

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



TESIS

**ESTUDIO GEOLOGICO - GEOTECNICO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA
TRANSITABILIDAD VEHICULAR DE LA CARRETERA DEPARTAMENTAL CU-118
EN EL TRAMO: “PUENTE HUACAYCHACA-CCAPI-PAMPAHUATA-DISTRITO DE
CCAPI-PROVINCIA DE PARURO-DEPARTAMENTO DEL CUSCO”**

PRESENTADA POR:

BACH. JOSE ANTONIO ALCCA VASQUEZ

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE
INGENIERO GEOLOGO

ASESOR:

MGT. ING. VÍCTOR VIDAL GARATE GONGORA

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
Para el mejoramiento de la estabilidad de vehículos de la carretera CU-118
En el tramo: "Puente Hucaychaca - cañal - Pampahuate - Distrito de Capi-
Provincia de Paucartambo - Departamento del Cusco"

presentado por: José Antonio Alcazar Vasquez con DNI Nro.: 43537391 presentado
por: con DNI Nro.: para optar el
título profesional/grado académico de Ingeniera geóloga

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 5 %.

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

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

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

Cusco, 13 de Julio de 2021

[Firma]
Firma
Post firma Luis Gerardo Saiz

Nro. de DNI 29390015

ORCID del Asesor 0000-0002-4296-6437

Se adjunta:

1. Reporte generado por el Sistema Antiplagio.
2. Enlace del Reporte Generado por el Sistema Antiplagio: oid: 27259364326795

NOMBRE DEL TRABAJO

TESIS FINALIZADO JOSE ANTONIO CAR
RETERA -28 (2).pdf

AUTOR

Jose Antonio Alcca

RECUENTO DE PALABRAS

46265 Words

RECUENTO DE CARACTERES

253316 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS

174 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

10.0MB

FECHA DE ENTREGA

Jul 3, 2024 10:05 AM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Jul 3, 2024 10:08 AM GMT-5

● 5% de similitud general

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

- 5% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 0% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● Excluir del Reporte de Similitud

- Base de datos de trabajos entregados
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 25 palabras)
- Material bibliográfico
- Material citado



DEDICATORIA

A DIOS Y LA VIRGEN MARIA: Por darme salud, iluminarme y guiarme en mi camino poniendo aquellas personas que han sido mi soporte y compañía en esta bonita vida.

A mi madre: **MERCEDES VASQUEZ MAMANI**, por los ejemplos de perseverancia, por su amor incondicional, comprensión y eterno apoyo, por creer en mí y por darme siempre los mejores consejos. Siempre estaré eternamente agradecido con usted MAMITA.

A mis hermanos: **JHON Y FLOR DE MARIA**; con quienes jugamos y compartimos buenos y malos tiempos, agradecerles de todo el apoyo moral, su comprensión y sus fuerzas que uno necesita en el día a día.

A mi tío: **PAULINO VASQUEZ MAMANI**, quien fue parte fundamental de mis cimientos para afrontar la vida.

A mi abuelita: **GENARA BARCENA JORDAN**, por el amor desinteresado que me brindo en mi vida universitaria abriendo sus puertas de su casa.



INTRODUCCION

El presente trabajo geológico corresponde al sector de la Carretera Departamental CU-118 en el Tramo: "Puente Huacaychaca – Ccapi – Pampahuata - distrito de Ccapi - provincia de Paruro - departamento del Cusco.

Los puntos más destacados de interés geológico y geotécnico en el estudio actual incluyen la morfología del terreno, la composición de las capas rocosas, la configuración geológica, los procesos geodinámicos y la actividad sísmica en la región en investigación

La comprensión de estos aspectos ayudará a identificar la presencia y la fuente de los problemas geodinámicos externos, determinar su naturaleza, evaluar su durabilidad, extensión y desarrollo a lo largo del tiempo, así como su impacto en la estabilidad de la vía. Con base en esta información, se seleccionarán las soluciones más apropiadas

Las descripciones geomorfológicas, litoestratigráficas y estructurales mencionadas se han llevado a cabo a nivel regional para obtener una perspectiva general y completa de las características geológicas más significativas que se extienden a lo largo de la ruta en estudio.

Las particularidades geológicas y geotécnicas específicas se detallan en los mapas geológicos detallados de las áreas críticas, en el cuadro de descripción geológico-geotécnico, en la clasificación geotécnica de los cuerpos rocosos y en su ubicación geográfica

Después de recopilar muestras, llevar a cabo ensayos y evaluar parámetros en campo, se realizó una caracterización geotécnica detallada para determinar la calidad de los materiales y proporcionar recomendaciones geotécnicas para el diseño y mejora de la carretera. Además, se incluyeron medidas de estabilización y control para taludes y zonas de intervención en la vía.



RESUMEN

La carretera en estudio se encuentra entre los distrito de Ccapi provincia de Paruro departamento del Cusco, la carretera del presente estudio se inicia en el Puente Huacaychaca siguiendo la carretera hasta llegar a los centros poblado de Ccapi, con una longitud de 28+860 Km, seguidamente del centro poblado de Ccapi hasta el centro poblado de Pampahuata teniendo una longitud de 8+840 Km, culminando finalmente en el Puente Collpay, que la longitud del centro poblado de Pampahuata hasta dicho puente es de 5+720 Km.

El objetivo principal de dicho estudio del tramo es evaluar los aspectos geológicos – geotécnicos en el tramo “Puente Huacaychaca – Ccapi – Pampahuata del Distrito de Ccapi (Prog. 0+000 Km – 45+901 Km)”, con la finalidad de garantizar la seguridad física de la vía a través de obras propuestas como medio de solución a los problemas geotécnicos de riesgo latentes identificado en la zona de estudio.

La metodología implica generar información temática específica mediante la recopilación de información básica, revisión de literatura especializada, obtención de datos cartográficos regionales a la escala adecuada, uso de un Mapa Base y una imagen satelital de la zona de estudio (con resolución de 15m), así como consideración de opiniones técnicas y científicas. Se consultaron fuentes oficiales como referencia para interpretar, contrastar y actualizar los datos preliminares en la elaboración de la información temática y la creación de mapas especializados.

En conclusión, de acuerdo a la zona de estudio se ha determinado que para garantizar el cumplimiento de la vida útil de diseño del mejoramiento del camino vecinal es vital realización del estudio geológico - geotécnico con la finalidad de prevenir posibles fallas en el suelo de fundación. La geología del camino vecinal de la Carretera Departamental CU-118 en el Tramo: Puente Huacaychaca – Ccapi – Pampamarca Distrito de Ccapi – Provincia de Paruro – Departamento de Cusco, en su recorrido atraviesa formaciones geológicas que van desde el mesozoico hasta el Cenozoico, brechas, rojas fijas y rocas sueltas de material areniscas cuarzosas de grano medio a grueso, intercalaciones de arenas con limoarenas y lutitas, con intercalaciones de arcillas, calizas con intercalaciones de dacitas, andesitas y basaltos andesíticos, volcano sedimentario, tobas líticas con matriz tobáceas. Para lo cual se consideró tres tramos (subida planicie y bajada) en los cuales los procesos de geodinámica externa evidenciados son: deslizamientos, de los cuales van a ser anuladas y no afectaran con los ensanches de la carretera, así como el desmoronamiento de roca que si es de lato peligro por lo que se encuentra a favor de la pendiente mediante obras de arte tipificadas para cada zona.

Se ha determinado que la luz mínima de puentes en las cuencas en estudio según se muestra en el siguiente detalle:



Casani: 23.75 m en la progresiva 28+450 del eje del proyecto, y 1.50 m de gálibo

Jollpay: 16.88 m en la progresiva 45+483 del eje del proyecto, 2.50 m de gálibo.

Se ha determinado que la socavación de puentes en las cuencas en estudio según se muestra en el siguiente detalle:

Casani: 2.29 m en la progresiva 28+450 del eje del proyecto.

Jollpay: 1.59 m en la progresiva 45+483 del eje del proyecto.

PALABRAS CLAVE:

GEOLOGICO, GEOTECNICO, TRANSITABILIDAD,

CARRETERA.



ABSTRACT

The highway under study is located between the district of Ccapi, province of Paruro, department of Cusco, the highway of the present study begins at the Huacaychaca Bridge, following the highway until reaching the town centers of Ccapi, with a length of 28+860 km, followed by the town center of Ccapi to the town center of Pampahuata, having a length of 8+840 km, finally culminating in the Collpay Bridge, the length of the town center of Pampahuata to said bridge is 5+720 km.

The main objective of said study of the section is to evaluate the geological - geotechnical aspects in the section "Puente Huacaychaca – Ccapi – Pampahuata of the Ccapi District (Prog. 0+000 Km – 45+901 Km)", with the purpose of guaranteeing the physical security of the road through proposed works as a means of solving the latent risk geotechnical problems identified in the study area.

The methodology is based on the generation of specific thematic information, from the collection of basic information, bibliographic compilation (books, magazines, publications, articles and theses), obtaining base cartographic information of the region at an appropriate scale, Map Base and a satellite image of the study area (15m resolution Satellite Image), as well as technical- scientific opinions. For the preparation of the thematic information and the generation of thematic maps, the sources of official entities were used as a reference, based on which the interpretation, contrast and/or update in the field of the preliminary data was carried out.

In conclusion, according to the study area, it has been determined that to guarantee compliance with the design useful life of the improvement of the local road, it is vital to carry out the geological-geotechnical study in order to prevent possible failures in the foundation soil. The geology of the local road of the Departmental Highway CU-118 in the Section: Puente Huacaychaca – Ccapi – Pampamarca District of Ccapi – Province of Paruro – Department of Cusco, on its route it crosses geological formations ranging from the Mesozoic to the Cenozoic, gaps, fixed red and loose rocks of medium to coarse grained quartz sandstone material, intercalations of sands with silt sands and shales, with intercalations of clays, limestones with intercalations of dacites, andesites and andesitic basalts, sedimentary volcano, lithic tuffs with tuffaceous matrix. For which three sections were considered (up, plain and down) in which the external geodynamic processes evidenced are: landslides, of which will be canceled and will not be affected by the widening of the road, as well as the collapse of rock that If it is highly dangerous, it is located in favor of the slope through works of art typified for each area.



It has been determined that the minimum span of bridges in the basins under study is shown in the following detail:

Casani: 23.75 m in the progressive 28+450 of the project axis, and 1.50 m clearance

Jollpay: 16.88 m in the progressive 45+483 of the project axis, 2.50 m clearance.

It has been determined that the scour of bridges in the basins under study is shown in the following detail:

Casani: 2.29 m in the progressive 28+450 of the project axis.

Jollpay: 1.59 m in the progressive 45+483 of the project axis.

KEYWORDS:

GEOLOGICAL, GEOTECHNICAL, TRANSITABILITY, ROAD.



INDICE

DEDICATORIA.....	I
INTRODUCCION	II
RESUMEN.....	III
ABSTRACT	V
CAPITULO I.....	1
ASPECTOS GENERALES.....	1
1.1. GENERALIDADES.....	1
1.2. UBICACIÓN.....	1
1.2.1. UBICACIÓN POLITICA	1
1.2.1. UBICACIÓN GEOGRAFICA	1
1.3. EXTENSION	3
1.4. ACCESIBILIDAD.....	4
1.5. MARCO TEORICO.....	6
1.5.1. ANTESEDENTE DE LA INVESTIGACION.....	6
1.5.1.1. A NIVEL INTERNACIONAL	6
1.5.1.2. A NIVEL NACIONAL	6
1.5.1.3. A NIVEL LOCAL.....	7
1.6. MARCO TEORICO CONCEPTUAL	8
1.6.1. DEFINICION DE ALGUNOS CONCEPTOS BASICOS	8
a. CARRETERA	8
b. ÁREAS O VÍAS DE ACCESO RESTRINGIDO	8
c. CAMINO.....	9
d. CARRETERA	9
e. CLASIFICADOR DE RUTAS	9
f. CÓDIGO DE RUTA	9
g. DERECHO DE VÍA.....	9



h.	DIAGRAMAS VIALES	9
i.	EJES LONGITUDINALES	9
j.	EJES TRANSVERSALES	9
k.	EXTERNALIDAD NEGATIVA	10
l.	INFRAESTRUCTURA VIAL PÚBLICA	10
m.	PATRIMONIO VIAL	10
n.	RED VIAL	10
o.	RUTA	10
p.	TRANSITABILIDAD VEHICULAR.....	10
q.	CARRETERA DEPARTAMENTAL CU-118	11
1.7.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	12
1.7.1.	PROBLEMA GENERAL	12
1.7.2.	PROBLEMAS ESPECIFICOS	12
1.8.	OBJETIVOS.....	13
1.8.1.	OBJETIVO GENERAL	13
1.8.2.	OBJETIVOS ESPECIFICOS	13
1.9.	HIPOTESIS	13
1.9.1.	HIPOTESIS GENERAL	13
1.9.2.	HIPOTESIS ESPECIFICOS	13
1.10.	JUSTIFICACION.....	14
1.11.	VARIABLES	14
1.11.1.	VARIABLE INDEPENDIENTE	14
1.11.2.	VARIABLE DEPENDIENTE	14
1.12.	METODOLOGIA DE ESTUDIO.....	14
1.12.1.	TRABAJO DE GABINETE.....	14
1.12.2.	TRABAJO DE CAMPO	15
1.12.3.	REDACCIÓN DE LA TESIS	15



1.13.	CONDICIONES CLIMATICAS	15
1.13.1.	CLIMA	15
1.13.2.	TEMPERATURA	16
1.13.3.	PRECIPITACION	17
1.13.4.	VEGETACION	18
CAPITULO II		19
GEOMORFOLOGIA		19
2.1.	INTRODUCCION	19
2.2.	GEOMORFOLOGIA REGIONAL.....	19
2.2.1.	CORDILLERA OCCIDENTAL	19
2.2.2.	CUESTAS ANDINAS	19
2.2.3.	ALTIPLANICIES	20
2.2.4.	VALLES.....	20
2.2.5.	GEOFORMAS DE CARÁCTER TECTÓNICO-DEGRADACIONAL Y EROSIONAL	20
2.2.5.1.	UNIDAD DE MONTAÑA	20
2.2.6.	GEOFORMAS DE CARÁCTER DEPOSICIONAL Y AGRADACIONAL	21
2.2.6.1.	UNIDAD DE PIEDEMONTE	21
2.3.	GEOMORFOLOGIA LOCAL.....	21
2.3.1.	VALLES DEL RIO SANTO TOMAS.....	21
2.3.2.	VALLE DEL RIO APURÍMAC	21
2.3.3.	MONTAÑAS	22
2.3.3.1.	VERTIENTES DE MONTAÑA ALLANADA.....	22
2.3.3.2.	VERTIENTES DE MONTAÑA EMPINADA.....	23
2.3.3.3.	VERTIENTE DE MONTAÑA DISECTADA	23
CAPITULO III		25
GEOLOGIA		25



3.1.	INTRODUCCION	25
3.2.	GEOLOGIA REGIONAL	25
3.2.1.	MESOZOICA CRETÁCEO INFERIOR	25
3.2.1.1.	Formación Maras (Mi-ma)	25
3.2.1.2.	Formación Murco (Kis-ma)	25
3.2.1.3.	Formación Hualhuani (Ki-hu)	26
3.2.2.	MESOZOICA CRETÁCEO MEDIO	26
3.2.2.1.	Formacion Arahuary (Ki-ar).....	26
3.2.3.	MESOZOICA CRETÁCEO SUPERIOR	26
3.2.3.1.	Formación Arcurquina (Kis-ay)	26
3.2.4.	CENOZOICA PALEÓGENO EOCENA.....	27
3.2.4.1.	Formación Anta (KsP-au)	27
3.2.5.	CENOZOICA PALEÓGENO OLIGOCENA	27
3.2.5.1.	Grupo Tacaza (PN-ta/lbr).....	27
3.2.6.	CENOZOICA CUATERNARIO HOLOCENA	28
3.2.6.1.	Depósitos Glaciar (Qh-g)	28
3.2.6.2.	Deposito Aluvial (Qh-al).....	28
3.2.6.3.	Deposito Coluvial (Qh-co)	28
3.3.	GEOLOGIA LOCAL	30
3.3.1.	DEPOSITO COLUVIAL	30
3.3.2.	DEPOSITO ALUVIAL.....	30
3.3.3.	GRUPO TACAZA	31
3.3.4.	FORMACIÓN ARCURQUINA	32
3.4.	GEOLOGIA ESTRUCTURAL.....	33
3.5.	UNIDADES ESTRUCTURALES REGIONALES	33
3.5.1.	TECTÓNICA DE PLIEGUES	33
3.5.1.1.	Descripción general de los pliegues	33



3.5.1.2. Estructura de las Capas rojas del NE de la de la zona de estudio	35
3.6. UNIDADES ESTRUCTURALES LOCALES	35
3.6.1. Las fallas NEE-SWW.....	35
3.6.1.1. Ventana Estructural en la Estación N° 06	36
3.6.1.2. Ventana Estructural en la Estación N° 09	37
3.6.1.3. Ventana Estructural en la Estación N° 10	37
3.6.1.4. Ventana Estructural en la Estación N° 12	38
CAPITULO IV	39
HIDROLOGIA.....	39
4.1. GENERALIDADES.....	39
4.2. ALCANCES DEL ESTUDIO	39
4.3. METODOLOGÍA DEL TRABAJO.....	40
4.4. INFORMACIÓN METEOROLÓGICA	41
4.5. ESTUDIO DE CAMPO	41
4.5.1. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO	41
4.5.1.1. Tramo de Subida	41
4.5.1.2. Tramo en Planicie.....	42
4.5.1.3. Tramo de Bajada	43
4.5.2. INVENTARIO VIAL.....	44
4.5.3.1. ALCANTARILLAS.....	44
4.5.3.2. BADENES	45
4.5.3.3. PONTONES	45
4.5.3. IDENTIFICACIÓN DE ZONAS CRÍTICAS.....	45
4.6. ANÁLISIS DE INFORMACIÓN METEOROLÓGICA.....	46
4.6.1. PERIODO DE RETORNO	46
4.6.2. ANÁLISIS DE DATOS METEOROLÓGICOS	48
4.6.3. CRITERIO DE SELECCIÓN POR REGIÓN CLIMÁTICA	49



4.6.4.	CRITERIO DE SELECCIÓN POR ALTITUD	50
4.6.5.	CRITERIO DE SELECCIÓN POR PROXIMIDAD.....	51
4.6.6.	EVALUACIÓN DE DATOS PLUVIOMÉTRICOS PARA EL ANÁLISIS DE FRECUENCIA.....	51
4.7.	ANÁLISIS DE FRECUENCIAS	52
4.6.1.	DISTRIBUCIÓN GUMBEL.....	53
4.6.2.	DISTRIBUCIÓN NORMAL	53
4.6.3.	DISTRIBUCIÓN LOG NORMAL 2 PARÁMETROS	54
4.6.4.	DISTRIBUCIÓN GAMMA 2 PARÁMETROS	54
4.8.	PRUEBA DE BONDAD Y AJUSTE	55
4.9.	INTENSIDADES DE LLUVIA.....	60
4.10.	CÁLCULO DE CAUDALES MÁXIMOS	63
4.10.1.	CARACTERIZACIÓN DE CUENCAS Y PARÁMETROS MORFOLÓGICOS...	64
4.10.2.1.	Área y Perímetro	64
4.10.2.2.	Índice de Compacidad o Gravelius	64
4.10.2.3.	Factor de Forma	64
4.10.2.4.	Rectángulo Equivalente.....	64
4.10.2.5.	Pendiente de la Cuenca	65
4.10.2.6.	Longitud de Recorrido del Cauce Principal	65
4.10.2.7.	Pendiente del Cauce Principal.....	65
4.10.2.8.	Tiempo de Concentración	65
4.10.2.9.	Curva Hipsométrica.....	66
4.10.2.10.	Altitud Media	66
4.10.2.	CAUDALES MÁXIMOS	83
4.10.2.1.	MÉTODO RACIONAL MODIFICADO.....	83
4.11.	DISEÑO HIDRÁULICO DE ESTRUCTURAS.....	90
4.11.1.	PARÁMETROS DEL DISEÑO HIDRÁULICO.....	90



