SECTOR: HUANGARAPAMPA - CHUAPIMAYO</p>	<p>ESCALA: INDICADO FECHA: ENERO DEL 2023 ASESOR: Mgr. Ing. RONALD LOPEZ ZAPANA</p>	<p>CODIGO: G-06</p>
---	--	--	--	---	---------------------------------



LAMINA N° 01 PROG.: 4+100 Km - 4+700 Km ESC.: 1:2,500



LAMINA N° 02 PROG.: 4+500 Km - 4+700 Km ESC.: 1:2,500



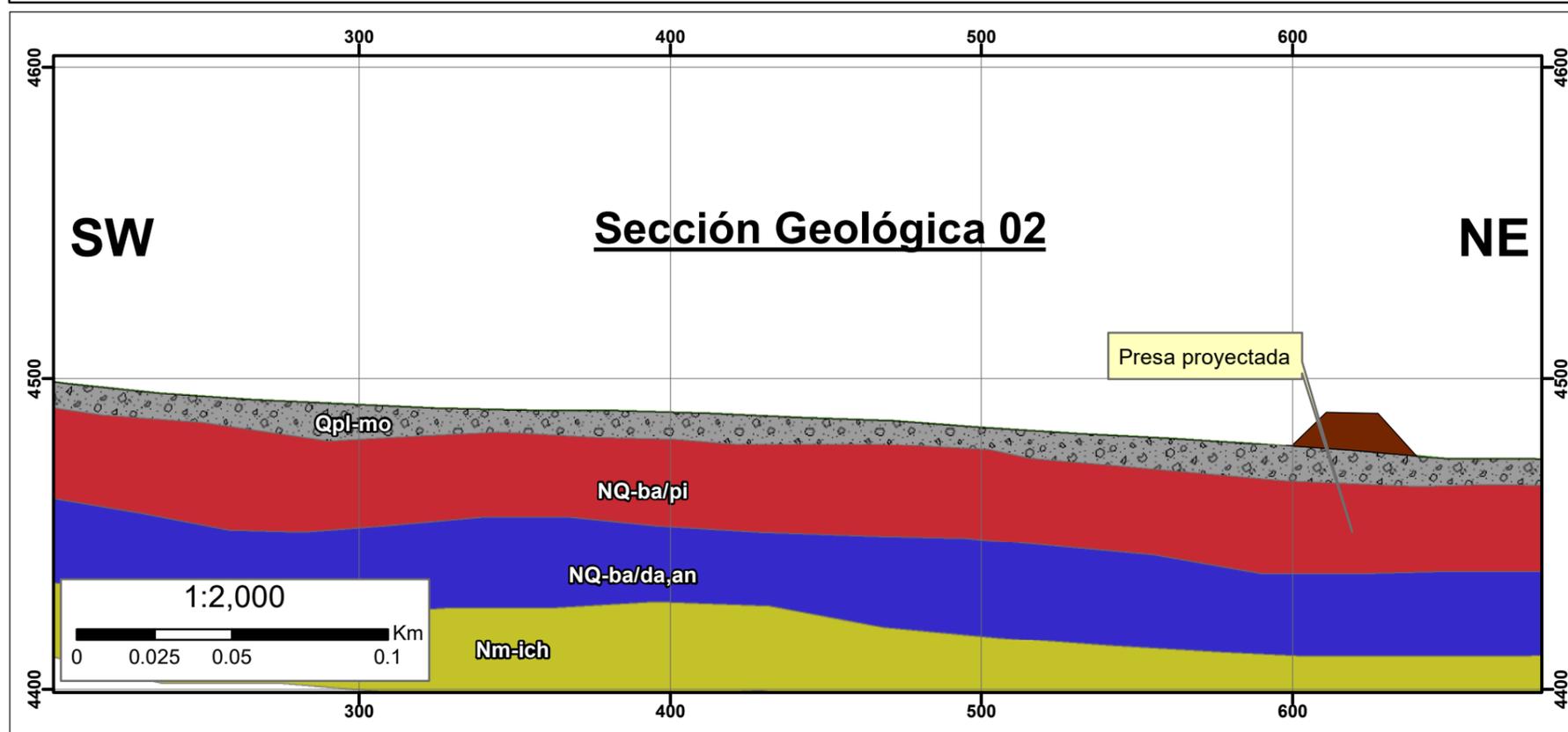
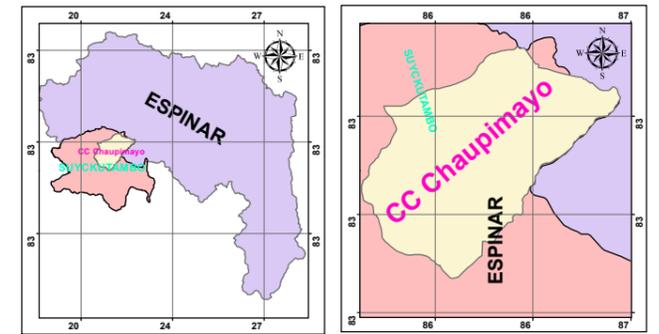
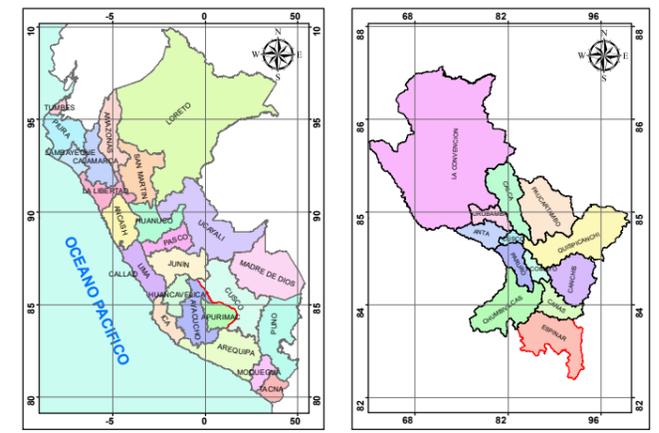
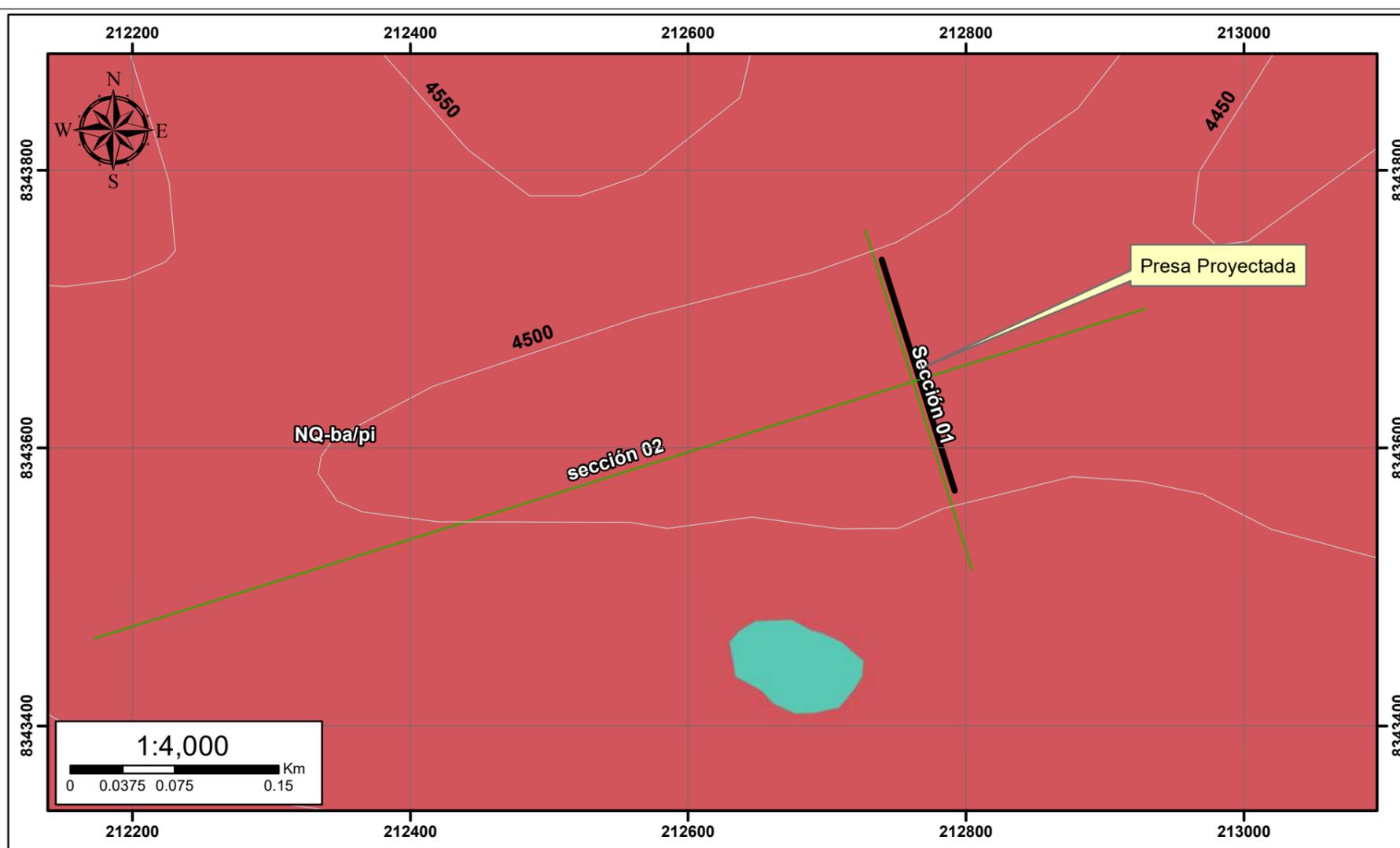
SIMBOLOGIA