4.11.1.1.	Características Topográficas	90
4.11.1.2.	Estudio de Microcuencas Hidrográficas	90
4.11.1.3.	Relación de Manning	90
4.11.1.4.	VALIDACIÓN DEL DISEÑO HIDRÁULICO	91
4.11.2.	MEMORIA DE CÁLCULO	91
4.11.2.1.	Cunetas y Canales Típicos	91
4.11.2.2.	Alcantarillas Típicas.....	92
4.11.2.3.	Alcantarillas Típicas.....	92
4.11.2.4.	Badenes Típicos	93
4.11.2.5.	CÁLCULO HIDRÁULICO DE OBRAS DE ARTE.....	93
4.12.	OBRAS DE DRENAJE PROYECTADAS	93
4.12.1.	CUNETAS Y CANALES	93
4.12.2.	ALCANTARILLAS.....	96
4.12.3.	BADENES	97
4.13.	PUENTES Y PONTONES.....	97
4.13.1.	HIDRÁULICA FLUVIAL	98
4.13.1.1.	Caracterización del Cauce	98
4.13.1.2.	Estratigrafía Característica	99
4.13.2.	MODELO HIDRÁULICO	100
4.13.2.1.	Alineamiento y Secciones Transversales	101
4.13.2.2.	Caudales Considerados para el Diseño del Puente.....	101
4.13.2.3.	Parámetros para la Simulación Hidráulica	102
4.13.2.4.	Nivel de Avenidas Máximas Extraordinarias (NAME)	104
4.14.	SOCAVACIÓN.....	105
4.14.1.	SOCAVACIÓN EN CASANI	105
4.14.2.	SOCAVACIÓN EN JOLLPAY	105
CAPITULO V		107



GEODINAMICA	107
5.1. GENERALIDADES.....	107
5.2. GEODINAMICA ENDOGENA (Interno).....	107
5.2.1. SISMOS	107
5.2.2. CRONOLOGIA SISMICA	107
5.2.3. SISMOTECTONICA	110
5.2.4. ACELERACIONES SISMICAS.....	111
5.3. GEODINAMICA EXOGENA.....	112
5.3.1. DESCRIPCION GEODINAMICA A LO LARGO DEL TRAZO	113
5.3.1.1. Deslizamiento.....	113
A. Deslizamiento Antiguo Traslacional.....	113
B. Desmorronamiento de roca	115
C. Sector inestable deslizamiento (Cantera)	116
D. Derrumbe.....	117
5.3.2. TRATAMIENTO GEODINAMICO	118
CAPITULO VI.....	119
GEOTECNIA	119
6.1. GENERALIDADES.....	119
6.2. TALUDES.....	119
6.3. DISEÑO DE ESTABILIDAD DEL DESLIZAMIENTO DE PAMPAHUATA	120
6.3.1. DESLIZAMIENTO DE ESCOMBROS	120
6.3.2. ESCARPE	120
6.3.3. DESLIZAMIENTO ANTIGUO	120
6.3.4. DESLIZAMIENTO ACTIVO.....	120
6.3.5. GEOLOGIA DEL DESLIZAMIENTO	121
6.3.6. GEOMORFOLOGIA DEL DESLIZAMIENTO	121



6.3.7.	DISEÑO DE ESTABILIDAD DE TALUD EN ESTADO NATURAL NO SATURADO	123
6.3.8.	DISEÑO DE ESTABILIDAD DE TALUD EN ESTADO NATURAL SATURADO	124
6.3.9.	DISEÑO DE ESTABILIDAD DE TALUD EN ESTADO TALUDADO NO SATURADO	124
6.4.	GEOLOGÍA DE LA UBICACIÓN DE LOS PUENTES	125
6.4.1.	PUENTE ANTACOA PROGRESIVA 28+450	125
6.4.2.	PUENTE CASANI PROGRESIVA 45+483	126
6.5.	GEOTECNIA DE LA UBICACION DE CANTERAS	127
6.5.1.	UBICACIÓN DE CANTERAS	127
6.6.1.1.	Cantera 01 (Prog.: 22+205 Km – 22+262 Km).....	127
6.6.1.2.	Cantera 02 (Prog.: 21+060 Km – 21+077 Km).....	127
6.6.1.3.	Cantera 03 (Prog.: 18+042 Km – 18+084 Km).....	128
6.6.1.4.	Cantera 04 (Prog.: 12+500 Km – 12+567 Km).....	128
6.6.1.5.	Cantera 05 (Prog.: 11+040 Km – 11+111 Km).....	129
6.6.1.6.	Cantera 06 (Prog.: 9+932 Km – 10+022 Km).....	129
6.6.1.7.	Cantera 07 (Prog.: 5+260 Km – 5+331Km).....	130
6.6.1.8.	Cantera 08 (Prog.: 4+353 Km – 4+463 Km).....	130
6.6.1.9.	Cantera 09 (Prog.: 2+280 Km – 2+329 Km).....	131
6.6.1.10.	Cantera 10 (Prog.: 31+745 Km – 31+845 Km).....	131
6.6.1.11.	Cantera 11 (Prog.: 34+676 Km – 34+751 Km).....	132
6.6.1.12.	Cantera 12 (Prog.: 18+042 Km – 18+084 Km).....	132
6.6.1.13.	Cantera 13 (Prog.: 18+042 Km – 18+084 Km).....	133
6.6.1.14.	Cantera 14 (Prog.: 18+042 Km – 18+084 Km).....	133
6.6.	CLASIFICACION DE MATERIALES	134
6.6.1.	MATERIAL COMPACTO	134



6.6.1.1. Deposito Coluvial (Qh-co)	134
6.6.1.2. Deposito Aluvial (Qh-al).....	135
6.6.1.3. Afloramiento de roca suelta (Rx-s)	137
6.6.1.4. Afloramiento de roca fija (Rx-a)	138
A. Brechas (Rx-b)	139
CONCLUSIONES	142
RECOMENDACIONES	143
BIBLIOGRAFIA.....	144



Lista de Cuadros

Cuadro 1: Ubicación de la zona de estudio carretera vecinal.....	1
Cuadro 2: Unidades lito estratigráficas regionales.....	28
Cuadro 3: Columna estratigráfica de la Formación Paruro (Tomado de Jaime & Romero, 1996; modificado)	29
Cuadro 4: Medida del rumbo y buzamiento de fallas de orden local.....	36
Cuadro 5: Estaciones meteorológicas	41
Cuadro 6: Inventario de alcantarillas	44
Cuadro 7: Inventario de badenes	45
Cuadro 8: Inventario de pontones	45
Cuadro 9: Identificación de zonas críticas	46
Cuadro 10: Valores recomendados de riesgo admisible de obras de drenaje	47
Cuadro 11: Cálculo del riesgo admisible	48
Cuadro 12: Precipitación máxima diaria anual en mm	48
Cuadro 13: Factor de ajuste de la frecuencia de observación diaria	51
Cuadro 14: Precipitación máxima diaria en 24 horas (mm) ajustada.....	52
Cuadro 15: Prueba de bondad de ajuste por Kolmogorov – Smirnov a la Distribución Gumbel	56
Cuadro 16: Prueba de bondad de ajuste por Kolmogorov – Smirnov a la Distribución Normal.....	57
Cuadro 17: Prueba de bondad de ajuste por Kolmogorov – Smirnov a la Distribución Log Normal 2P.....	58
Cuadro 18: Prueba de bondad de ajuste por Kolmogorov – Smirnov a la Distribución Gamma 2P	59
Cuadro 19: Deltas máximos de distribuciones.....	60
Cuadro 20: Precipitaciones máximas	62
Cuadro 21: Intensidades máximas.....	62
Cuadro 22: Caracterización morfológica de la cuenca Antahuayco	66
Cuadro 23: Generación de curva hipsométrica de la cuenca Antahuayco	68
Cuadro 24: Caracterización morfológica de la cuenca Casani.....	69



Cuadro 25: Generación de curva hipsométrica de la cuenca Casani.....	71
Cuadro 26: Generación de curva hipsométrica de la cuenca Antahuayco	72
Cuadro 27: Caracterización morfológica de la cuenca Casani.....	74
Cuadro 28: Generación de curva hipsométrica de la cuenca Casani.....	75
Cuadro 29: Generación de curva hipsométrica de la cuenca Antahuayco	77
Cuadro 30: Caracterización morfológica de la cuenca Casani.....	78
Cuadro 31: Generación de curva hipsométrica de la cuenca Casani.....	79
Cuadro 32: Características físicas de la cuenca Jollpay	81
Cuadro 33: Generación de curva hipsométrica de la cuenca Jollpay	82
Cuadro 34: Grupo hidrológico del suelo	85
Cuadro 35: Caudal por método racional modificado – Antahuayco	86
Cuadro 36: Caudal por método racional modificado – Casani	88
Cuadro 37: Caudal por método racional modificado – Jollpay.....	89
Cuadro 38: Cunetas típicas.....	91
Cuadro 39: Canales típicos.....	92
Cuadro 40: Cunetas típicas.....	92
Cuadro 41: Canales típicos.....	92
Cuadro 42: Alcantarillas circulares típicas.....	92
Cuadro 43: Alcantarillas rectangulares típicas.....	93
Cuadro 44: Badenes típicos.....	93
Cuadro 45: Cunetas proyectadas (1/8)	93
Cuadro 46: Alcantarillas proyectadas (1/5).....	96
Cuadro 47: Badenes proyectados	97
Cuadro 48: Casani – Estratigrafía	99
Cuadro 49: Tabla 52: Jollpay – Estratigrafía	99
Cuadro 50: Tabla de Cowan para determinar la influencia de diversos factores sobre el coeficiente “n”	102



Cuadro 51: Casani – Coeficiente n (Cowan).....	103
Cuadro 52: Jollpay – Coeficiente n (Cowan)	103
Cuadro 53: Socavación por Laursen	105
Cuadro 54: Socavación por Froehlich	105
Cuadro 55: Socavación por Melville.....	105
Cuadro 56: Socavación por Liu, Chang y Skinner	105
Cuadro 57: Socavación por Artamonov	106
Cuadro 58: Socavación por Melville.....	106
Cuadro 59: Aceleraciones Sísmicas Según Escala Mercalli	112
Cuadro 60: Tratamiento geodinámico	118
Cuadro 61: Valores referenciales para taludes en corte (Relacion H:V)	119
Cuadro 62: Comparación de estabilidad en estado natural y saturado.....	124
Cuadro 63: Comparación de estabilidad en estado natural y saturado.....	125
Cuadro 64: Resumen de las ubicaciones de las canteras.....	134
Cuadro 65: Clasificación de material compacto.....	136
Cuadro 66: Clasificación de materiales de roca suelta.....	138
Cuadro 67: Escala de Undden Wentworth	139
Cuadro 68: Clasificación de materiales de roca fija.....	140
Cuadro 69: Unidades lito estratigráficas locales.	141
Cuadro 70: Resumen de la clasificación de materiales	141



Lista de fotos

Foto 1: Vista de la ubicación del punto de inicio en el Puente Huacaychaca Prog. 0+000 Km	2
Foto 2: Vista final del tramo carretero en el sector de Pampahuata Prog. 45+901 Km colindante con el rio Apurímac.....	2
Foto 3: Vista del clima de la zona de estudio en el mes de junio	15
Foto 4: Vista de la vertiente de montaña en el sector o centro poblado de Pampahuata	22
Foto 5: Vista panorámica en el sector del centro poblado de Ccapi.....	22
Foto 6: Vista de la montaña empinada en el sector de Huacaychaca.....	23
Foto 7: Vista de la vertiente de montaña disectada en el sector del centro poblado de Ccapi en dirección NE.....	24
Foto 8: Vista de los depósitos cuaternarios en el sector de Huacaychaca.....	30
Foto 9: Vista del depósito cuaternario en el sector del centro poblado de Ccapi.....	31
Foto 10: Vista del grupo Tacaza con afloramiento de roca andesítica ubicado en el sector de Huacaychaca.....	31
Foto 11: Vista de la formación Arcurquina media en el sector de Pampahuata calizas de color gris en el punto final del tramo.....	32
Foto 12: Vista de la formación Arcurquina superior conformado por calizas micríticas de color gris a negras.....	32
Foto 13: Muestra los ejes, sinclinal y anticlinal, que se encuentra al NE con dirección NNW - SSE, respectivamente.	35
Foto 14: Vista del afloramiento de roca caliza micríticas en el sector de Pampahuata progresiva 45+740 margen derecha del rio Apurímac	36
Foto 15: Vista del afloramiento de roca caliza micríticas en el sector del cerro Huajana progresiva 38+200.....	37
Foto 16: Vista del Diaclasamiento en el sector de Huacaychaca con afloramiento de roca volcánica de composición dacítica de color gris violáceo propios del Grupo Tacaza	38
Foto 17: Vista del Diaclasamiento en el sector del Puente Huacaychaca margen izquierda del rio Apurímac Litológicamente está emplazado por derrames lávico de composición andesítica vesiculares con bloques de piroclastos propios del Grupo Tacaza	38



Foto 18: Vista del rio Huacaychaca en el sector de la misma.....	42
Foto 19: Vista del rio Antahuayco ubicado en el sector o centro poblado de Ccapi.....	42
Foto 20: Vista del rio Jollpay en el sector de Pampahuata.....	43
Foto 21: Vista de la quebrada Antahuayco	67
Foto 22: Vista de la quebrada Casani.....	70
Foto 23: Vista del deslizamiento antiguo.....	114
Foto 24: Vista del desmoronamiento de roca en matriz arcilla arenosa.....	116
Foto 25: Vista del deslizamiento utilizado como cantera de agregado	117
Foto 26: Vista del derrumbe de afloramiento rocoso de calizas	118
Foto 27: Vista del deslizamiento en el sector de Pampahuata	122
Foto 28: Vista de la ubicación del puente sobre material cuaternario coluvial y alluvial.....	125
Foto 29: Vista del puente Casani.....	126
Foto 30: Vista de la cantera 1	127
Foto 31: Vista de la cantera 2.....	127
Foto 32: Vista de la cantera 3	128
Foto 33: Vista de la cantera 4.....	128
Foto 34: Vista de la cantera 5	129
Foto 35: Vista de la cantera 6.....	129
Foto 36: Vista de la cantera 7	130
Foto 37: Vista de la cantera 8.....	131
Foto 38: Vista de la cantera 9.....	131
Foto 39: Vista de la cantera 10.....	132
Foto 40: Vista de la cantera 11	132
Foto 41: Vista de la cantera 12.....	133
Foto 42: Vista de la cantera 13.....	133
Foto 43: Vista de la cantera 14.....	134
Foto 44: Vista del depósito coluvial.....	135



Foto 45: Vista del depósito alluvial.....	135
Foto 46: Vista de la roca suelta	138
Foto 47: Vista del afloramiento de roca fija en la margen derecha del rio Apurímac	139
Foto 48: Vista del afloramiento de roca brechas.....	140



Lista de Imágenes

Imagen 1: Vista de la imagen satelital SASPLANET de la zona de estudio	2
Imagen 2: Vista de la ubicación de la zona en estudio.....	3
Imagen 3: Vista de la accesibilidad a la zona de estudio Cusco – Huanquite.....	4
Imagen 4: Vista de la accesibilidad a la zona de estudio Huanquite – Puente Huacaychaca	4
Imagen 5: Vista de la accesibilidad a la zona de estudio San Juan de Taray - Hermanos Ayar	5
Imagen 6: Vista general de accesibilidad a la zona de estudio	6
Imagen 7: Clima del distrito de Ccapi.....	15
Imagen 8: Temperatura máxima y mínima promedio en Ccapi.....	16
Imagen 9: Temperatura promedio por hora en Ccapi.....	17
Imagen 10: Probabilidad diaria de precipitación en Ccapi.....	18
Imagen 11: Unidades geomorfológicas regionales	20
Imagen 12: Diagrama de rosetas de fallas de los macizos rocosos donde se observa el trend principal N325°	36
Imagen 13: Mapa de las Zonas Sísmicas	111
Imagen 14: Aceleraciones Sísmicas.....	112
Imagen 15: Tipo y Clasificación de deslizamiento	113
Imagen 16: Perfil del Puente 25 m (KM 28+450).....	125
Imagen 17: Perfil del Puente 18m (Km 45+483)	126



Lista de figuras

Figura 1: Metodología del trabajo	40
Figura 2: Riesgo de por lo menos una excedencia del evento de diseño durante la vida útil	47
Figura 3: Histograma de las precipitaciones máximas diarias - anuales en mm.....	49
Figura 4: Mapa climático del Cusco	49
Figura 5: Gráfico de distribución Gumbel	56
Figura 6: Gráfico de distribución Normal	57
Figura 7: Gráfico de distribución LogNormal 2P	58
Figura 8: Gráfico de distribución Gamma 2P	59
Figura 9: Mapa de elevaciones de la cuenca Antahuayco.....	67
Figura 10: Curva hipsométrica de la Cuenca Antahuayco	68
Figura 11: Rectángulo equivalente de la Cuenca Antahuayco.....	69
Figura 12: Mapa de elevaciones de la cuenca Casani	70
Figura 13: Curva hipsométrica de la Cuenca Casani	71
Figura 14: Curva hipsométrica de la Cuenca Antahuayco	72
Figura 15: Rectángulo equivalente de la Cuenca Antahuayco.....	73
Figura 16: Mapa de elevaciones de la cuenca Casani	74
Figura 17: Curva hipsométrica de la Cuenca Casani	75
Figura 18: Rectángulo equivalente de la Cuenca Casani	76
Figura 19: Mapa de elevaciones de la cuenca Antahuayco.....	76
Figura 20: Curva hipsométrica de la Cuenca Antahuayco	77
Figura 21: Rectángulo equivalente de la Cuenca Antahuayco.....	78
Figura 22: Mapa de elevaciones de la cuenca Casani	79
Figura 23: Curva hipsométrica de la Cuenca Casani	80
Figura 24: Rectángulo equivalente de la Cuenca Casani	80
Figura 25: Mapa de elevaciones de la cuenca Jollpay.....	81
Figura 26: Curva hipsométrica de la Cuenca Jollpay.....	82



Figura 27: Rectángulo equivalente de la Cuenca Jollpay.....	82
Figura 28: Tipos de ríos de acuerdo a su geometría, Simona y Julián, 1984.....	98
Figura 29: Casani – Alineamiento y secciones transversales.....	101
Figura 30: Jollpay – Alineamiento y secciones transversales	101
Figura 31: Casani – NAME (0+330) luz = 23.75m.....	104
Figura 32: Jollpay – NAME (0+070) luz = 16.88m.....	104
Figura 33: Vista de un Deslizamiento Traslacional	114
Figura 34: Criterios para el diseño de taludes en roca	115
Figura 35: Vista del desmoronamiento de roca.....	115
Figura 36: Causas de fallas de la pendiente de un terreno	121
Figura 37: Vista del deslizamiento de Pampahuata	121



CAPITULO I

ASPECTOS GENERALES

1.1. GENERALIDADES

La carretera en estudios se encuentra entre los distritos de Ccapi provincia de Paruro departamento de Cusco, la carretera del presente estudio se inicia en el Puente Huacaychaca siguiendo la carretera hasta llegar a los centros poblados de Ccapi, con una longitud de 28+860 Km, seguidamente del centro poblado de Ccapi hasta el centro poblado de Pampahuata teniendo una longitud de 8+840 Km, culminando finalmente en el Puente Collpay, que la longitud del centro poblado de Pampahuata hasta dicho puente es de 5+720 Km.

En las siguientes imagines satelitales se puede apreciar localización de la carretera camino vecinal en intervención

1.2. UBICACIÓN

1.2.1. UBICACIÓN POLITICA

Distrito : CCAPI

Provincia : PARURO

Región : CUSCO

Cuadro 1: Ubicación de la zona de estudio carretera vecinal

Punto		Coordenadas UTM		Coordenadas Geográficas		Altura m.s.n.m.
		Este	Norte	Longitud	Latitud	
Inicio	Puente Huacaychaca	815255	8475160	72° 5'4.75"	13°46'32.81"	2327
Final	Puente Jullpay	816415	8459914	72° 4'19.96"	13°54'47.98"	2501

Fuente: Elaboración Propia

1.2.1. UBICACIÓN GEOGRAFICA

La vía en estudio se ubica en la cordillera de los andes, el punto de inicio empieza del Puente Huacaychaca siguiendo los centros poblados de Ccapi, Pampahuata carretera afirmada con una distancia de km 45+901.



Foto 1: Vista de la ubicación del punto de inicio en el Puente Huacaychaca Prog. 0+000 Km



Foto 2: Vista final del tramo carretero en el sector de Pampahuata Prog. 45+901 Km colindante con el río Apurímac



Imagen 1: Vista de la imagen satelital SASPLANET de la zona de estudio



Fuente Elaboración Propia SASPLANET

Imagen 2: Vista de la ubicación de la zona en estudio



Fuente Elaboración Propia SIGRID

1.3. EXTENSION

La zona en estudio tiene una extensión de 45+901 Km.



1.4. ACCESIBILIDAD

Se ha considerado el acceso desde la ciudad de Cusco al punto inicial del proyecto íntegramente por la carretera principal Cusco – Huanquite – Puente Huacaychaca,

Se accede desde la ciudad de Cusco hasta el centro poblado de Accopata mediante la vía asfaltada, hasta el km 17, el tiempo recorrido es de 40 minutos aproximadamente, desde ahí se desvía hacia la carretera afirmada hacia el centro poblado de Huanquite, de aquí inicia el desvío hacia la margen izquierda de la carretera principal, pasando por centros poblados como Yachipunco Molino Huanca, Roccoto, finalmente hasta llegar al punto de inición que es el Punte Huacaychaca.