Centro_Pobaldo_Huangarapampa	EJE DE PRESA PROYECTADO	Carretera_Huangarapampa_Cantera	Centro poblado
Desvio_Maria_Fortaleza_Huangarapampa	PARTIDOR	Carretera_Espinar_Huangarapampa	Capital distal
Site_de_la_presa	PASE AEREO	BOCATOMA SUYKUTAMBO	Capital provincial
DESCARGA DE FONDO PROYECTADO	RESERVORIO	LAMINA N° 01	Cerros
		LAMINA N° 02	SIN AFIRMAR
		Canal N° 01	Rio_s
		Canal N° 02	Rio_p
		Canal N° 03	Lagos

EDAD		UNIDAD LITOESTRATIGRAFICA					
ERA	SISTEMA	SERIE					
CENozoICA	CUATERNARIO	HOLOCENA	Deposito Aluvial	Qh-al	Gravas subangulosas a subredondeadas envueltas en una matriz arenolimosas		
			Deposito Eluvial	Qh-el	Clastos y gravas en matriz limo arenosa		
			Deposito Fluvio Aluvial	Qh-fal	Clastos angulosos y subangulosos en matriz arenosa		
			Deposito Fluvial	Qh-fl	Arenas, granos de calizas, areniscas e intrusivos plutonicos		
			Deposito Glaciar	Qh-gl	Arenas y limos, tubos en una matriz arenosa		
			Deposito Morrenico	Qh-mo	Bloques angulosos a subangulosos de rocas sedimentarias, metamorficas y volcanicas, en una matriz arena arcillosa		
			Deposito Coluvial	Qh-co	Bloques, gravas, arenas y limos no consolidados		
			Deposito Bofedal	Qh-bo	Sedimentacion en un ambiente subacuatico, forma ocasionales de arena fina, limos y niveles orgánicos		
			NEOGENO	PLIOGENA	Grupo Barroso	Nq-ba/pi	Intercalaciones de talas coherentes y liticas
					Grupo Tobaca	Nq-to	
Grupo Tacata	Nq-ta						
			Ne-ich	Lavas andesiticas a traquibasalticas			