Imagen 3: Vista de la accesibilidad a la zona de estudio Cusco – Huanquite



Fuente Elaboración Propia SIGRID

Imagen 4: Vista de la accesibilidad a la zona de estudio Huanquite – Puente Huacaychaca



Imagen 6: Vista general de accesibilidad a la zona de estudio



Fuente: Elaboración Propia SIGRID

1.5. MARCO TEORICO

1.5.1. ANTESEDENTE DE LA INVESTIGACION

1.5.1.1. A NIVEL INTERNACIONAL

(Acuña Chavarría & García Muñoz, 2017), La caracterización de las condiciones geológicas y geotécnicas del tramo I carretera Comején-Waslala son necesarias para la elaboración de la cartografía geológica y geotécnica, donde se expongan las principales unidades litológicas, rasgos geomorfológicos, estructurales y sitios de susceptibilidad a amenazas geológicas, así como la clasificación de los suelos a partir de la obtención de información de campo y resumen de datos de laboratorio de suelos. Contribuyendo al plan de rehabilitación del tramo en vista al crecimiento de la economía directa e indirecta y al plan del inventario de la red vial de Nicaragua. En su planteamiento de problema menciona que: El tramo I carretera Comején-Waslala está ubicado en la parte Norte central del país, por su gran distancia con respecto a la capital ha sido de menor importancia en los planes de rehabilitación de carreteras del Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI). En los últimos años, las ciudades y regiones cercanas al tramo I de la



carretera Comején-Waslala han experimentado un notable crecimiento en las actividades de almacenamiento y distribución de productos nacionales y de exportación. No obstante, un efecto negativo se manifiesta en el deterioro de la infraestructura vial existente, específicamente en el tramo de camino revestido, conllevando a daños, desgaste de los vehículos y mayor tiempo de viaje. Esto, a su vez, ha ocasionado un aumento en los costos de transporte de los diversos productos.

A NIVEL NACIONAL

(Boza Jurado, 2018) El estudio es crucial, ya que posibilitará la implementación de una solución integral para mejorar las vías de comunicación en las zonas agrícolas del área investigada. Además, se podrá establecer la estabilidad y calidad tanto del macizo rocoso como de los suelos que componen la geología a lo largo del trazado de la carretera. Asimismo, la información geológica recopilada será de gran utilidad para proyectos de ingeniería futuros

(Pasapaera Chacaliza, 2016) en su ítem de Nivel de Investigación Corresponde a un nivel II y III de acuerdo a la profundidad de la investigación pertenece al nivel descriptivo y correlacional. Describir en términos metodológicos consiste en indicar todas las características del fenómeno que se estudia. Hernández S. y otros (Ob. Cit.: 60) precisan aún más esto señalando que "Desde el punto de vista científico, describir es medir". Esta última definición es importante, por cuanto implica por parte del investigador la capacidad y disposición de evaluar y exponer, en forma detallada, las características del objeto de estudio. Estos estudios permiten evidenciar el conocimiento teórico y metodológico del autor del estudio, mostrando su nivel cognitivo y operativo de conceptos y categorías relacionados con el tema. A través de esta investigación, se destaca la experiencia y destreza del autor en el campo, subrayando su comprensión de los conceptos relevantes y las metodologías aplicadas. Es correlacional; según Carlos Sabino (1995: 39 y 1996: 110) identifica estos estudios como aquellos cuyo propósito es encontrar relaciones entre las variables.

Las características de este tipo de estudios son, de manera general, las siguientes:

- Parten de un abundante cuerpo teórico;
- Identifican las relaciones de causalidad; y,
- Proponen nuevas hipótesis para futuros estudios

1.5.1.2. A NIVEL LOCAL

(BACH. MAURIN KARINA PONCE VALDIVIA, y BACH. MERYL BETSY SAENZ PUITIZA, 2017), en su fundamentación de la presente tesis menciona ;La carretera bajo estudio se encuentra



en condiciones de transitabilidad que van desde regulares a malas, debido a la falta de labores de mantenimiento y conservación regulares. No se han realizado acciones de rehabilitación o mejora en el tramo, lo que resulta en altos costos de transporte en la zona circundante, impactando negativamente en la economía de la población. Esta área se caracteriza por un bajo nivel de desarrollo, evidenciado por altos niveles de pobreza y carencias en necesidades básicas, lo que se traduce en indicadores muy bajos de calidad de vida.

El mejoramiento de la carretera plantea devolver la transitabilidad de la misma, eliminando los tramos críticos y proyectando una nueva carpeta de rodadura afirmada.

La justificación menciona que el progreso cultural y económico de otras áreas del país ha mostrado que el desarrollo de las vías de comunicación, principalmente terrestres, es clave para el crecimiento interno. Esto sugiere que la falta de infraestructura en los distritos de Paucartambo limita el desarrollo integral de los habitantes en todos los aspectos, especialmente a nivel económico. Para asegurar la construcción óptima de estas infraestructuras, es fundamental llevar a cabo diversos estudios geológicos y geotécnicos que permitan mitigar riesgos y garantizar la durabilidad de las carreteras.

1.6. MARCO TEORICO CONCEPTUAL

1.6.1. DEFINICION DE ALGUNOS CONCEPTOS BASICOS

a. CARRETERA

Según (Comunicaciones, 2018). Es una faja de terreno con un plano de rodadura esencialmente dispuesto para la circulación cómoda y segura de los vehículos. Una carretera convencional puede estar conectada a través de accesos a las propiedades colindantes. Básicamente están destinadas a unir entre si poblaciones, pueden ser construidas de acuerdo a la disponibilidad económica a la necesidad del transporte.

b. ÁREAS O VÍAS DE ACCESO RESTRINGIDO

Según(MINISTERIO DE TRANSPORTES, COMUNICACIONES, VIVIENDA Y CONSTRUCCION, 1999) Son aquellos tramos o partes del camino en donde la autoridad competente ha impuesto restricciones de acceso al tránsito y/o transporte para aislar externalidades negativas generadas por las actividades relacionadas con el transporte y tránsito. Dichas restricciones pueden ser aplicadas en forma permanente, temporal o periódica.



c. CAMINO

Según (Piñella & Scipion, 1999) Vía terrestre para el tránsito de vehículos motorizados y no motorizados, peatones y animales, con excepción de las vías férreas.

d. CARRETERA

Camino para el tránsito de vehículos motorizados, de por lo menos dos ejes, con características geométricas definidas de acuerdo a las normas técnicas vigentes en el Ministerio de Transportes y Comunicaciones, incluyendo el derecho de vía.

e. CLASIFICADOR DE RUTAS

Según (PIÑELLA, 1999). Documento Oficial del Sistema Nacional de Carreteras - SINAC, emitido por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones, que contiene las carreteras existentes y en proyecto, clasificadas como Red Vial Nacional, Red Vial Departamental o Regional y Red Vial Vecinal o Rural.

f. CÓDIGO DE RUTA

Identificación simplificada de una vía del Sistema Nacional de Carreteras (SINAC).

g. DERECHO DE VÍA

Según (MINISTERIO DE TRANSPORTES, COMUNICACIONES, VIVIENDA Y CONSTRUCCION, 1999) Faja de terreno de ancho variable dentro del cual se encuentra comprendida la carretera, sus obras complementarias, servicios, áreas previstas para futuras obras de ensanche o mejoramiento, y zonas de seguridad para el usuario. Su ancho se establece en cada caso por Resolución Ministerial.

h. DIAGRAMAS VIALES

Según (MINISTERIO DE TRANSPORTES, COMUNICACIONES, VIVIENDA Y CONSTRUCCION, 1999) Documentos oficiales que grafican, de modo simple, el Sistema Nacional de Carreteras (SINAC) dentro de la demarcación política de cada Departamento.

i. EJES LONGITUDINALES

Según (MINISTERIO DE TRANSPORTES, 1999) Son las carreteras que recorren longitudinalmente al país, uniando el territorio nacional desde la frontera norte hasta la frontera sur.

j. EJES TRANSVERSALES

Son las carreteras transversales o de penetración, que básicamente unen la costa con el interior del país.



k. EXTERNALIDAD NEGATIVA

Influencia negativa, medida en costos sobre la sociedad, generada por las funciones de transporte y tránsito.

l. INFRAESTRUCTURA VIAL PÚBLICA

Todo camino, arteria, calle o vía férrea, incluidas sus obras complementarias, de carácter rural o urbano de dominio y uso público.

m. PATRIMONIO VIAL

Conjunto de caminos, arterias, calles o vías férreas, incluidas sus obras complementarias, que con su respectivo derecho de vía conforman la estructura vial de uso y dominio público susceptible de valorización.

n. RED VIAL

Conjunto de carreteras que pertenecen a la misma clasificación funcional (Nacional, Departamental o Regional y Vecinal o Rural).

o. RUTA

Camino definido entre dos puntos determinados, con origen, itinerario y destino debidamente identificados

p. TRANSITABILIDAD VEHICULAR

Según (CONSTRUCCIONES, 1997) El servicio que presta la infraestructura vial permite un flujo vehicular regular durante un determinado periodo entre distintas localidades. Asimismo, promueve la integración interna y externa del país, generando mayores niveles de competitividad.

Descripción:

Referido a los parámetros que regulan los niveles de prestación del servicio en lo relacionado a su funcionalidad y seguridad.

CAPACIDAD: Se podrá representar el número máximo de vehículos por unidad de tiempo (Veh/carril/h), que pueden pasar por una sección de la vía, bajo las condiciones prevalecientes del tránsito.

VELOCIDAD DE DISEÑO: Se permitirá establecer la máxima velocidad (Km/h) con que se diseña una vía en función a un tipo de vehículo y factores relacionados a: topografía, entorno ambiental, usos de suelos adyacentes, características del tráfico y tipo de pavimento previsto.



FUNCIONALIDAD: Se podrá determinar mediante parámetros, metodologías, en cuanto a seguridad, confort, velocidad de viaje y operación del tránsito vehicular que determinan las condiciones en que funciona la infraestructura viaria.

Asimismo, se muestran los siguientes indicadores relacionados a la funcionalidad de la vía.

Índice de Rugosidad del Pavimento (IRI) o Regularidad: Representa la regularidad superficial de un pavimento, asimismo la afectación directa que presenta con la operación vehicular.

Índice de Serviciabilidad del Pavimentos (PSI): Representa la comodidad de circulación ofrecida al usuario.

Índice de Condición del Pavimento (PCI): Representa el estado superficial en que se encuentra el pavimento en términos de su integridad estructural y su nivel de servicio.

Índice de Condición de Vías no Pavimentada (URCI): Representa el estado superficial en que se encuentra la carretera no pavimentada en términos de su integridad estructural y su nivel de servicio.

q. CARRETERA DEPARTAMENTAL CU-118

Compuesta por las carreteras que forman parte de la red vial dentro de un gobierno regional, esta red conecta principalmente la Red Vial Nacional con la Red Vial Vecinal o Rural.

DEL CÓDIGO DE RUTA

13.1. En las carreteras de la Red Vial Nacional, El sistema de codificación de carreteras consta del prefijo PE más un número del 01 al 99, donde los números impares representan carreteras longitudinales y las pares carreteras transversales. En caso de bifurcación, el ramal mantiene el mismo número seguido de una letra mayúscula en orden alfabético.

13.2. En las carreteras de la Red Vial Departamental o Regional, El sistema de codificación de carreteras incluye un prefijo de dos letras que indica el departamento donde se encuentra la carretera, seguido de un número comprendido entre 100 y 499. La asignación de números sigue el criterio de dirección de Norte a Sur.

13.3. En las carreteras de la Red Vial Vecinal o Rural, El sistema de codificación de carreteras utiliza el mismo prefijo de dos letras para identificar el departamento donde se localiza la carretera, seguido de un número a partir de 500.



1.7. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el marco del crecimiento vial a nivel nacional para fortalecer la interconexión y comunicación entre la sociedad, es fundamental priorizar la integración de la población en sus diversos niveles culturales. En este sentido, se promueve la iniciativa de generar proyectos que estimulen actividades y aborden obstáculos que afecten la fluidez del tráfico y las actividades comerciales en la localidad del distrito de Ccapi.

La presente carretera en evaluación que va desde el Puente Huacaychaca-Ccapi-Pampahuata, es una carretera afirmada que presenta problemas en la plataforma por presentar suelos expansivos y cohesivos debido a que no cuenta con un sistema de drenaje provenientes de las aguas de escorrentía, baja resistencia y alta comprensibilidad del terreno de cimentación ocasionando inestabilidad en las laderas (deslizamientos, derrumbes, etc). Esto motiva la programación de acciones bajo objetivos del mejoramiento de la transitabilidad vehicular de la carretera departamental CU-118 en el tramo: "Puente Huacaychaca – Ccapi - Pampahuata del Distrito de Ccapi (Prog. 0+000 Km – 45+901 Km).

En consecuencia, se plantean alternativas para superar o solucionar los aspectos que impiden la fluidez de transitabilidad en el tramo "Puente Huacaychaca – Ccapi - Pampahuata del Distrito de Ccapi (Prog. 0+000 Km – 45+901 Km); para este efecto

1.7.1. PROBLEMA GENERAL

- ❖ ¿Cuáles son los peligros Geológico – Geotécnicos existentes que comprometen la transitabilidad vehicular de la carretera departamental Cu-118 En El Tramo: "Puente Huacaychaca-Ccapi-Pampahuata - distrito de Ccapi - provincia de Paruro - departamento del Cusco?

1.7.2. PROBLEMAS ESPECIFICOS

- ❖ ¿Cuáles son los peligros geodinámicos de mayor potencial que pudiera amenazar al tramo "Puente Huacaychaca – Ccapi - Pampahuata del Distrito de Ccapi (Prog. 0+000 Km – 45+901 Km)?
- ❖ ¿Puede afectar el grado de intemperismo a los elementos litológicos y cuál es el comportamiento geomorfológico de las áreas adyacentes a la carretera?
- ❖ ¿Cuáles son las características geotécnicas necesarias para el mejoramiento de la transitabilidad vehicular de la carretera Puente Huacaychaca – Ccapi - Pampahuata del Distrito de Ccapi (Prog. 0+000 Km – 45+901 Km)?



1.8. OBJETIVOS

1.8.1. OBJETIVO GENERAL

- ❖ Evaluar los aspectos geológico – geotécnicos en el tramo “Puente Huacaychaca – Ccapi - Pampahuata del Distrito de Ccapi (Prog. 0+000 Km – 45+901 Km), con la finalidad de garantizar la seguridad física de la vía a través de obras propuestas como medio de solución a los problemas de riesgos latentes en la zona.

1.8.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- ❖ Identificar las áreas susceptibles a peligros geodinámicos de mayor potencial que pudiera amenazar al tramo “Puente Huacaychaca – Ccapi – Pampahuata” del Distrito de Ccapi (Prog. 0+000 Km – 45+901 Km)
- ❖ Reconocer las diferentes unidades litológicas y geomorfológicas para caracterizarlos y dimensionarlos en las áreas comprendidas del estudio, las que serán representadas y delimitadas en los mapas temáticos respectivos.
- ❖ Determinar las características geotécnicas necesarios para el mejoramiento de la transitabilidad vehicular de la carretera Puente Huacaychaca – Ccapi - Pampahuata del Distrito de Ccapi (Prog. 0+000 Km – 45+901 Km).

1.9. HIPOTESIS

1.9.1. HIPOTESIS GENERAL

- ❖ La información básica del estudio geológico - geotécnico en el tramo “Puente Huacaychaca – Ccapi - Pampahuata del Distrito de Ccapi (Prog. 0+000 Km – 45+901 Km), servirá para la interpretación y posterior análisis o solucionar los aspectos que impiden la fluidez de transitabilidad en el tramo “Puente Huacaychaca – Ccapi - Pampahuata, lo cual se utilizará como base para poder desarrollar la forma de trabajo con su respectivo tratamiento en la presente ejecución del tramo “Puente Huacaychaca-Ccapi-Pampahuata”. Así como las respectivas medidas de prevención y/o mitigación a los supuestos impactos generados.

1.9.2. HIPOTESIS ESPECIFICOS

- ❖ En los sectores inestables y/o de mayor potencial que pudiera amenazar al tramo Puente Huacaychaca – Ccapi – Pampahuata, con el diseño de estabilidad de taludes se dará la seguridad a la transitabilidad vehicular de la carretera.
- ❖ Con el diseño de las obras de arte y con el tratamiento superficial será necesario para controlar los efectos del intemperismo a los elementos líticos en el tramo “Puente Huacaychaca – Ccapi - Pampahuata del Distrito de Ccapi (Prog. 0+000 Km – 45+901 Km).



- ❖ Con los estudios de mecánica de suelos en las zonas o sectores inestables se dará a conocer la capacidad portante y otros resultados que será para mejorar los sectores inestables con diseños de estabilización de taludes en el tramo "Puente Huacaychaca – Ccapi - Pampahuata del Distrito de Ccapi (Prog. 0+000 Km – 45+901 Km).

1.10. JUSTIFICACION

El avance cultural y económico observado en otras partes del país indica que el desarrollo interno se ve favorecido por la mejora y expansión de las vías de comunicación terrestres. Por consiguiente, la ausencia de la infraestructura necesaria en el distrito de Ccapi impide el progreso integral de sus habitantes, en especial en el ámbito económico. Para asegurar la construcción adecuada de estas infraestructuras, es esencial llevar a cabo estudios geológicos y geotécnicos que reduzcan riesgos y garanticen la durabilidad de la vía en cuestión.

1.11. VARIABLES

1.11.1. VARIABLE INDEPENDIENTE

- ❖ Geología y Geotecnia.

1.11.2. VARIABLE DEPENDIENTE

- ❖ Mejoramiento de la Transitabilidad Vehicular de la Carretera.

1.12. METODOLOGIA DE ESTUDIO

Se llevó a cabo la creación de información temática específica mediante la recopilación de datos fundamentales, revisión de fuentes bibliográficas, obtención de información cartográfica a una escala apropiada, utilización de un Mapa Base y una imagen satelital de la zona de estudio con una resolución de 15m. Además, se consideraron opiniones de expertos en el campo técnico y científico. Para elaborar la información temática y generar los mapas correspondientes, se consultaron las fuentes oficiales como base de referencia, sobre las cuales se realizó la interpretación, comparación y actualización de los datos preliminares.

1.12.1. TRABAJO DE GABINETE

En esta fase, se efectuó la recopilación de información y el análisis de la literatura disponible acerca de la zona en estudio. Además, se realizó la interpretación de fotografías del área. Después de realizar salidas de campo, se crearon los planos geológicos y geomorfológicos en una escala de 1:25,000, considerando las asociaciones de rocas presentes para realizar las interpretaciones correspondientes.



1.12.2. TRABAJO DE CAMPO

Durante la fase de campo, se llevó a cabo la cartografía geológica de las unidades estratigráficas y estructurales en un plano base a escala 1:25,000. Se realizaron levantamientos de columnas estratigráficas en los afloramientos presentes, teniendo en cuenta los detalles de la estratigrafía secuencial para caracterizar geológica y geotécnicamente dichas unidades. Además, se tomaron muestras de suelos y rocas de calicatas y afloramientos para su análisis correspondiente

1.12.3. REDACCIÓN DE LA TESIS

Preparar el informe inicial seguido del informe final integrado, incluyendo todos los elementos como mapas, tablas, imágenes y documentos adicionales pertinentes para respaldar las conclusiones y hallazgos.

1.13. CONDICIONES CLIMATICAS

1.13.1. CLIMA

En el distrito de Ccapi, los veranos son cortos y cómodos; los inviernos son cortos, frescos y mojados y está nublado durante todo el año. Durante el transcurso del año, la temperatura generalmente varía de 1°C a 22°C y rara vez baja a menos de -1°C o sube a más de 25°C .

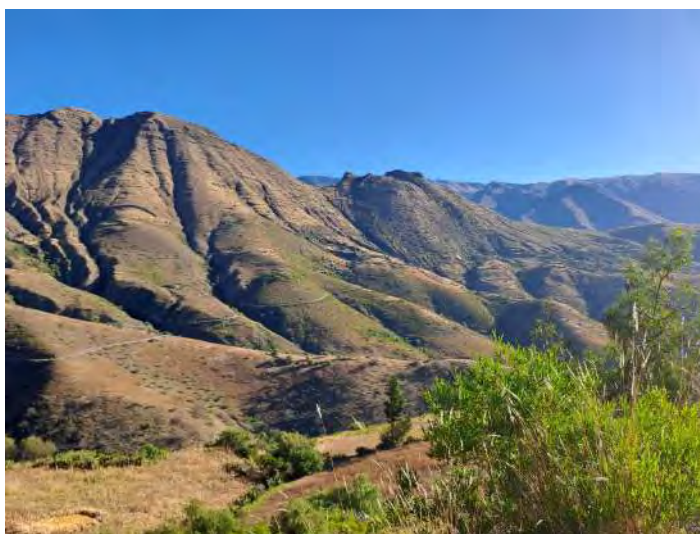
En base a la puntuación de turismo, las mejores épocas del año para visitar Ccapi para actividades de tiempo caluroso son desde *finales de abril* hasta *mediados de junio* y desde *principios de Julio* hasta *mediados de octubre*.

Imagen 7: Clima del distrito de Ccapi



Fuente: Elaborado por weatherspark.com

Foto 3: Vista del clima de la zona de estudio en el mes de junio



1.13.2. TEMPERATURA

La *temporada templada* dura 1.8 meses, del 6 de octubre al 30 de noviembre, y la temperatura máxima promedio diaria es más de 21 °C. El mes más cálido del año en Ccapi es *noviembre*, con una temperatura máxima promedio de 22 °C y mínima de 8 °C.

La *temporada fresca* dura 2.8 meses, del 2 de enero al 28 de marzo, y la temperatura máxima promedio diaria es menos de 20 °C. El mes más frío del año en Ccapi es *Julio*, con una temperatura mínima promedio de 1 °C y máxima de 20 °C.

Imagen 8: Temperatura máxima y mínima promedio en Ccapi



Fuente: Elaborado por weatherspark.com

La temperatura máxima (línea roja) y la temperatura mínima (línea azul) promedio diario con las bandas de los percentiles 25° a 75°, y 10° a 90°. Las líneas delgadas punteadas son las temperaturas promedio percibidas correspondientes

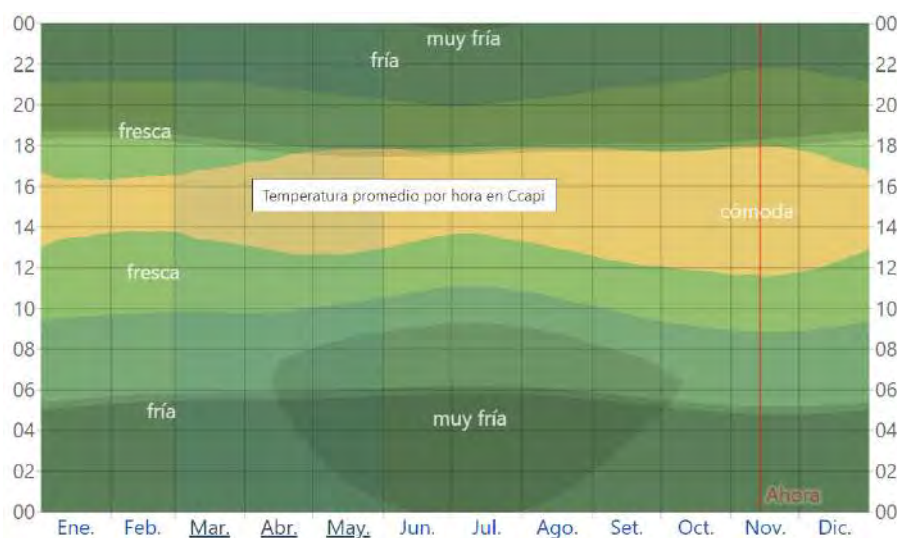


Promedio	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.
Máxima	20 °C	20 °C	20 °C	20 °C	21 °C	20 °C	20 °C	21 °C	21 °C	22 °C	22 °C	21 °C
Temp.	13 °C	13 °C	13 °C	13 °C	12 °C	11 °C	10 °C	11 °C	13 °C	14 °C	14 °C	14 °C
Mínima	8 °C	8 °C	8 °C	6 °C	4 °C	2 °C	1 °C	3 °C	5 °C	7 °C	8 °C	8 °C

Fuente: Elaborado por weatherspark.com

La figura siguiente muestra una ilustración compacta de las temperaturas promedio por hora de todo el año. El eje horizontal es el día del año, el eje vertical es la hora y el color es la temperatura promedio para ese día y a esa hora.

Imagen 9: Temperatura promedio por hora en Ccapi



Fuente: Elaborado por weatherspark.com

La temperatura promedio por hora, codificada por colores en bandas. Las áreas sombreadas superpuestas indican la noche y el crepúsculo civil.

1.13.3. PRECIPITACION

Un día húmedo se define como aquel con al menos 1 milímetro de líquido o precipitación equivalente a líquido. La frecuencia de días húmedos en Ccapi exhibe una notable variación a lo largo del año. El período más lluvioso abarca 4.4 meses, desde el 17 de noviembre hasta el 30 de marzo, con una probabilidad superior al 26 % de que un día determinado sea húmedo. Enero es el mes con mayor cantidad de días húmedos en Ccapi, con un promedio de 15.5 días con al menos 1 milímetro de precipitación. La temporada más seca dura 7.6 meses, del 30 de marzo al 17 de noviembre. El mes con menos días mojados en Ccapi es junio, con un promedio de 0.6 días con por lo menos 1 milímetro de precipitación.

Entre los días mojados, distinguimos entre los que tienen solamente lluvia, solamente nieve o una combinación de las dos. El mes con más días con solo lluvia en Ccapi es enero, con un



promedio de 15.5 días. En base a esta categorización, el tipo más común de precipitación durante el año es solo lluvia, con una probabilidad máxima del 52 % el 15 de enero.

Imagen 10: Probabilidad diaria de precipitación en Ccapi



Fuente: Elaborado por weatherspark.com

El porcentaje de días en los que se observan diferentes tipos de precipitación, excluidas las cantidades ínfimas: solo lluvia, solo nieve, mezcla (llovió y nevó el mismo día).

1.13.4. VEGETACION

No es propiamente una formación vegetal, este tipo de cobertura corresponde a áreas que han perdido cobertura vegetal debido a diversos factores (antrópicos, naturales, etc) generalmente estas áreas son usadas para el cultivo de papa, habas, avena, cebada, quinua etc. y/o forraje de animales, actividades agropecuarias.

Pajonal (P). -Estas son áreas cubiertas por vegetación herbácea que se desarrolla en terrenos que van desde casi planos, como en las altiplanicies, hasta empinados o escarpados en depresiones y fondos de valles glaciares. La presencia predominante son hierbas de hasta 80 cm de altura (como el "ichu"), que crecen de manera irregular en el terreno. Las especies más relevantes de esta cobertura son Jarava ichu y Distichlis humilis, conocida como "grama salada". El suelo de estas áreas es salino y presenta una capa superficial de color blanco. La agricultura se ha abandonado en esta zona debido a la alta salinidad del suelo.



CAPITULO II

GEOMORFOLOGIA

2.1. INTRODUCCION

Chacón (1996) sostiene que en un contexto regional la zona de estudio se encuentra ubicado dentro de la unidad morfo estructural de la cordillera Occidental, quien realizó a nivel nacional la clasificación de 9 unidades morfo estructurales; por otra parte (INGEMMET, 2010) realiza una nueva clasificación en 13 unidades morfo estructurales

2.2. GEOMORFOLOGIA REGIONAL

2.2.1. CORDILLERA OCCIDENTAL

En un contexto regional la zona de estudio está localizado en una cadena de montañas constituyendo el ramal occidental de la Cordillera de los andes, cuyo emplazamiento en la región de Cusco se manifiesta principalmente en las Provincias de Chumbivilcas, Espinar, Paruro y parte de Canas (Tumillan, 1998)

El (INGEMMET, 1997) Esta región montañosa está compuesta geológicamente por un núcleo de rocas paleozoicas cubierto por capas de rocas mesozoicas y cenozoicas que han sido deformadas por fuertes plegamientos, fallas inversas y grandes desplazamientos. La elevación de esta unidad se debe a procesos epirogénicos que tuvieron lugar hasta el final del Terciario y el Cuaternario

En la Cordillera Occidental, se pueden reconocer y describir unidades geomorfológicas regionales entre ellas podemos descartar: altiplanicies, montañas y valles.

2.2.2. CUESTAS ANDINAS

Esta unidad geomorfológica recibe su nombre debido a su relieve escalonado en forma de laderas, creado por rocas estratificadas que son resistentes a la erosión y presentan una marcada inclinación, interrumpida por la acción erosiva de ríos. Los plegamientos y fallas son características distintivas de esta unidad.

Sus límites están comprendidos paralelamente a los ríos Apurímac, desviando su rumbo hacia el Oeste, debido a la flexión de Yaurisque. Sus desniveles están comprendidos entre los 2,800 a 4,600 m.s.n.m.

Litológicamente está conformado por areniscas arcósicas y limolitas del Grupo Chitapampa.



2.2.3. ALTIPLANICIES

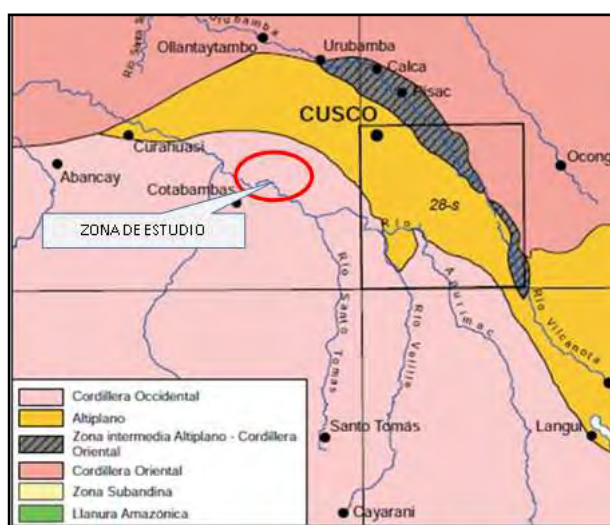
Estos paisajes consisten en áreas de terreno relativamente plano, a menudo denominadas mesetas, que abarcan una extensión considerable. Se ubican a altitudes que van desde 2310 hasta 3640 metros sobre el nivel del mar, con una superficie ligeramente ondulada donde ocasionalmente se encuentran antiguos cauces de ríos abandonados. Esta unidad cuenta con un tipo de suelo hidromórfico conocido localmente como "bofedal"

2.2.4. VALLES

Estos valles son componentes significativos de los valles más extensos y representan depresiones por las cuales fluyen los caudales de la cuenca del Atlántico. Se caracterizan por ser valles profundos y encañonados, como los del río Santo Tomás y el río Apurímac

Sus perfiles transversales casi siempre son simétricos con gran pendiente y sinuosidades o con marcadas inflexiones, debido a controles litológicos y estructurales. Esta unidad corta a diversas unidades rocosas.

Imagen 11: Unidades geomorfológicas regionales



Fuente Boletín N° 138 Serie A – INGEMMET

La clasificación geomorfológica en la zona de estudio, se tomó en base a la memoria descriptiva de la región Cusco, elaborado por INGEMMET.

2.2.5. GEOFORMAS DE CARÁCTER TECTÓNICO-DEGRADACIONAL Y EROSIONAL

2.2.5.1. UNIDAD DE MONTAÑA



El relieve del distrito de Paruro es áspero y variado, con una predominancia de elevaciones considerables en gran parte de su territorio. Una subunidad montañosa formada por rocas sedimentarias estructurales:

Consiste en una pendiente de montaña donde se observan alineamientos derivados de las capas de rocas sedimentarias y fallas geológicas, presentando una topografía abrupta con crestas alargadas y fuertes pendientes

2.2.6. GEOFORMAS DE CARÁCTER DEPOSICIONAL Y AGRADACIONAL

2.2.6.1. UNIDAD DE PIEDEMONTE

Representadas por acumulación de material proveniente de los procesos denudativos y erosionales que afectan las geoformas existentes.

Sub unidad de vertiente con depósito de deslizamiento (V-dd): Corresponde a las acumulaciones de ladera, originadas por procesos de movimientos en masa antiguos y recientes, tipo deslizamientos (fotografía 2), usualmente se depositan en forma convexa.

En varios sectores de la vía interprovincial Cusco-Paruro se evidenció depósitos de deslizamiento.

Sub unidad de vertiente o piedemonte coluvio deluvial (V-cd): Son el resultado de la acumulación de material caído desde las partes altas, por acción de la gravedad. En los sectores Puente Upina y 40 Curvas. se encuentran localizados al pie de las laderas.

2.3. GEOMORFOLOGIA LOCAL

2.3.1. VALLES DEL RIO SANTO TOMAS

El valle del río Santo Tomas tiene sus orígenes sobre 4900 msnm de altura en el departamento de Arequipa en los nevados de Ochuso y cheque y el poblado de Pashma, en el distrito de Llusco, dando origen al río Huancarana, Cañahuaymayo y Ranropata uniéndose estos en las proximidades del poblado de Lara, cerca de Santo Tomas a 3660msnm siguiendo su recorrido a lo largo de Llusco y Quiñota. Recibe el caudal del río Colcha para posteriormente unirse con el río Velille confluyendo en la Provincia de Paruro.

2.3.2. VALLE DEL RIO APURÍMAC

El río Apurímac nace en la cordillera de los Andes, entre Cuzco y Arequipa, a 650 km al sureste de Lima y 160 km al oeste del lago Titicaca. El río, que atraviesa las regiones de Cuzco en el sector de la zona de estudio y Ayacucho, pasa a llamarse río Ene a partir de su confluencia con el río



Mantaro ($12^{\circ}15'45''\text{S}$ $73^{\circ}58'30''\text{O}$) a unos 400 m de altitud. La confluencia marca el tripunto fronterizo entre los departamentos de Junín, Ayacucho y Cuzco.

Durante gran parte de sus 700 km de recorrido, fluye a través de estrechos cañones y su trayecto es interrumpido por cascadas y rápidos.

2.3.3. MONTAÑAS

2.3.3.1. VERTIENTES DE MONTAÑA ALLANADA

El río Velille tiene como punto de origen a la laguna de Yanacocha, que recorre en su integridad el distrito del mismo nombre, recibiendo además el caudal del río Chilliruyoc y Limayoc. Aguas debajo del poblado de chamaca recibe el aporte del río Tamayco y prosigue su recorrido sobre territorios de Acomayo para unirse con el río Apurímac y formar luego el río Santo tomas.

Foto 4: Vista de la vertiente de montaña en el sector o centro poblado de Pampahuata



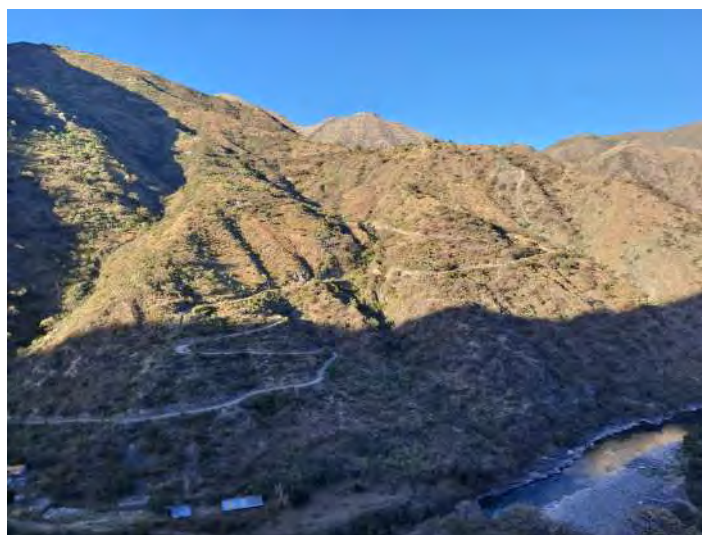
Foto 5: Vista panorámico en se sector del centro poblado de Ccapi



2.3.3.2. VERTIENTES DE MONTAÑA EMPINADA

Se caracteriza por presentar una elevación de 300 m a 1000 m de altura, con numerosos escarpes, de topografía muy agreste, semiárida a subdesértica, con superficie generalmente rocosa y alterando con cubierta discontinua de origen coluvial. El escurrimiento superficial es difuso, en surcos y cárcavas frecuentes, de fuerte a muy fuerte.

Foto 6: Vista de la montaña empinada en el sector de Huacaychaca



2.3.3.3. VERTIENTE DE MONTAÑA DISECTADA

Son áreas montañosas de topografía muy accidentada conformada por laderas fuertemente ramificadas por las cuales fluyen ríos y quebradas como afluentes de los ríos principales, estructuralmente plegados. Litológicamente están constituidas por rocas metamórficas del precámbrico y del paleozoico; por rocas sedimentarias del triásico superior; por rocas volcánicas del Jurásico inferior y del paleógeno.



Foto 7: Vista de la vertiente de montaña disectada en el sector del centro poblado de Ccapi en dirección NE





CAPITULO III

GEOLOGIA

3.1. INTRODUCCION

La Geología regional está basada a partir de la información obtenida de los mapas geológicos realizados por el Instituto Geológico minero Metalúrgico (INGEMMET), en una escala de 1:100,000. Correspondiente a los cuadrángulos Santo tomas y Cusco – Livitaca del boletín 28 s y 29 s, como mostrarnos una visión general de comportamiento geológico hacia la zona de trabajo.

En la zona de trabajo se observa una variada secuencia de rocas de diversa naturaleza, principalmente rocas intrusivas y rocas sedimentarias. Cuyas apariciones, sucesiones y sucesos que dieron origen a esta disposición de afloramientos, están datados entre el Cretácico y neógeno. Siendo mayormente cubiertos por depósitos recientemente cuaternarios.

Desde el punto de vista geográfico la zona de estudio comprende afloramientos de rocas sedimentarias en contacto con rocas intrusivas que van desde el cretáceo inferior hasta el cuaternario.

3.2. GEOLOGIA REGIONAL

3.2.1. MESOZOICA CRETÁCEO INFERIOR

3.2.1.1. Formación Maras (Mi-ma)

Aflora al Nor Este de la región del Cusco entre el valle de San Juan de Taray, además aflora al Norte de del tramo en estudio. Litológicamente está compuesta por Yesos con intercalación de Lutitas rojas, verdes y algunos niveles delgados de Calizas las lutitas son de medio lacustre, los yesos y las calizas indicarían máximos transgresivos.

3.2.1.2. Formación Murco (Kis-ma)

Esta formación descrita por primera vez por Jenks, W. F. y Benavides, V. (1962) en el valle de Sigüas, también ha sido cartografiada por Dávila, D. (1994) en los cuadrángulos de Caylloma y Livitaca. Litológicamente está constituida en su parte superior por una intercalación de limo arcillitas en estratos delgados centimétricos a subcentimétricos con un espesor promedio de 80 m a 200m. En la parte media se observan intercalaciones de areniscas blanquecinas a rojizas en estratos delgados centimétricos con limo-areniscas y limo arcillitas.

Las exposiciones de la Formación Murco se manifiestan al límite NO del centro poblado de Ccapi y Pampahuata.



Su edad se infiere teniendo en cuenta su posición estratigráfica (Galdos, J., Segundo, H., 2012). Así, al descansar sobre la formación.

Litológicamente la formación Murco, está constituida por sedimentos clásticos abigarrados pero mayormente rojizos, según su posición estratigráfica está sobre el grupo Yura y debajo de la formación Arcurquina.

3.2.1.3. Formación Hualhuani (Ki-hu)

Denominación dada por JENKS W. (1948) al oeste de la ciudad de Arequipa. Hay varios afloramientos cubiertos por secuencias litológicas más jóvenes, la mayor exposición se encuentra al Sur este de la zona de estudio.

Esta unidad se encuentra perturbada por cuerpos intrusivos del Eoceno.

Consiste principalmente de areniscas cuarzosas marrón amarillentas, de grano medio a grueso con clastos sub-redondeados de cuarcita. El poco valor cronológico de la flora encontrada por el INGEMMET (1995).

Es difícil estimar la potencia debido a que aflora conjuntamente con la Formación Arcurquina en una serie de sobrecorrimientos.

Se le correlaciona con la formación Soraya del grupo Yura en el departamento Apurímac.

3.2.2. MESOZOICA CRETÁCEO MEDIO

3.2.2.1. Formación Arahua (Ki-ar)

Se encuentra en un afloramiento muy reducido al sur de la localidad de Ccoñabamba (sur este de la zona de estudio). En esta parte está constituido por tobas líticas de dominio lodolítico de color gris verdoso, algo abigarrado, sobre el cual se encuentran lodolitas areniscosas en estratos laminados; sobreyaciendo a éstas se observan calizas de color gris a negras con chert laminados o de formas variadas, luego sobre éstas limoarcillitas rojizas en estratos delgados a laminados con un grosor aproximado de 30 m, hacia el techo las calizas se presentan en estratos delgados grises y de grano fino. Esta secuencia está disturbada de tal forma que no puede medirse el grosor, al sur del límite de la hoja esta secuencia está afectada por fallamiento cuya orientación aproximada es de E-O interrumpida por un subvolcánico andesítico de grano fino. La edad de esta formación es también imprecisa a pesar de contar con secuencias calcáreas solo se pueden encontrar escasos restos de conchillas no determinables, no habiéndose establecido la edad se le asigna al Cretáceo inferior.

3.2.3. MESOZOICA CRETÁCEO SUPERIOR

3.2.3.1. Formación Arcurquina (Kis-ay)



Esta denominación fue establecida por JENK, W. (1948) y ratificada por Benavides V. (1962) para la secuencia calacarea que sobreyace a la formación Murco al noroeste de Arequipa, pero por Abacay Maroco, R (1975) y Pecho, V. (1981) emplean el término Ferrobamba y para los cuadrángulos de Cusco y Livitaca, formación Arcurquina.