FUENTE: IMAGEN LAND SAT TM 7, SPOT 5, IGN, INEI, INGEMMET
 PROYECCION: UTM WGS 84 ZONAL 19 L SUR

<p>UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO</p> <p>DEPARTAMENTO: CUSCO PROVINCIA: ESPINAR DISTRITO: SUYKUTAMBO</p>	<p>ELABORADO POR: BACH.: ROBERTO CARLOS TTITO CCOA BACH.: JORGE VLADIMIR FERRO ROMAN</p>	<p>TESIS: "ESTUDIO GEOLOGICO GEOTECNICO DE LA MICROCUENCA CHILLIUTIRA PARA EL SERVICIO DE AGUA PARA EL SECTOR DE HUANGARAPAMPA-CHAUPIMAYO CON FINES DE RIEGO TECNIFICADO EN EL DISTRITO DE SUYKUTAMBO PROVINCIA DE ESPINAR REGION CUSCO".</p>	<p>PLANO: GEOTECNICO</p> <p>SECTOR: HUANGARAPAMPA - CHUAPIMAYO</p>	<p>ESCALA: INDICADO FECHA: ENERO DEL 2023 ASESOR: Mgr. Ing. RONALD LOPEZ ZAPANA</p>	<p>CODIGO: G-07</p>
---	--	--	--	---	---------------------------------



**UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO
 ABAD DEL CUSCO**

DEPARTAMENTO: CUSCO PROVINCIA: ESPINAR DISTRITO: SUYCUTAMBO

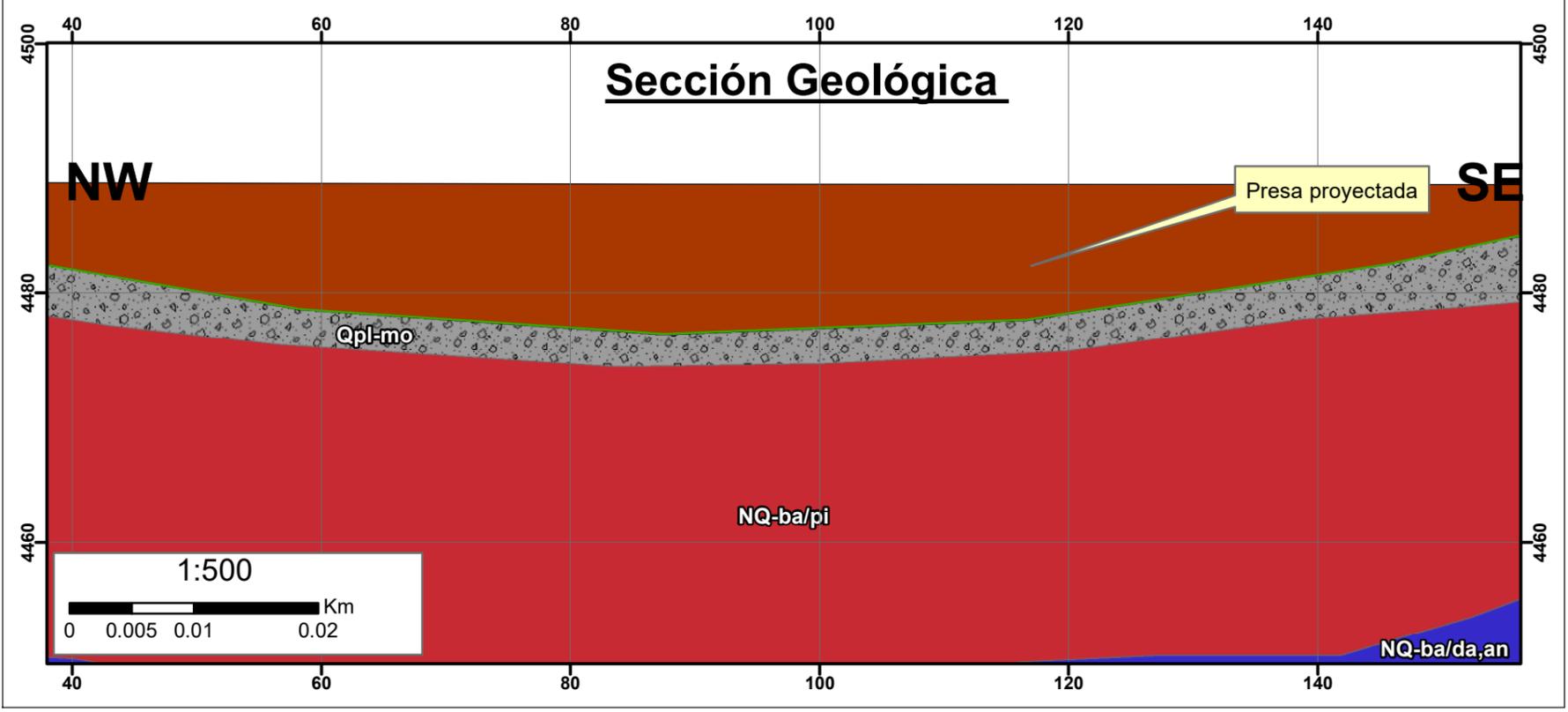
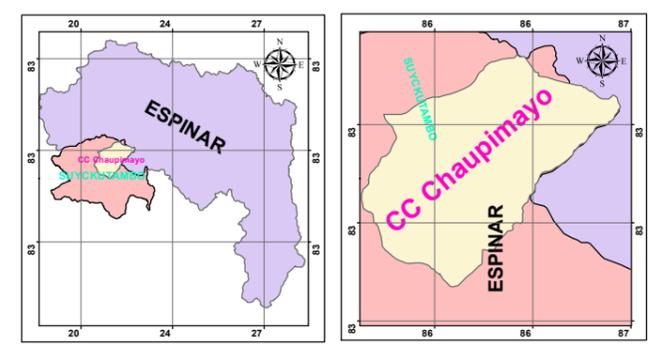
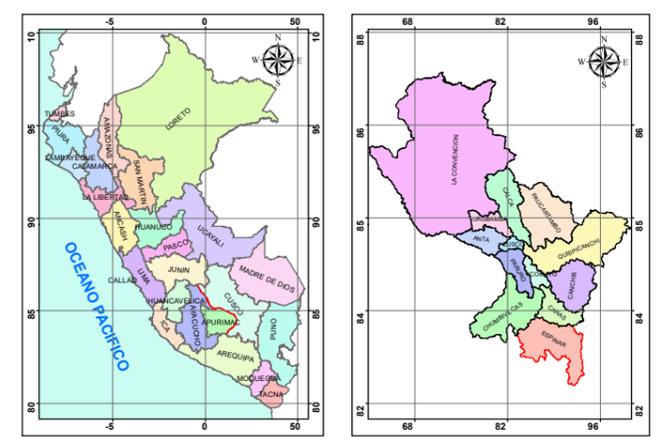
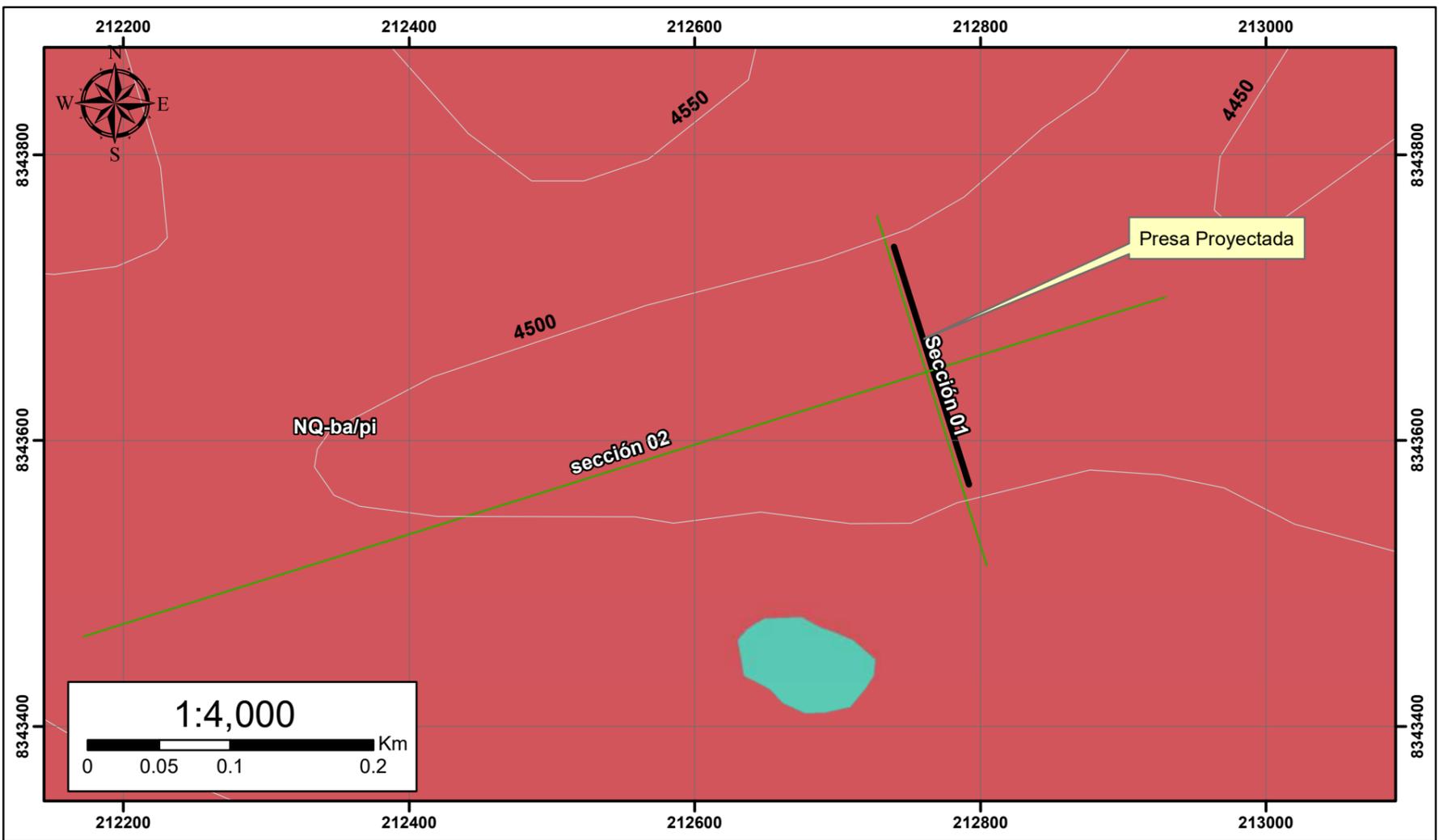
ELABORADO POR:
 BACH.: ROBERTO CARLOS TITO CCOA
 BACH.: JORGE VLADIMIR FERRO ROMAN

TESIS:
 "ESTUDIO GEOLOGICO GEOTECNICO DE LA MICROCUENCA CHILLIUTIRA PARA EL SERVICIO DE AGUA PARA EL SECTOR DE HUANGARAPAMPA-CHUAPIMAYO CON FINES DE RIEGO TECNIFICADO EN EL DISTRITO DE SUYCUTAMBO PROVINCIA DE ESPINAR REGION CUSCO".

PLANO: PERFIL GEOTECNICO
 SECTOR: HUANGARAPAMPA - CHUAPIMAYO

ESCALA: 1:2,000
 FECHA: ENERO DEL 2023
 AUTOR: Mgr. Ing. RONALD LOPEZ ZAPANA

CODIGO:
PG-A



LEYENDA

- seccion01
- Presa01
- NQ-ba/da,an
- NQ-ba/pi
- Nm-ich
- Np-cay/tbka
- Qh-al
- Qpl-mo