En el cuadrángulo de Velille, las relaciones estratigráficas de la formación Arcurquina con las secuencias subyacentes Formación Huallhuani se presentan en concordancia angular y el techo erosionado.

Sedimentaria de edad cretáceo superior/inferior, compuesta calizas modulosas con intercalaciones de lutitas y margas. Por su resistencia a la erosión, forma picos altos

3.2.4. CENOZOICA PALEÓGENO EOCENA

3.2.4.1. Formación Anta (KsP-au)

Definida por Carlotto (1998) en la región de Cusco. Dataciones K-Ar obtenidas sobre coladas volcánicas intercaladas en su parte inferior media reportaron 38 Ma y cerca de su lecho 30 Ma, lo cual evidencia que es de edad eoceno medio-oligoceno inferior a la cuenca Yauri, la formación consiste de conglomerados que fueron depositados en conos aluviales, ríos proximales, canales y barras longitudinales de ríos y de areniscas, pelitas y limolitas que se depositaron en ríos entrelazados luviales y llanuras de inundación asociadas. Las paleo-corrientes disponibles (Latorre & Oros, 2000) sugieren que el drenaje principal estaba orientado de noroeste al sureste. La formación Anta se puede dividir en una unidad inferior grano-creciente y una unidad superior grano y estrato decreciente. La unidad inferior (1300 m) comprende de conglomerados y areniscas. La unidad superior (758 m) consiste de conglomerados de conos aluviales y ríos proximales, areniscas fluviales y pelitas de llanura de inundación.

3.2.5. CENOZOICA PALEÓGENO OLIGOCENA

3.2.5.1. Grupo Tacaza (PN-ta/lbr)

El término Volcánicos Tacaza, fue empleado por primera vez por JENKS, (1949), siendo publicado formalmente por NEWELL (1949), describiendo una gruesa acumulación de rocas volcánicas en las proximidades de la Mina Tacaza en el cuadrángulo de Lagunillas. El Grupo Tacaza ocupa una gran extensión en los cuadrángulos de Chivay, Condoroma, Ocuvi, Lagunillas y Pichacane. Descansa casi siempre en discordancia sobre rocas del Mesozoico o del Grupo Puno.

Este grupo generalmente tiene composición dacítica de color gris violáceo a verdoso, los fragmentos volcánicos tienen formas sub-redondeadas a sub-angulosas englobados en matriz piroclástica.



Sobreyacen en discordancia angular a las formaciones Anta y Arcurquina y subyace a las tobas y brechas del grupo Barroso. Las insuficientes dataciones radiométricas no permiten asignarle una edad precisa; sin embargo, por posición estratigráfica se le indica una edad oligocena - miocénica.

3.2.6. CENOZOICA CUATERNARIO HOLOCENA

3.2.6.1. Depósitos Glaciar (Qh-g)

Los depósitos fluviales se hallan restringidos al fondo de los valles y están compuestos principalmente de conglomerados, gravas y arenas no muy bien estratificadas con limos y arcillas lenticulares. Su grosor es muy variable y la naturaleza de sus elementos muy heterogénea.

3.2.6.2. Deposito Aluvial (Qh-al)

Se encuentran preferencialmente en los lugares más o menos planos (peneplanicies o pampas) circunscritas por lomadas o cadenas de montañas y en las partes correspondientes al fondo de los valles o ampliaciones debido a su conjunción, dando lugar a las llanuras aluviales, depósitos fluviales propiamente dichos o lacustres.

Están constituidos por bloques, quijas, gravas, arenas, limos y arcillas de composición heterogénea y con una estratificación que varía desde difusa, donde destaca la lenticularidad, salvo algunos casos esporádicos en que se observan comisuras bien definidas, hasta la estratificación más conspicua.

3.2.6.3. Deposito Coluvial (Qh-co)

Los depósitos coluviales están circunscritos al pie de las laderas y especialmente de las más escarpadas, con una amplitud muy reducida que denota un alejamiento escaso de su roca madre, y un grosor pequeño, salvo algunos casos muy especiales debido a condiciones locales particulares.

Cuadro 2: Unidades lito estratigráficas regionales



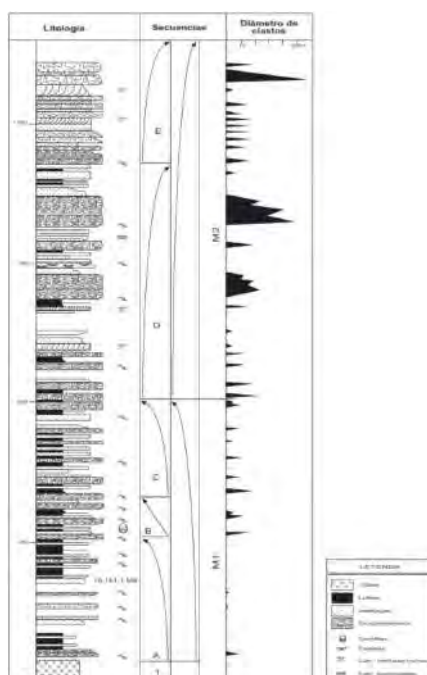
**"ESTUDIO GEOLOGICO - GEOTECNICO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR
DE LA CARRETERA DEPARTAMENTAL CU-118 EN EL TRAMO: "PUENTE HUACAYCHACA-CCAPI-
PAMPAHUATA-DISTRITO DE CCAPI-PROVINCIA DE PARURO-DEPARTAMENTO DEL CUSCO"**



ERA	SISTEMA	SERIE	UNIDADES LITOESTRATIGRAFICAS			ROCAS INTRUSIVAS		
CENOZOICO	CUATERNARIO	HOLOCENA	Deposito Aluvial	Qh-al	Depositos clásticos, afloran rellenando cuencas hidrográficas actuales			
			Deposito Coluvial	Qh-co	Depositos conformados de clastos angulosos a subangulosos, generalmente formando laderas de cuencas			
			Deposito Glaciar	Qh-g	Depositos de origen glaciar, con matriz arenosa conglomeradica, afloran rellenando cuencas en zonas altas			
	PALEOGENO	OLIGOCENA	Grupo Tacaza	PH-ta/vs	Secuencia volcanosedimentaria de color rojo, intercalada con niveles de ceniza de color gris brunoceo			
				PH-ta/tbt	Tobas lílicas con matriz tobáceas con componentes polimícticos de hasta 50 cm de diámetro, cementada a soldada			
				PH-ta/tbdt	Secuencia proclástica soldada con cristales y lílicos centimétricos			
				PH-ta/tbc	Secuencia proclástica de tobas cementadas intercaladas con sedimentos volcanogénicos y tobas de cenizas			
				PH-ta/tbbr vs	Flujo proclástico tobas brechas, semientada de color beige claro intercalada con volcánicos sedimentarios y en la base lavas color rojo. Con estructura columnar visible	P/di		Dioritas
				PH-ta/tbr	Secuencias de lavas afánitas grises oscuras intercaladas con tobas y brechas lavicas, regularmente alteradas, irregular presencia de minerales de cobre	P/mi		Microdioritas
				PH-ta/tbrz	Volcano sedimentarios de color rojo, de lavas con bombas lavicas, matriz volcanoterosa con lílicos hasta de 50 cm, intercalada con conglomerados y volcanarenitas			
				No-la	Conglomerados aluviales con matriz tobacea, intercalados con areniscas fluviales, material proclástico			
		EOCENA	Formacion Anta	Peo-an_I	Conglomerados de conos aluviales con intercalación de dacitas, andesitas y basaltos andesíticos			
				Peo-an_II	Lutitas rojas intercaladas con areniscas fluviales y conglomerados. Niveles de calizas lacustres y basaltos			
MESOZOICO	CRETACEO	SUPERIOR	Formacion Arcurquina	Kis-ar_s	Secuencias de estratos micríticos de calizas micríticas			
				Kis-ar_m	Secuencia de calizas de estratos submicríticos intercalados con niveles pelíticos y estratos de calizas micríticas centimétricas			
				Kis-ar_i	Secuencia de calizas micríticas de estratos submicríticos intercalados con niveles esporádicos estratos de dolomita y de aspecto masivo			
		MEDIO	Formacion Arahway	Ki-ar	Caliza gris marrón con niveles de chert laminados intercaladas con volcánicos retrabajados			
		INFERIOR	Formacion Maras	Kis-ma	Intercalación de arcillas, lutitas, limoareniscas. De color rojo brunoceo			
			Formacion Murco	Ki-mu	Hacia la base intercalaciones de arenas pardo rojas con limoarenas y lutitas. En la parte media estratos submicríticos de arenisca cuarzoza. En la parte superior intercalación de areniscas, limoarcillas y limoareniscas rojas			
			Formacion Huahuani	Ki-hu	Areniscas cuarzosas blancas en estratos micríticos de grano mediano a grueso			

Fuente Elaboración Propia con base de datos del INGEMMET

Cuadro 3: Columna estratigráfica de la Formación Paruro (Tomado de Jaime & Romero, 1996; modificado)



Fuente: Boletín del cuadrángulo del Cusco (28-s) por Víctor Carlotto y José Cárdenas – INGEMMET – 2003



3.3. GEOLOGIA LOCAL

La columna estratigráfica local es simple en la medida de que se encuentra constituida por material inconsolidado (depósitos cuaternarios) sobreyaciendo a un afloramiento regional y extendido a lo largo de la mayor parte y por materiales del Mesozoico superior.

3.3.1. DEPOSITO COLUVIAL

Son depósitos de alteración "in situ" (o casi in-situ) de rocas de las diferentes unidades litológicas existentes que afloran en esa zona; los mismos que han sufrido pocos procesos de transporte por la interacción de agentes como el agua y la gravedad, los cuales los han redepositado en las laderas o al pie de las unidades montañosas. Litológicamente están constituidos de clastos relativamente angulosos envueltos en una matriz arenoarcillosa. Los únicos fenómenos de transporte observados en estos depósitos coluviales son los procesos de desestabilización por los efectos del agua, la que arrastra parte de estos coluviones para constituir un flujo de este material (huayco). También son afectados por procesos de reptación sobre las pendientes fuertes que permiten a los coluviones acumularse hacia las zonas bajas.

Foto 8: Vista de los depositos cuaternarios en el sector de Huacaychaca



3.3.2. DEPOSITO ALUVIAL

Consisten por material originados por riachuelos que frecuentemente se encuentran depósitos de terrazas están envueltos en una matriz de arena y limo.

Los depósitos aluviales constituidas por materiales no consolidados de arenas, 20 gravas, limos, y algunos niveles de tufos, conformando llanuras aluviales, terrazas aluviales y depósitos en los fondos y flancos de quebradas. Por su transporte y deposición han perdido sus características morfológicas, se les ubica también en zonas de topografía moderada y gradientes de flujo bajos o



en zonas muy incisadas. Las rocas que dieron origen a estos depósitos han sufrido una fuerte denudación por acción del intemperismo

Foto 9: Vista del deposito cuaternario en el sector del centro poblado de Ccapi



3.3.3. GRUPO TACAZA

Se le considera a este Grupo como la primera manifestación del vulcanismo cenozoico en la región (Boletín 42 Geología de la cordillera Occidental y altiplano "INGEMMET" 1993), a nivel regional contiene rocas volcánicas de composición andesítica con un promedio de 40 % de rocas sedimentarias, la potencia estimada es de 400m. Constan de derrames lávicos de composición andesítica, vesiculares, con contenido de augita, bloques de piroclastos, tufos como bloques en forma subhorizontal, y una interestratificación de brechas volcánicas, tobas a manera de ignimbritas, constituyendo asimismo erupciones del tipo pliniano. Las rocas sedimentarias de este grupo consisten de una serie de areniscas feldespáticas de tonalidades grisáceas, intercaladas con gravas volcánicas y niveles de conglomerados cuyos clastos son subredondeados englobados dentro de una matriz arenosa, con cuarzo y feldespato.

Foto 10: Vista del grupo Tacaza con afloramiento de roca andesitica ubicado en el sector de Huacaychaca





3.3.4. FORMACIÓN ARCURQUINA

Kis-ar_m.- La secuencia media, consta de calizas de color gris con estratos submétricos bien estratificados, intercalados con niveles pelíticos (limoarcillitas) y estratos de caliza micrítica centimétrica.

Foto 11: Vista de la formación Arcurquina medio en el sector de Pampahuata calizas de color gris en el punto final del tramo



Kis-ar_s.- La secuencia superior está formada por calizas micríticas de color gris a negras en estratos métricos con una estratificación grosera, abundantes fósiles mal conservados y nódulos de chert.

Foto 12: Vista de la formación Arcurquina superior conformado por calizas micríticas de color gris a negras



3.4. GEOLOGIA ESTRUCTURAL

Los mapas geológicos correspondientes y el esquema estructural indican que dos grandes rasgos estructurales orientados E-W destacan en la zona estudiada:

- Zonas de fallas (aproximadamente E-W) en la parte septentrional: la falla de Abancay.
- Pliegues generalmente con orientación E-W a una y otra parte de la zona de fallas.

Todas las estructuras de nuestra zona pertenecen al ciclo orogénico andino y se han originado desde el Terciario inferior hasta el Terciario superior.

3.5. UNIDADES ESTRUCTURALES REGIONALES

3.5.1. TECTÓNICA DE PLIEGUES

3.5.1.1. Descripción general de los pliegues

Los pliegues E-W que pasan localmente a pliegues SE-NW, son los mejores representados en la zona estudiada y corresponden a anticlinales concéntricos, simétricos o ligeramente acostados hacia el Norte y excepcionalmente hacia el Sur. Todas las estructuras pertenecen al nivel estructural superior y al nivel estructural medio (pliegues concéntricos). Nunca se ha observado esquistosidad.

Los anticlinales son generalmente amplios, incluyendo en su núcleo a las cuarcitas del grupo Yura (Neocomiano). Así como lo indican los tres cortes estructurales, los anticlinales corresponden a estructuras de varios kilómetros de amplitud y constituyen verdaderos anticlinorios con pliegues anexos de amplitud hectométrica.



Los sinclinales están constituidos generalmente por calizas del Cretáceo medio y superior (Form. Ferrobamba). La litología de estas calizas y su estratificación delgada, han permitido, al momento del plegamiento, que se formen pliegues disarmónicos que a veces son muy complicados tal como se presentan al Sur de Cotabambas, donde se observa amontonamiento de pliegues y hasta torsiones de los ejes.

En la parte Norte de la zona estudiada notamos una gran estructura anticlinal EW en los terrenos del Paleozoico superior. En el núcleo de este anticlinal afloran las calizas del Permiano inferior y medio (Grupo Copacabana) cubiertas por las molasas rojas del Permiano medio y superior (Grupo Mitu). Este anticlinal muy sencillo, de plano axial vertical, es simétrico y termina hacia el Este contra un conjunto de fallas orientadas NS y NE-SW. Al chocar contra las fallas N-S y NE-SW, los ejes de los pliegues se tuercen hasta tomar un rumbo NW-SE y se hunden hacia el SE.

En cuanto al cambio de rumbo de las estructuras, este corresponde a un fenómeno de escala regional, ligado probablemente a una gran fractura N-S, al nivel del meridiano $72^{\circ} 30'$ y de la cual hablaremos al tratar la "Tectónica por fallas".

También se observaron pliegues N-S, generalmente imposibles de representar en los mapas, por la escala y que se materializan por buzamientos axiales de los pliegues E-W. Estos pliegues N-S están localizados preferencialmente a las zonas de fallas E-W, lo que hace pensar en que la cobertura tuvo una reacción de plegamiento a causa de un juego horizontal de las grandes fallas.

Los pliegues que acabamos de indicar, no solamente afectan al conjunto estratigráfico hasta las Capas Rojas del Cretáceo superior-Terciario inferior, sino todavía se nota unos pliegues E-W en las molasas oligocenas del grupo Puno y en las vulcanitas del Mio-Plioceno, cuyos buzamientos sobrepasan raramente los 25° y los ejes de los pliegues son mucho más espaciados.



Foto 13: Muestra los ejes, sinclinal y anticlinal, que se encuentra al NE con dirección NNW - SSE, respectivamente.

3.5.1.2. Estructura de las Capas rojas del NE de la de la zona de estudio

La esquina NE de la zona estudiada presenta varias particularidades estructurales debidas a varios factores.

Esta zona es donde las estructuras andinas pasan de rumbo E-W a NW-SE por intermedio de grandes fallas de juego complejo. Entre cada falla las estructuras tienen un rumbo diferente.

Sin embargo, el rasgo más sobresaliente está constituido por las estructuras de las Capas rojas del Cretáceo superior-Eoceno. La y el mapa geológico respectivo muestran la presencia de estructuras cabalgantes intraformacionales. Son placas del grosor variable (100 a 500 metros) que cabalgan una sobre otra mediante contactos anormales, buzando de 15° a 20° hacia el Norte (a veces siguen por más de 6 km).

3.6. UNIDADES ESTRUCTURALES LOCALES

3.6.1. Las fallas NEE-SWW

En la zona de estudio se aprecia dicha Fallas en la localidad de la quebrada Casani y Antachaca a la altura de la progresiva Km 27+900 con un rumbo que varía de NEE-SWW y que han jugado a menudo en desgarre, recortan los ejes de los pliegues, desplazándolos y a veces torciéndolos. Algunas de estas fallas cortan al batolito granodiorítico post-tectónico y hasta las vulcanitas del MioPlioceno, en el contacto de las calizas de Ferrobamba. (Cretáceo medio y superior) con las vulcanitas del Mio-Plioceno, lo que sugiere un salto de más de 1,600 metros.

Estas fallas NEE-SWW podrían ser fracturas conjugadas, correspondientes a la expresión superficial de zonas de debilidad de la corteza y orientadas en sentido NS.



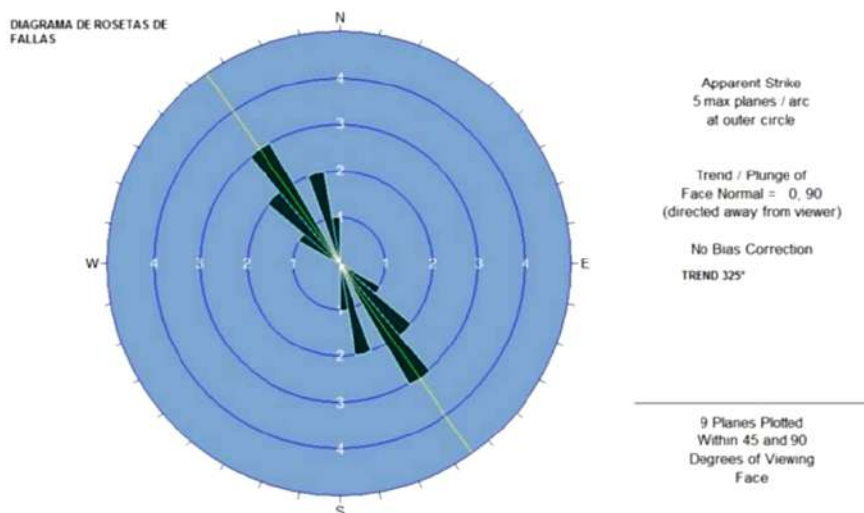
Cuadro 4: Medida del rumbo y buzamiento de fallas de orden local

ESTACIÓN	AZIMUT	BUZAMIENTO	DESCRIPCIÓN	LITOLOGIA
6	N 126°	41° SW	Diaclasamiento	Litológicamente está emplazado por rocas calizas micriticas de la Formación Arcurquina Medio (Kis-ar_m)
	N 179°	86° SW		
9	N 285°	50° NE		Litológicamente está emplazado por rocas calizas micriticas de la Formación Arcurquina Superior (Kis-ar_s)
10	N 222°	88° NW		Litológicamente está emplazado por rocas volcánicas generalmente tiene una composición dacítica de color gris violáceo a verdoso del Grupo Tacaza (PN-ta/lbc
12	N 315°	68° NE		Litológicamente está emplazado por derrames lávico de composición andesítica vesiculares con bloques de piroclastos Grupo Tacaza (PN-ta/lbr)

Fuente: Elaboración Propia

Se hizo un análisis estructural de las fallas, éstas arrojando 2 familias con una tendencia NW – SE, la primera familia siguiendo un trend N 325°, y otra de N 355°, estas fallas suponemos que se originaron como sistemas paralelos a la falla principal en la quebrada de Casani y Antachaca, así mismo se observan fallas locales de corta longitud tensional o normales con tendencia al Norte, estas serían fallas posteriores al esfuerzo Principal.

Imagen 12: Diagrama de rosetas de fallas de los macizos rocosos donde se observa el trend principal N325°



Fuente: Elaboración Propia

3.6.1.1. Ventana Estructural en la Estación N° 06

Dicha ventana se encuentra en la culminación de la carretera en el sector de Pampahuata ubicado en la progresiva 45+740. Litológicamente está emplazado por rocas calizas micriticas de la Formación Arcurquina Medio (Kis-ar_m) con buzamiento de 41° SW y 86° SW.

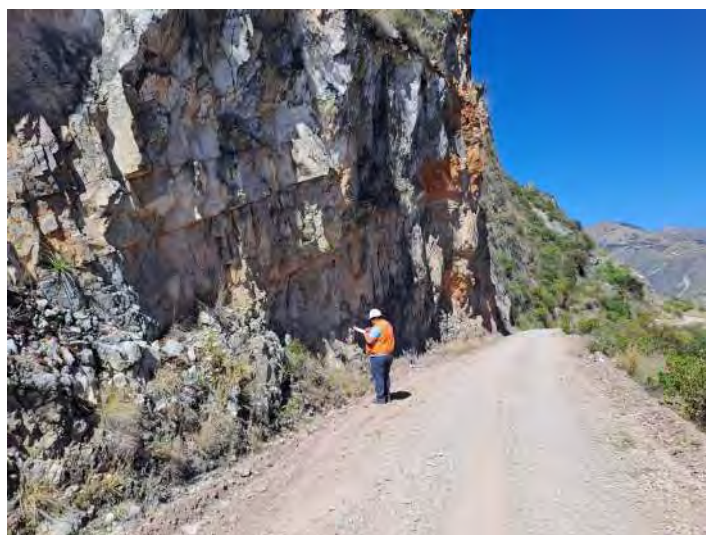
Foto 14: Vista del afloramiento de roca caliza micriticas en el sector de Pampahuata progresiva 45+740 margen derecha del rio Apurímac



3.6.1.2. Ventana Estructural en la Estación N° 09

Dicha ventana se encuentra en la culminación de la carretera en el sector del cerro Huajana ubicado en la progresiva 38+200. Litológicamente está emplazado por rocas calizas micriticas de la Formación Arcurquina Superior (Kis-ar_s) con buzamiento de 50° NE. Sus estratos tienen una estratificación grosera.

Foto 15: Vista del afloramiento de roca caliza micriticas en el sector del cerro Huajana progresiva 38+200



3.6.1.3. Ventana Estructural en la Estación N° 10

Dicha ventana se encuentra en la culminación de la carretera en el sector del cerro Huacaychaca ubicado en la progresiva 2+800. Litológicamente está emplazado por rocas volcánicas



generalmente tiene una composición dacítica de color gris violáceo a verdoso del Grupo Tacaza (PN-ta/lbr) con buzamiento de 88° NW.

Foto 16: Vista del Diaclasamiento en el sector de Huacaychaca con afloramiento de roca volcánica de composición dacítica de color gris violáceo propios del Grupo Tacaza



3.6.1.4. Ventana Estructural en la Estación N° 12

Dicha ventana se encuentra en la culminación de la carretera en el sector del Puente Huacaychaca margen izquierda del río Apurímac ubicado en la progresiva 0+050. Litológicamente está emplazado por derrames lávico de composición andesítica vesiculares con bloques de piroclastos Grupo Tacaza (PN-ta/lbr) con buzamiento de 68° NW.

Foto 17: Vista del Diaclasamiento en el sector del Puente Huacaychaca margen izquierda del río Apurímac Litológicamente está emplazado por derrames lávico de composición andesítica vesiculares con bloques de piroclastos propios del Grupo Tacaza





CAPITULO IV

HIDROLOGIA

4.1. GENERALIDADES

La presente tesis, inicia en la **Ruta CU- 118 Tramo: Puente Huacaychaca** y concluye en **Cajapucara - Anexo Pampahuata**, Distrito de **Ccapi**, Provincia de **Paruro**, Departartamento de **Cusco**; esta vía, actualmente se encuentra en un estado precario para la transitabilidad vehicular. El recorrido de la vía transita las comunidades campesinas de Percca, Chocho, Callancha y Cajapucara - anexo Pampahuata; también se tiene que mencionar que la vía cruza la localidad de Ccapi, capital del distrito del mismo nombre, los que en conjunto carecen de un sistema de articulación vial en condiciones óptimas, que posibilite su inserción en las actividades económicas propias de la Provincia de Paruro; actividades con las cuales lograrían acceder a un mejor estándar de vida.

El presente, constituye el estudio hidrológico e hidráulico, que consiste en una vía de 45.709 km aproximadamente, con un ancho de plataforma de 5.50 m típicas, y de 7.00 m en las plazoletas de cruce.

4.2. ALCANCES DEL ESTUDIO

Los estudios hidrológicos e hidráulicos comprenden lo siguiente:

- ❖ Visita de campo; consiste en el reconocimiento del lugar tanto en las zonas de cruce como de las cuencas, a fin de identificar y evaluar las ubicaciones de las obras proyectadas y los sectores críticos y potenciales, de origen hídrico como deslizamientos, derrumbes, huaycos, áreas inundables, entre otros.
- ❖ Recolección y análisis de información hidrométrica y meteorológica existente; que puede ser obtenida de entidades locales o nacionales, por ejemplo: Ministerio de Agricultura, ANA, SENAMHI, o entidades encargadas de la administración de los recursos hídricos del lugar.
- ❖ Caracterización hidrológica de la cuenca, considerada hasta el cruce del curso de agua; en base a la determinación de las características de respuesta lluvia - escorrentía, y considerando aportes adicionales de flujo en la cuenca. Se analizará la aplicabilidad de los distintos métodos de estimación del caudal de diseño.
- ❖ Determinación del periodo de retorno y la descarga máxima de diseño; el periodo de retorno dependerá de la importancia de la estructura y del riesgo admisible de falla, debiéndose garantizar un caudal mayor para el diseño de la cimentación del puente que el



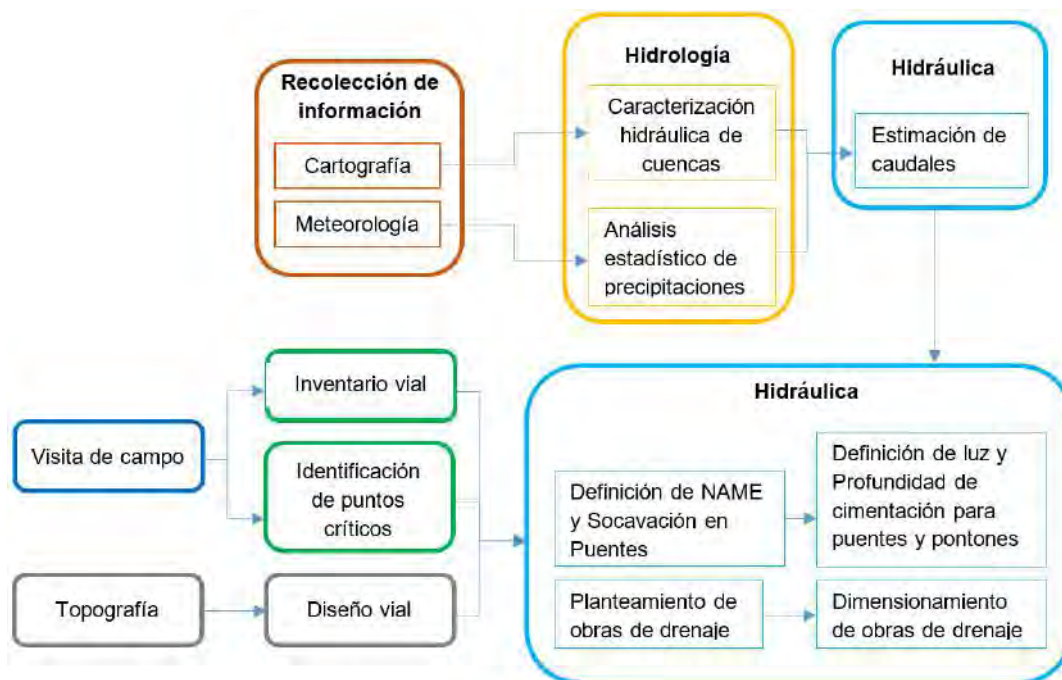
usualmente requerido para el dimensionamiento del área de flujo a ser confinada por el puente.

- ❖ Selección del método de estimación de caudales máximos de diseño, para el cálculo del caudal de diseño a partir de datos de lluvia se tienen: el método racional, modificado, cuya aplicabilidad depende de las características de la cuenca y de las restricciones de cada método. En caso de contarse con registros hidrométricos de calidad comprobada, puede efectuarse un análisis de frecuencia que permitirá obtener directamente valores de caudal máximo para distintas probabilidades de ocurrencia (periodos de retorno).
- ❖ Determinación del perfil de flujo ante el paso del caudal de diseño a lo largo del cauce; se sugiere la utilización de softwares, como por ejemplo HEC-RAS o similares.
- ❖ Determinación de las características hidráulicas del flujo; estas comprenden la velocidad media, ancho superficial, área de flujo, pendiente de la línea de energía, nivel de la superficie de agua, etc., cuyos valores son necesarios para la determinación de la profundidad de socavación.
- ❖ Determinación y evaluación de las profundidades de socavación total, que es la sumatoria de la socavación general, por contracción y local.
- ❖ Recomendaciones de protección y/o consideraciones de diseño adicionales.

4.3. METODOLOGÍA DEL TRABAJO

El programa de estudios considera la recolección de información, los trabajos de campo y los trabajos de gabinete, cuya cantidad y alcance será determinado en base a la envergadura del proyecto, en términos de su longitud y el nivel de riesgo considerado

Figura 1: Metodología del trabajo



Fuente: Elaboración propia.

4.4. INFORMACIÓN METEOROLÓGICA

En el tramo en estudio no existen estaciones de aforo que permitan estimar directamente los caudales, estas serán calculadas en base a la información de lluvias máximas registradas en la estación ubicada en el ámbito de la zona de estudio. Se analizó la información de lluvias máximas diarias registradas en las siguientes estaciones:

Cuadro 5: Estaciones meteorológicas

Estación	Latitud	Longitud	Departamento	Provincia	Distrito	Altitud
Santo Tomás	-14°23'55.59"	-72°05'15.88"	Cusco	Chumbivilcas	Santo Tomás	3212msnm
Paruro	-13°46'01.11"	-71°50'40.92"	Cusco	Paruro	Paruro	3070msnm
Tambobamba	-13°56'41.74"	-72°10'30.89"	Apurímac	Cotabambas	Tambobamba	3276msnm

Fuente: Elaboración propia

Las libretas de registros de las tres estaciones, se adjuntan en el **Anexo 1 – Libretas de registro de SENAMHI.**

4.5. ESTUDIO DE CAMPO

4.5.1. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

4.5.1.1. Tramo de Subida



Teniendo como punto de partida el Puente de Huacaychaca (punto de origen), el desarrollo de la vía se emplaza con pendiente pronunciada en subida desde una altitud de 2,300 msnm hasta una altitud de 2,960 msnm, en una longitud aproximada de 11 km; el trazo de la vía sigue reiteradas curvas de desarrollo, que en su mayoría requieren ser mejoradas tanto en el radio de curvas y en la pendiente. En el recorrido, la plataforma no cuenta con pavimento estructural, ni con obras de drenaje longitudinal; el drenaje transversal es insuficiente, y requiere ser reemplazado.

Foto 18: Vista del rio Huacaychaca en el sector de la misma



4.5.1.2. Tramo en Planicie

Desde el kilómetro 11, el desarrollo de la vía se emplaza con alternancia de pendientes moderadas en bajadas y subidas, hasta el kilómetro 32, desde una altitud de 2960 msnm hasta una altitud de 3,130 msnm; el trazo de la vía pasa por la capital del distrito de Ccapi, en este tramo requiere ser mejorado tanto en el radio de curvas y en la pendiente. En el recorrido, la plataforma no cuenta con pavimento estructural, ni con obras de drenaje longitudinal; el drenaje transversal es insuficiente, y requiere ser reemplazado; así también, se ha identificado que el cauce de la Quebrada Antahuayco y Casani discurren sus cauces transversalmente a la vía, y que para mantener el tráfico actual se han improvisado pontones de rollizos de madera.

Foto 19: Vista del rio Antahuayco ubicado en el sector o centro poblado de Ccapi



4.5.1.3. Tramo de Bajada

Desde el kilómetro 32, el desarrollo de la vía se emplaza con pendiente pronunciada en bajada, hasta el sector de Pampahuata (punto de destino de la vía), desde una altitud de 3,130 msnm hasta una altitud de 2,500 msnm, en una longitud aproximada de 15 km; el trazo de la vía pasa por la capital del distrito de Ccapi; el trazo de la vía sigue reiteradas curvas de desarrollo, que en su mayoría requieren ser mejoradas tanto en el radio de curvas y en la pendiente.

En el recorrido, la plataforma no cuenta con pavimento estructural, ni con obras de drenaje longitudinal; el drenaje transversal es insuficiente, y requiere ser reemplazado; así también se ha identificado que el cauce de la Quebrada Jollpay discurre su cauce transversalmente a la vía, y que para mantener el tráfico actual se ha improvisado un pontón de rollizos de madera.

Foto 20: Vista del rio Jollpay en el sector de Pampahuata



4.5.2. INVENTARIO VIAL

Con el fin de obtener y actualizar información concerniente a la ubicación, clasificación, características geométricas generales y estado funcional general para efectos de planificación vial; se ha elaborado el inventario vial, cuyas fichas de registro se encuentran en el **Anexo 2 – Fichas de Inventario vial** del presente estudio, y las tablas de resumen se exponen a continuación:

4.5.3.1. ALCANTARILLAS

Las alcantarillas inventariadas en general son de concreto, con condición estructural regular porque presentan deformaciones, y condición funcional de mala a regular según el grado de obstrucción, así también se puede indicar que la cantidad de alcantarillas a lo largo de la vía, es escasa.

Cuadro 6: Inventario de alcantarillas

Ruta	Calzada	Ubicación UTM		Clase	Tipo	Vanos	Sección Transversal	Dimensión 1	Dimensión 2	Condición Estructural	Condición Funcional	Fecha
		Este	Norte									
CU-118	CD	815,262.12	8,474,040.93	Alcantarilla Definitiva	Concreto	1	Marco	0.60	0.60	Regular	Mala	23/04/2021
CU-118	CD	815,314.47	8,473,979.67	Alcantarilla Definitiva	Concreto	1	Marco	0.60	0.85	Regular	Regular	23/04/2021
CU-118	CD	815,428.07	8,473,760.03	Alcantarilla Definitiva	Concreto	1	Marco	0.60	0.90	Regular	Regular	23/04/2021
CU-118	CD	815,844.28	8,473,282.57	Alcantarilla Definitiva	Concreto	1	Marco	0.60	0.90	Regular	Mala	23/04/2021
CU-118	CD	815,929.68	8,473,079.17	Alcantarilla Definitiva	Concreto	1	Marco	0.60	0.95	Regular	Regular	23/04/2021
CU-118	CD	815,383.48	8,467,846.41	Alcantarilla Definitiva	Concreto	1	Marco	0.40	0.40	Regular	Mala	23/04/2021

Fuente: Elaboración propia.



4.5.3.2. BADENES

A lo largo de la vía se ha registrado un solo badén de concreto, con condición estructural y condición funcional mala

Cuadro 7: Inventario de badenes

Ruta	Calzada	Ubicación UTM		Clase	Tipo	Dimensión 1	Dimensión 2	Condición Estructural	Condición Funcional	Fecha
		Este	Norte							
CU-118	CD	815,884.69	8,465,642.03	Badén	Concreto	11.20	6.50	Mala	Mala	23/04/2021

Fuente: Elaboración propia.

4.5.3.3. PONTONES

Se han registrado 03 pontones, en estado de precariedad, con cimentación de pirca de piedra y vigas de rollizo de madera, en los cruces de los cauces de las cuencas Antahuayco, Casani, y Jollpay

Cuadro 8: Inventario de pontones

Ruta	Calzada	Ubicación UTM		Clase	Tipo	Código del Puente	Inventariado	Vanos	Dimensión 1 Longitud (m)	Dimensión 2 Altura Inferior (m)	Condición Estructural	Condición Funcional	Fecha	Tipo de servicio	Singularidad Salvada	Nombre Singularidad
		Este	Norte													
CU-118	CD	816,549.00	8,471,932.00	Puente Artesanal	Vigas de troncos	CU-118.001A	Sí	1	3.50	1.20	Mala	Mala	23/04/2021	Vehicular	Quebrada	Antahuayco
CU-118	CD	816,073.00	8,466,865.00	Puente Artesanal	Vigas de troncos	CU-118.002A	Sí	1	8.30	2.40	Mala	Mala	23/04/2021	Vehicular	Quebrada	Casani
CU-118	CD	816,191.00	8,460,316.00	Puente Artesanal	Vigas de troncos	CU-118.003A	Sí	1	6.20	1.80	Mala	Mala	23/04/2021	Vehicular	Quebrada	Jollpay

Fuente: Elaboración propia.

4.5.3. IDENTIFICACIÓN DE ZONAS CRÍTICAS

En el recorrido de reconocimiento de campo, a lo largo de la vía; se han identificado zonas críticas referidas principalmente a fenómenos de inestabilidad de taludes, tales como deslizamientos y derrumbes.

Un derrumbe es un fenómeno natural donde la tierra se mueve, se cae o se desplaza porque ha perdido su estabilidad en lugares montañosos. Básicamente, es el movimiento descendente de suelo, rocas y materiales orgánicos bajo el efecto de la gravedad. Cuando una masa de tierra, roca y escombros se desprende y baja por la pendiente (inclinación natural del suelo) o talud hasta encontrar un sitio plano. La tierra puede caer de forma rápida o lenta. Si el movimiento es rápido, puede provocar daños a las propiedades y muertes. Si el movimiento es lento, la parte superior del terreno va cediendo con el tiempo, y es posible tomar medidas para prever daños.

Los derrumbes se producen de modo natural. La acumulación de agua en el terreno convierte la capa superficial del suelo en un río de lodo o barro provocando el deslizamiento desde un punto de origen, aumentando de tamaño a medida que arrastra plantas, árboles y escombros en su camino.



Los derrumbes generalmente se repiten en lugares donde ya han ocurrido previamente. Los geólogos estudian las características de un terreno, y pueden determinar el potencial de derrumbes de una zona, de acuerdo al tipo de suelo y rocas, y recomendar acciones que prevea el daño que pudiera ocasionar un derrumbe.

Los puntos críticos identificados en la ruta, en el datum WGS 84 – 18 Sur, son los siguientes:

Cuadro 9: Identificación de zonas críticas

Ítem	Fenómeno	Este	Norte	Elevación
1	Deslizamiento	815,228	8,473,927	2,863
2	Deslizamiento	814,623	8,474,194	2,677
3	Deslizamiento	815,124	8,474,117	2,762
4	Deslizamiento	815,370	8,474,178	2,812
5	Deslizamiento	815,410	8,473,984	2,858
6	Deslizamiento	816,208	8,460,764	2,654

Fuente: Elaboración propia.

4.6. ANÁLISIS DE INFORMACIÓN METEOROLÓGICA

4.6.1. PERIODO DE RETORNO

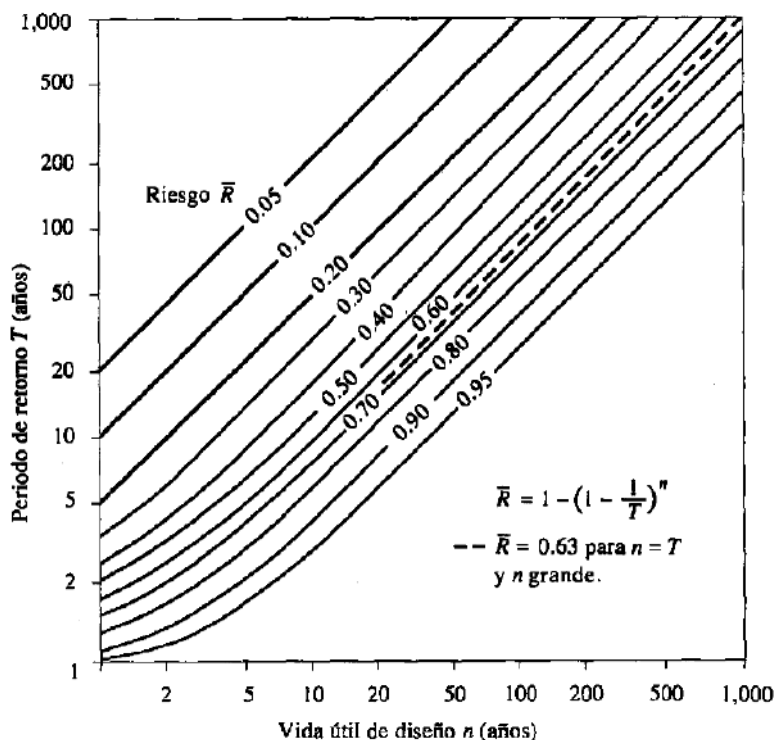
El tiempo promedio, en años, en que el valor del caudal pico de una creciente determinada es igualado o superado una vez cada “T” años, se le denomina periodo de retorno “T”. Si se supone que los eventos anuales son independientes, es posible calcular la probabilidad de falla para una vida útil de “n” años. Para adoptar el periodo de retorno a utilizar en el diseño de una obra, es necesario considerar la relación existente entre la probabilidad de excedencia de un evento, la vida útil de la estructura y el riesgo de falla admisible, dependiendo este último, de factores económicos, sociales, técnicos y otros. El criterio de riesgo es la fijación, a priori, del riesgo que se desea asumir por el caso de que la obra llegase a fallar dentro de su tiempo de vida útil, lo cual implica que no ocurra un evento de magnitud superior a la utilizada en el diseño durante el primer año, durante el segundo, y así sucesivamente para cada uno de los años de vida de la obra. El riesgo de falla admisible en función del periodo de retorno y vida útil de la obra está dado por:

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



Si la obra tiene una vida útil de n años, la fórmula anterior permite calcular el periodo de retorno T , fijando el riesgo de falla admisible R , el cual es la probabilidad de ocurrencia del pico de la creciente estudiada, durante la vida útil de la obra.

Figura 2: Riesgo de por lo menos una excedencia del evento de diseño durante la vida útil



Fuente: Imagen 13.2.1 – Hidrología aplicada – Ven Te Chow, David R. Maidment, Larry W. Mays

Cuadro 10: Valores recomendados de riesgo admisible de obras de drenaje

TIPO DE OBRA	RIESGO ADMISIBLE (**) (%)
Puentes (*)	25
Alcantarillas de paso de quebradas importantes y badenes.	30
Alcantarillas de paso quebradas menores y descarga de agua de cunetas	35
Drenaje de la plataforma (a nivel longitudinal)	40
Subdrenes	40
Defensas Ribereñas	25

(*) - Para obtención de la luz y nivel de aguas máximas extraordinarias.
- Se recomienda un periodo de retorno T de 500 años para el cálculo de socavación.

(**) - Vida Útil considerado (n)

- Puentes y Defensas Ribereñas $n=40$ años.
 - Alcantarillas de quebradas importantes $n=25$ años.
 - Alcantarillas de quebradas menores $n=15$ años.
 - Drenaje de plataforma y Sub-drenes $n=15$ años.
- Se tendrá en cuenta, la importancia y la vida útil de la obra a diseñarse.
- El Propietario de una Obra es el que define el riesgo admisible de falla y la vida útil de las obras.

Fuente: Tabla Nro. 02 – Manual de hidrología, hidráulica y drenaje - MTC



Tipo de obra	Periodo de retorno en años
Puentes y pontones	100 (mínimo)
Alcantarillas de paso y badenes	50
Alcantarilla de alivio	10 – 20
Drenaje de la plataforma	10

Fuente: Cuadro 4.1.1.b – Manual de diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito – MTC – 2008

Cuadro 11: Cálculo del riesgo admisible

Obra de drenaje	Vida útil (años)	Periodo de retorno (años)	Riesgo admisible
Puente - Luz y NAME	40	150	23%
Puente - Socavación	40	500	8%
Pontones	25	100	22%
Alcantarillas de paso	25	70	30%
Alcantarillas de alivio	15	35	35%
Badenes	25	70	30%
Cunetas	15	30	40%

Fuente: Elaboración propia

4.6.2. ANÁLISIS DE DATOS METEOROLÓGICOS

Los datos meteorológicos, proporcionados por SENAMHI, de las estaciones indicadas en el numeral 3.2 del presente estudio, se han agrupado y se exponen a continuación, con el criterio de seleccionar por cada año de registro los valores máximos, así tenemos la **Cuadro 12** y la **Figura 8**.

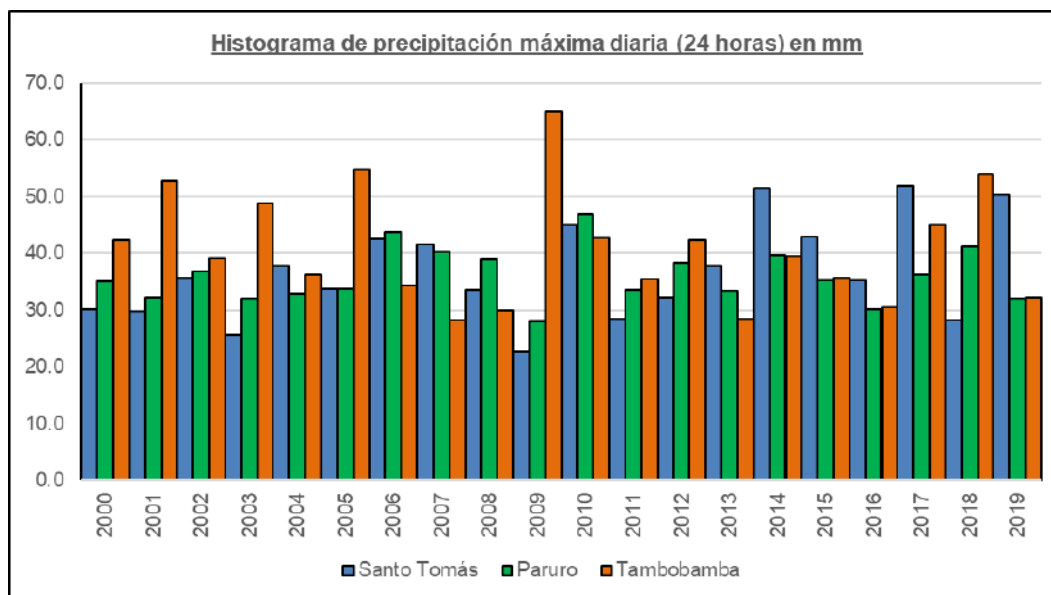
Cuadro 12: Precipitación máxima diaria anual en mm

Precipitación máxima diaria en 24 horas (mm)				
Nro.	Año	Santo Tomás	Paruro	Tambobamba
1	2000	30.1	35.0	42.3
2	2001	29.8	32.2	52.7
3	2002	35.6	36.7	39.0
4	2003	25.5	32.1	48.8
5	2004	37.8	32.8	36.2
6	2005	33.8	33.7	54.7
7	2006	42.5	43.7	34.3
8	2007	41.5	40.2	28.2
9	2008	33.6	38.9	30.0
10	2009	22.6	28.0	65.0
11	2010	45.0	46.9	42.6
12	2011	28.5	33.6	35.4
13	2012	32.2	38.3	42.4
14	2013	37.7	33.3	28.4
15	2014	51.5	39.6	39.5
16	2015	42.9	35.3	35.6
17	2016	35.2	30.1	30.5
18	2017	51.9	36.3	45.0
19	2018	28.2	41.1	54.0
20	2019	50.3	32.0	32.3



Fuente: Senamhi

Figura 3: Histograma de las precipitaciones máximas diarias - anuales en mm



Fuente: Elaboración propia.

4.6.3. CRITERIO DE SELECCIÓN POR REGIÓN CLIMÁTICA

Por este criterio se pretende seleccionar la estación meteorológica, que tiene el mismo clima que se presenta en la zona del proyecto, para lo cual, ubicaremos el emplazamiento de las estaciones escogidas y del proyecto dentro del mapa climático del Cusco.

Figura 4: Mapa climático del Cusco



Fuente: SENAMHI.

De la figura 4; se verifica que el trazo abarca dos climas definidos, color blanco - clima A(r) B'2 H3 y color morado - clima C(o,l) C' H2; así también se verifica que las estaciones Tambobamba y Santo Tomás se encuentran dentro del color morado - clima C(o,l) C' H2 y la estación Paruro se encuentra en el color celeste - clima B(o,i) D' H3; por lo que podemos concluir que **la estación de Paruro se encuentra en una región climática diferente del proyecto.**

4.6.4. CRITERIO DE SELECCIÓN POR ALTITUD

El trazo del proyecto, recorre desde una altitud de 2,300 msnm hasta la altitud de 2,960 msnm, luego hasta los 3,130 msnm y finalmente desciende a los 2,500 msnm; y que las cabeceras en los "divortium aquarium" llegan hasta los 4,550 msnm.

- ❖ Altitud de estación - Santo Tomás: 3,212 msnm.
- ❖ Altitud de estación - Paruro: 3,070 msnm.
- ❖ Altitud de estación - Tambobamba: 3,276 msnm.

De lo expuesto, se concluye que la ubicación de **las 3 estaciones escogidas**, analizadas por el criterio de altitud, **se encuentran situadas** en altitudes semejantes a las que inciden en los flujos superficiales del trazo del proyecto.



4.6.5. CRITERIO DE SELECCIÓN POR PROXIMIDAD

Las distancias desde el proyecto a las diferentes estaciones meteorológicas se presentan en el plano: **Lámina H-1**, y se resume a continuación:

- ❖ Distancia Proyecto - Santo Tomás: 62.28 Km.
- ❖ Distancia Proyecto - Paruro: 27.01 Km.
- ❖ Distancia Proyecto - Tambobamba: 15.54 Km.

De lo expuesto, se concluye que la ubicación de **la estación Tambobamba**, es la más cercana al proyecto.

Revisando los criterios de selección por región climática, altitud y por proximidad, **se elige la estación de Tambobamba**.

4.6.6. EVALUACIÓN DE DATOS PLUVIOMÉTRICOS PARA EL ANÁLISIS DE FRECUENCIA

Análisis de outliers

El análisis de la data meteorológica por outliers, de la **Estación de Tambobamba**, se presenta en el **Anexo 3 – Análisis de outliers de la Estación de Tambobamba**, cuya conclusión se expone a continuación:

Estación meteorológica **Tambobamba**: No existen datos dudosos altos de la muestra; y No existen datos dudosos mínimos de la muestra.

De lo expuesto, se concluye que la data meteorológica de **la Estación Tambobamba**, analizadas por el criterio de “outliers”, **contienen datos válidos** dentro de los rangos máximos superiores y mínimos inferiores.

Ajuste por frecuencia de observación

Dado que los datos de precipitación de lluvia son obtenidos a horas de observación fijas (por ejemplo, horas enteras), no siempre permitirán conocer las cantidades máximas verdaderas durante el período deseado. Por lo cual, la “Guía de prácticas hidrológicas” (Vol. II de la Organización Meteorológica Mundial, 2011), propone factores de ajuste según la frecuencia diaria de observaciones.

Cuadro 13: Factor de ajuste de la frecuencia de observación diaria

Nro. De observaciones/día	1	2	3-4	5-8	9-24	>24
Factor de ajuste	1.13	1.04	1.03	1.02	1.01	1

Fuente: Guía de prácticas hidrológicas, Vol. II, Organización Meteorológica Mundial, 2011.



Conociendo la metodología de colecta de datos del SENAMHI, en el que se realizan 2 observaciones diarias para la colecta de datos, entonces afectaremos con un factor de ajuste de **1.04** a la data seleccionada.

Cuadro 14: Precipitación máxima diaria en 24 horas (mm) ajustada

Precipitación máxima diaria en 24 horas (mm) ajustada		
Nro.	Año	Tambobamba
1	2000	44.0
2	2001	54.8
3	2002	40.6
4	2003	50.8
5	2004	37.6
6	2005	56.9
7	2006	35.7
8	2007	29.3
9	2008	31.2
10	2009	67.6
11	2010	44.3
12	2011	36.8
13	2012	44.1
14	2013	29.5
15	2014	41.1
16	2015	37.0
17	2016	31.7
18	2017	46.8
19	2018	56.2
20	2019	33.6

Fuente: Elaboración propia.

4.7. ANÁLISIS DE FRECUENCIAS

Los caudales de avenida serán estimados sobre la base de las lluvias máximas registradas en las estaciones ubicadas en el ámbito de la zona de estudio, por cuanto no hay registros de aforos. Los caudales máximos serán estimados mediante modelos de precipitación-escorrentía, sobre la base la precipitación máxima en 24 horas y de las características geomorfológicas de las cuencas.

Los valores observados de precipitación máxima en 24 horas, fueron ajustados a las distribuciones teóricas Gumbel, Normal, Log Normal y Gamma 2P, para ello se recurrió al software de cómputo, Hidroesta Versión 2.0.

En la teoría estadística e hidrológica, existen muchas distribuciones de frecuencia, sin embargo, para propósitos prácticos las distribuciones Pearson Tipo II, Log Pearson Tipo III y Gumbel, son las que mejor se ajustan a las precipitaciones máximas en 24 horas.



4.6.1. DISTRIBUCIÓN GUMBEL

Supóngase que se tienen N muestras, cada una de las cuales contiene “n” eventos. Si se selecciona el máximo “x” de los “n” eventos de cada muestra, es posible demostrar que, a medida que “n” aumenta, la función de distribución de probabilidad de “x” tiende a:

$$F(x) = e^{-e^{-\alpha(x-\beta)}}$$

La función de densidad de probabilidad es:

$$f(x) = \alpha e^{[-\alpha(x-\beta)-e^{-\alpha(x-\beta)}]}$$

Donde α y β son los parámetros de la función. Los parámetros α y β , se estiman para muestras muy grandes, como:

$$\alpha = \frac{1.2825}{S}$$

$$\beta = \bar{x} - 0.45 S$$

Para muestras relativamente pequeñas, se tiene:

$$\alpha = \frac{\sigma_y}{S}$$

$$\beta = \bar{x} - u_y / \alpha$$

Los valores de μ_y y σ_y se encuentran en tablas estadísticas.

4.6.2. DISTRIBUCIÓN NORMAL

La función de densidad de probabilidad normal se define como:

$$f(x) = \frac{1}{S\sqrt{(2\pi)}} e^{\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{S}\right)^2}$$

Donde:

$f(x)$ = Función densidad normal de la variable x

X = Variable independiente

μ = Parámetro de localización, igual a la media aritmética de x.

S = Parámetro de escala, igual a la desviación estándar de x.



4.6.3. DISTRIBUCIÓN LOG NORMAL 2 PARÁMETROS

La función de probabilidad es:

$$P(x \leq x_i) = \frac{1}{S\sqrt{(2\pi)}} \int_{-\infty}^{x_i} e^{\left(\frac{-(x-\bar{X})^2}{2S^2}\right)} dx$$

Donde $\bar{X}$ y S son los parámetros de distribución:

Si la variable x de la ecuación (2) se reemplaza por una función $y = f(x)$, tal que $y = \log(x)$, la función puede normalizarse, transformándose en una ley de probabilidades denominada log – normal, $N(Y, S_y)$. Los valores originales de la variable aleatoria x , deben ser transformados a $y = \log x$, de tal manera que:

$$\bar{Y} = \sum_{i=1}^n \log x_i / n$$

Donde S_y , es la desviación estándar de los datos de la muestra transformada.

Asimismo; se tiene las siguientes relaciones:

$$Cs = a/S^3 y$$

$$a = \frac{n}{(n-1)(n-2)} \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{Y})^3$$

Donde Cs es el coeficiente de oblicuidad de los datos de la muestra transformada (Monsalve, 1999).

4.6.4. DISTRIBUCIÓN GAMMA 2 PARÁMETROS

La función de la densidad es:

$$f(x) = \frac{x^{\gamma-1} e^{-\frac{x}{\beta}}}{\beta^{\gamma} \Gamma(\gamma)}$$

Válida para:



$$0 \leq x < \infty$$

$$0 \leq \gamma < \infty$$

$$0 \leq \beta < \infty$$

Donde:

γ : Parámetro de forma

β : Parámetro de escala

4.8. PRUEBA DE BONDAD Y AJUSTE

Para saber que distribución teórica se ajustó mejor a los datos de intensidades calculadas, se aplicó la prueba de bondad de ajuste Kolmogorov-Smirnov. Consiste en comparar el máximo valor absoluto de la diferencia D entre la función de distribución de probabilidad observada $F_0(X_m)$ y la estimada $F(X_m)$.

$$D = \max |F_0(X_m) - F(X_m)|$$

Con un valor crítico “d” que depende del número de datos y del nivel de significación seleccionado.

Si $D < d$, se acepta la hipótesis nula.

Los valores del nivel de significación “ α ” que se usan normalmente son del 10%, 5% y 1%. El valor de “ α ”, en la teoría estadística, es la probabilidad de rechazar la hipótesis nula

H_0 = La función de distribución de probabilidad es $D(\alpha, \beta, \dots)$, cuando en realidad es cierta, es decir de cometer un error tipo I

La función de distribución de probabilidad observada se calcula como:

$$F_0(X_m) = 1 - \frac{m}{n+1}$$

Donde “m” es el número de orden del dato X_m en una lista de mayor a menor y “n” es el número total de datos.



Cuadro 15: Prueba de bondad de ajuste por Kolmogorov – Smirnov a la Distribución Gumbel

DISTRIBUCIÓN GUMBEL - AJUSTE SMIRNOV KOLMOGOROV					
m	X	P(X)	G(Y) Ordinario	G(Y) Mom Lineal	Delta
1	29.3	0.0476	0.0591	0.0744	0.0115
2	29.5	0.0952	0.0633	0.0789	0.0319
3	31.2	0.1429	0.1065	0.1245	0.0364
4	31.7	0.1905	0.1216	0.14	0.0688
5	33.6	0.2381	0.1885	0.2067	0.0496
6	35.7	0.2857	0.2753	0.2909	0.0104
7	36.8	0.3333	0.324	0.3373	0.0093
8	37	0.381	0.333	0.3459	0.048
9	37.6	0.4286	0.36	0.3715	0.0686
10	40.6	0.4762	0.4931	0.4973	0.0169
11	41.1	0.5238	0.5143	0.5173	0.0095
12	44	0.5714	0.6275	0.6247	0.0561
13	44.1	0.619	0.6311	0.6281	0.0121
14	44.3	0.6667	0.6382	0.6348	0.0285
15	46.8	0.7143	0.7186	0.7119	0.0043
16	50.8	0.7619	0.8168	0.8078	0.0549
17	54.8	0.8095	0.8835	0.8745	0.074
18	56.2	0.8571	0.9009	0.8923	0.0438
19	56.9	0.9048	0.9087	0.9003	0.0039
20	67.6	0.9524	0.9746	0.9702	0.0222

GUMBEL - AJUSTE CON MOMENTOS ORDINARIOS

Como el delta teórico 0.0740, es menor que el delta tabular 0.3041. Los datos se ajustan a la distribución Gumbel, con un nivel de significación del 5%

PARAMETROS DE LA DISTRIBUCIÓN GUMBEL

Con momentos ordinarios:

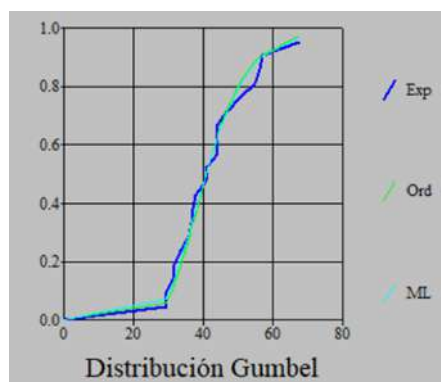
Parámetro de posición (μ)= 37.7744
Parámetro de escala (α)= 8.1523

Con momentos lineales:

Parámetro de posición (μ_l)= 37.5151
Parámetro de escala (α_l)= 8.6015

Fuente: Hidroesta 2

Figura 5: Gráfico de distribución Gumbel





Fuente: Elaboración propia

Cuadro 16: Prueba de bondad de ajuste por Kolmogorov – Smirnov a la Distribución Normal

DISTRIBUCIÓN NORMAL - AJUSTE SMIRNOV KOLMOGOROV					
m	X	P(X)	F(Z) Ordinario	F(Z) Mom Lineal	Delta
1	29.3	0.0476	0.1037	0.1062	0.0561
2	29.5	0.0952	0.1072	0.1097	0.012
3	31.2	0.1429	0.1403	0.1429	0.0025
4	31.7	0.1905	0.1513	0.1538	0.0392
5	33.6	0.2381	0.1979	0.2004	0.0402
6	35.7	0.2857	0.2583	0.2606	0.0274
7	36.8	0.3333	0.2935	0.2955	0.0399
8	37	0.381	0.3001	0.302	0.0809
9	37.6	0.4286	0.3203	0.3221	0.1082
10	40.6	0.4762	0.4287	0.4294	0.0475
11	41.1	0.5238	0.4475	0.4481	0.0763
12	44	0.5714	0.5578	0.5572	0.0136
13	44.1	0.619	0.5616	0.5609	0.0575
14	44.3	0.6667	0.5691	0.5684	0.0976
15	46.8	0.7143	0.6603	0.6587	0.054
16	50.8	0.7619	0.7869	0.7845	0.025
17	54.8	0.8095	0.8807	0.8782	0.0711
18	56.2	0.8571	0.9053	0.9029	0.0481
19	56.9	0.9048	0.9161	0.9138	0.0113
20	67.6	0.9524	0.9919	0.9913	0.0395

NORMAL - AJUSTE CON MOMENTOS ORDINARIOS

Como el delta teórico 0.1082, es menor que el delta tabular 0.3041. Los datos se ajustan a la distribución Normal, con un nivel de significación del 5%

PARÁMETROS DE LA DISTRIBUCIÓN NORMAL

Con momentos ordinarios:

Parámetro de localización (X_m)= 42.48

Parámetro de escala (S)= 10.4557

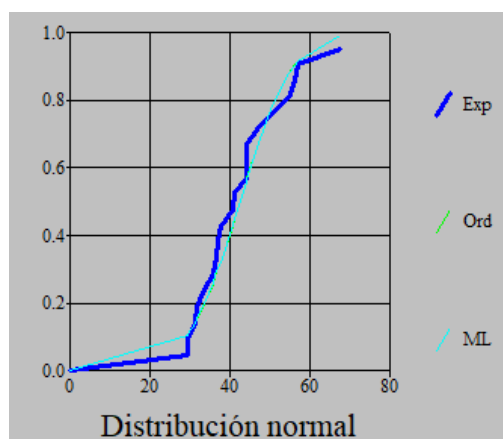
Con momentos lineales:

Media lineal ($\bar{X}$)= 42.48

Desviación estándar lineal (S_l)= 10.5676

Fuente: Hidroesta 2

Figura 6: Gráfico de distribución Normal



Fuente: Elaboración propia.



Cuadro 17: Prueba de bondad de ajuste por Kolmogorov – Smirnov a la Distribución Log Normal 2P

DISTRIBUCIÓN LOG NORMAL 2P - AJUSTE SMIRNOV KOLMOGOROV					
m	X	P(X)	F(Z) Ordinario	F(Z) Mom Lineal	Delta
1	29.3	0.0476	0.0735	0.0805	0.0259
2	29.5	0.0952	0.0776	0.0847	0.0176
3	31.2	0.1429	0.1179	0.126	0.0249
4	31.7	0.1905	0.1317	0.1399	0.0588
5	33.6	0.2381	0.1913	0.1994	0.0468
6	35.7	0.2857	0.2684	0.2753	0.0173
7	36.8	0.3333	0.3122	0.318	0.0212
8	37	0.381	0.3203	0.3259	0.0607
9	37.6	0.4286	0.3449	0.3498	0.0837
10	40.6	0.4762	0.4698	0.4708	0.0063
11	41.1	0.5238	0.4904	0.4907	0.0334
12	44	0.5714	0.6038	0.6004	0.0324
13	44.1	0.619	0.6075	0.604	0.0116
14	44.3	0.6667	0.6148	0.6111	0.0519
15	46.8	0.7143	0.6996	0.6935	0.0147
16	50.8	0.7619	0.8075	0.7995	0.0456
17	54.8	0.8095	0.8826	0.8746	0.0731
18	56.2	0.8571	0.9022	0.8946	0.0451
19	56.9	0.9048	0.9109	0.9035	0.0062
20	67.6	0.9524	0.9809	0.9774	0.0285

LOG NORMAL - AJUSTE CON MOMENTOS ORDINARIOS

Como el delta teórico 0.0837, es menor que el delta tabular 0.3041. Los datos se ajustan a la distribución logNormal 2 parámetros, con un nivel de significación del 5%

PARAMETROS DE LA DISTRIBUCIÓN LOG NORMAL

Con momentos ordinarios:

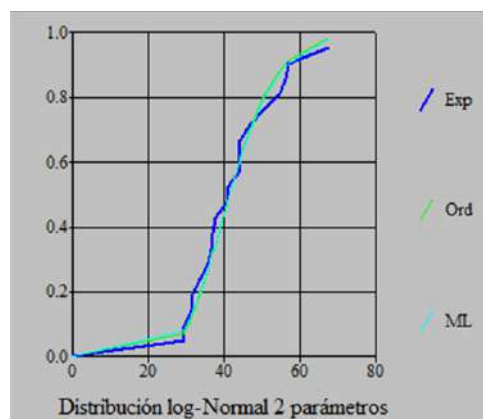
Parámetro de escala (μ_y)= 3.7217
Parámetro de forma (S_y)= 0.2373

Con momentos lineales:

Parámetro de escala (μ_l)= 3.7217
Parámetro de forma (S_l)= 0.2455

Fuente: Hidroesta 2

Figura 7: Gráfico de distribución LogNormal 2P





Fuente: Elaboración propia

Cuadro 18: Prueba de bondad de ajuste por Kolmogorov – Smirnov a la Distribución Gamma 2P

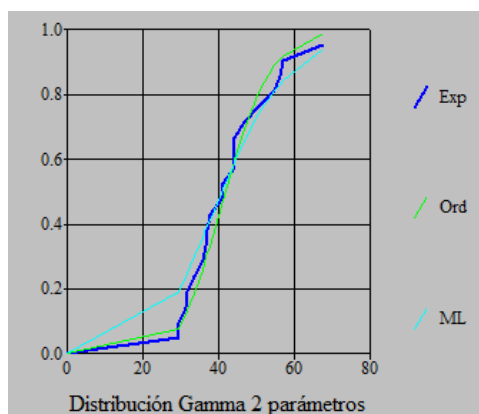
GAMMA 2P - AJUSTE SMIRNOV KOLMOGOROV					
m	X	P(X)	G(Y) Ordinario	G(Y) Mom Lineal	Delta
1	29.3	0.0476	0.0773	0.1888	0.0296
2	29.5	0.0952	0.0811	0.1935	0.0142
3	31.2	0.1429	0.1186	0.2353	0.0243
4	31.7	0.1905	0.1313	0.2482	0.0592
5	33.6	0.2381	0.1865	0.2988	0.0516
6	35.7	0.2857	0.2586	0.3572	0.0271
7	36.8	0.3333	0.3001	0.3884	0.0332
8	37	0.381	0.3079	0.394	0.0731
9	37.6	0.4286	0.3315	0.4111	0.097
10	40.6	0.4762	0.4542	0.4954	0.022
11	41.1	0.5238	0.4748	0.5091	0.0491
12	44	0.5714	0.5907	0.5861	0.0193
13	44.1	0.619	0.5946	0.5887	0.0245
14	44.3	0.6667	0.6022	0.5938	0.0645
15	46.8	0.7143	0.6915	0.6546	0.0228
16	50.8	0.7619	0.8076	0.7399	0.0456
17	54.8	0.8095	0.8886	0.8095	0.0791
18	56.2	0.8571	0.9095	0.8302	0.0524
19	56.9	0.9048	0.9187	0.8399	0.0139
20	67.6	0.9524	0.9874	0.9399	0.035

GAMMA 2P - AJUSTE CON MOMENTOS ORDINARIOS
Como el delta teórico 0.0970, es menor que el delta tabular 0.3041. Los datos se ajustan a la distribución Gamma de 2 parámetros, con un nivel de significación del 5%

PARÁMETROS DE LA DISTRIBUCIÓN GAMMA 2P	
Con momentos ordinarios:	
Parámetro de forma (gamma)=	18.4763
Parámetro de escala (beta)=	2.2992
Con momentos lineales:	
Parámetro de forma (gammal)=	8.2073
Parámetro de escala (betal)=	5.1759

Fuente: Hidroesta 2

Figura 8: Gráfico de distribución Gamma 2P



Fuente: Hidroesta 2

Cuadro 19: Deltas máximos de distribuciones

DELTA MÁXIMO			
Δ max Gumbel =	0.0740	Δ max =	0.0740
Δ max Normal =	0.1082	Elegimos la distribución: Gumbel, por tener el menor delta máximo	
Δ max LogNormal2P =	0.0837		
Δ max Gamma2P =	0.0970		

Fuente: Elaboración propia

4.9. INTENSIDADES DE LLUVIA

Las estaciones de lluvia ubicadas en la zona, no cuentan con registros pluviográficos que permitan obtener las intensidades máximas. Para poder estimarlas se recurrió al principio conceptual, referente a que los valores extremos de lluvias de alta intensidad y corta duración aparecen, en el mayor de los casos, marginalmente dependientes de la localización geográfica, con base en el hecho de que estos eventos de lluvia están asociados con celdas atmosféricas las cuales tienen propiedades físicas similares en la mayor parte del mundo.

Existen varios modelos para estimar la intensidad a partir de la precipitación máxima en 24 horas. Uno de ellos es el modelo de Frederick Bell que permite calcular la lluvia máxima en función del periodo de retorno, la duración de la tormenta en minutos y la precipitación máxima de una hora de duración y periodo de retorno de 10 años. La expresión es la siguiente:

$$P_t^T = (0.21 \log_e T + 0.52)(0.54t^{0.25} - 0.50)P_{60}^{10}$$



Donde:

t = duración en minutos

T = periodo de retorno en años

P_t^T = precipitación caída en t minutos con periodo de retorno de T años

P_{60}^{10} = precipitación caída en 60 minutos con periodo de retorno de 10 años

El valor de P_{60}^{10} , puede ser calculado a partir del modelo de Yance Tueros, que estima la intensidad máxima horaria a partir de la precipitación máxima en 24 horas.

$$I = aP_{24}^b$$

I = intensidad máxima en mm/h

a, b = parámetros del modelo; 0.4602, 0.876, respectivamente.

P_{24} = precipitación máxima en 24 horas

Las curvas de intensidad-duración-frecuencia, se han calculado indirectamente, mediante la siguiente relación:

$$I = \frac{K T^m}{t^n}$$

Donde:

I = Intensidad máxima (mm/min)

K, m, n = factores característicos de la zona de estudio

T = periodo de retorno en años

t = duración de la precipitación equivalente al tiempo de concentración (min)

Si se toman los logaritmos de la ecuación anterior se obtiene:

$$\text{Log}(I) = \text{Log}(K) + m \text{Log}(T) - n \text{Log}(t)$$

$$\text{O bien: } Y = a_0 + a_1 X_1 + a_2 X_2$$

Donde:

$$Y = \text{Log}(I), \quad a_0 = \text{Log } K$$

$$X_1 = \text{Log}(T) \quad a_1 = m$$

$$X_2 = \text{Log}(t) \quad a_2 = -n$$



Los factores de K, m, n, se obtienen a partir de las intensidades máximas calculadas anteriormente, mediante regresión múltiple.

Cuadro 20: Precipitaciones máximas

PRECIPITACIONES MAXIMAS (mm)							
T	P.Max	Duración en minutos					
años	24 horas	5	10	15	20	30	60
200	80.95	7.9	11.8	14.4	16.4	19.5	25.7
100	75.28	7.2	10.7	13.1	15.0	17.8	23.4
50	69.58	6.5	9.7	11.8	13.5	16.1	21.1
25	63.85	5.8	8.6	10.5	12.0	14.3	18.8
10	56.12	4.8	7.2	8.9	10.1	12.0	15.7
5	50.00	4.1	6.2	7.6	8.6	10.3	13.5
3	45.13	3.6	5.4	6.6	7.6	9.0	11.8
2	40.76	3.2	4.8	5.9	6.7	8.0	10.5

Fuente: Elaboración propia, aplicando el Modelo de Bell

INTENSIDADES MAXIMAS (mm/hora)							
T	P.Max	Duración en minutos					
años	24 horas	5	10	15	20	30	60
200	80.950	94.4	70.7	57.6	49.3	39.1	25.7
100	75.280	86.0	64.4	52.5	44.9	35.6	23.4
50	69.580	77.6	58.1	47.3	40.5	32.1	21.1
25	63.850	69.2	51.8	42.2	36.1	28.6	18.8
10	56.120	58.0	43.4	35.4	30.3	24.0	15.7
5	50.000	49.6	37.1	30.3	25.9	20.5	13.5
3	45.130	43.4	32.5	26.5	22.7	18.0	11.8
2	40.760	38.5	28.8	23.5	20.1	15.9	10.5

Fuente: Elaboración propia

REGRESION LINEAL MULTIPLE - INTENSIDADES MAXIMAS			
Constante=	1.942	Log K=	1.9420
Núm. de observaciones=	48	K=	87.500
		m=	0.193
		n=	0.527
		I=	$\frac{87.500}{t^{0.527}}$
		Donde:	
		I: mm/h	
		T: años	
		t: minutos	
Coefficiente(s) X=	0.193	-0.527	

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 21: Intensidades máximas

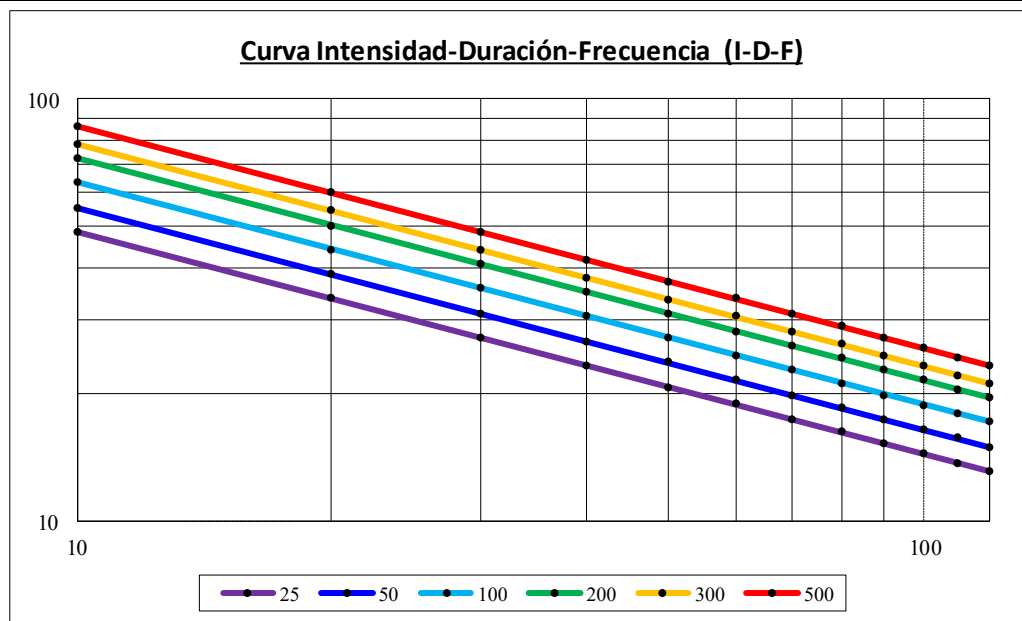


INTENSIDADES MÁXIMAS(mm/h)

$$I = \frac{K T^m}{t^n}$$

$$\begin{aligned} K &= 87.50 \\ m &= 0.193 \\ n &= 0.527 \end{aligned}$$

Duración (t) (minutos)	Período de Retorno (T) en años					
	25	50	100	200	300	500
10	48.48	55.44	63.39	72.48	78.39	86.53
20	33.65	38.48	44.00	50.31	54.41	60.06
30	27.18	31.08	35.54	40.63	43.95	48.51
40	23.36	26.71	30.54	34.92	37.77	41.69
50	20.77	23.75	27.15	31.05	33.58	37.07
60	18.87	21.57	24.67	28.20	30.50	33.67
70	17.39	19.89	22.74	26.00	28.13	31.05
80	16.21	18.54	21.20	24.24	26.22	28.94
90	15.24	17.42	19.92	22.78	24.64	27.20
100	14.41	16.48	18.85	21.55	23.31	25.73
110	13.71	15.68	17.92	20.49	22.17	24.47
120	13.09	14.97	17.12	19.58	21.17	23.37



Fuente: Elaboración propia

4.10. CÁLCULO DE CAUDALES MÁXIMOS

“Una cuenca es una zona de la superficie terrestre en donde (si fuera impermeable) las gotas de lluvia que caen sobre ella tienden a ser drenadas por el sistema de corrientes hacia un mismo punto de salida”. Fuente: Fundamentos de hidrología de superficie – Francisco J. Aparicio Mijares.



4.10.1. CARACTERIZACIÓN DE CUENCAS Y PARÁMETROS MORFOLÓGICOS

Con el fin de estudiar la afinidad hidrológica entre cuencas, se han introducido diversos conceptos gráficos e índices que ponen en evidencia sus características más salientes desde distintos puntos de vista. Para su determinación es necesario conocer, como parámetros básicos de partida, los siguientes datos físicos de la cuenca:

4.10.2.1. Área y Perímetro

Se define como el área y el perímetro de la superficie, en proyección horizontal, delimitada por el divortium aquarum.

4.10.2.2. Índice de Compacidad o Gravelius

Queda definido por la relación entre el perímetro de la cuenca y el perímetro de un círculo de igual área. En cualquier caso, este coeficiente será mayor que la unidad y tanto más próximo al valor “1” cuando la cuenca se aproxime más a la forma circular, y más alejado de él cuando la cuenca tenga una forma más irregular en relación con el círculo.

$$I_c = 0.282x \frac{P}{\sqrt{A}}$$

4.10.2.3. Factor de Forma

Siendo L la longitud de la cuenca, que se define como la distancia entre la salida y el punto más alejado, cercano a la cabecera del cauce principal, medida en línea recta. Este índice o su recíproco, han sido ampliamente utilizados como indicadores de la configuración del hidrograma unitario.

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

4.10.2.4. Rectángulo Equivalente

Se suele admitir que una cuenca se comporta, hidrológicamente, de modo análogo a un rectángulo que tuviera la misma área y perímetro y, por tanto, igual índice de compacidad e igual distribución de alturas, es decir, igual curva hipsométrica. Se trata en consecuencia de una transformación puramente geométrica de la cuenca en un rectángulo de igual área y perímetro, con lo que las curvas de nivel se convierten en rectas paralelas a los lados menores, siendo éstos la primera y última curva de nivel, quedando asimismo las pendientes de la cuenca sustituidas por las



pendientes del rectángulo; el desagüe de la cuenca real, que es un punto, queda convertido en el lado menor que corresponde a la cota mínima.

$$Lr = \frac{I_c x \sqrt{A}}{1.128} \left[1 + \sqrt{1 - \left(\frac{1.128}{I_c} \right)^2} \right]$$

$$lr = \frac{I_c x \sqrt{A}}{1.128} \left[1 - \sqrt{1 - \left(\frac{1.128}{I_c} \right)^2} \right]$$

4.10.2.5. Pendiente de la Cuenca

Ccapi está conformado por 7 microcuencas, en las que se viene impulsando el uso eficiente del agua a partir del mejoramiento de la infraestructura para riego y agua potable; sin embargo, su lejanía a los mercados y poca movilidad a la zona retrasa su desarrollo.

4.10.2.6. Longitud de Recorrido del Cauce Principal

Es la distancia entre el punto de desagüe y el punto más alejado de la cuenca siguiendo la dirección de drenaje. El recorrido principal, es la máxima distancia recorrida por el flujo de agua dentro de la cuenca.

4.10.2.7. Pendiente del Cauce Principal

En la gran mayoría de los casos la pendiente de un río disminuye gradualmente desde sus fuentes hasta su desembocadura. Para los cálculos prácticos de la hidrología se requiere un valor único por medio del cual pueda caracterizarse la pendiente de un cauce, ya sea considerado en toda su longitud o en un tramo de este. Por lo general, tal valor es necesario para ser utilizado como uno de los parámetros que intervienen en los cálculos de crecidas. La pendiente influye sobre la velocidad del escurrimiento y con ello sobre la configuración del hidrograma.

La pendiente media es la de una línea recta que, apoyándose en el extremo de aguas debajo de la corriente, hace que se tengan áreas iguales entre el perfil del cauce y arriba y debajo de dicha línea.

4.10.2.8. Tiempo de Concentración



El tiempo de concentración de una cuenca, se define como el tiempo mínimo necesario para que todos los puntos de una cuenca estén aportando agua de escorrentía de forma simultánea al punto de salida, punto de desagüe o punto de cierre.

4.10.2.9. Curva Hipsométrica

Consiste en la curva que resulta de representar, en abscisas, la superficie de la cuenca que se halla por encima de las cotas de altura indicadas en ordenadas, representando las superficies dominadas por sobre cada cota. Se puede considerar esta curva como una especie de perfil de la cuenca, y su pendiente media, expresada en m/km², resulta un parámetro sintético de comparación del relieve de diversas cuencas. De esta curva se puede extraer una importante relación, y es la relación hipsométrica.

$$R_H = \frac{A_S}{A_I}$$

Donde:

As: área sobre la curva hipsométrica

AI: área bajo la curva hipsométrica

De la configuración de la curva hipsométrica se tienen tres curvas hipsométricas correspondientes a otras tantas cuencas que tienen potenciales evolutivos distintos. La curva A refleja una cuenca con un gran potencial erosivo; la curva intermedia B es característica de una cuenca en equilibrio; y la curva inferior C es típica de una cuenca sedimentaria.

4.10.2.10. Altitud Media

La altitud media de la cuenca (Ho) puede ser determinada mediante la expresión:

$$H_o = \frac{\sum_{i=1}^n a_i x h_i}{A}$$

Donde:

ai: son las áreas parciales comprendidas entre las curvas de nivel topográfico.

hi: son las alturas medias entre las dos curvas de nivel consecutivas que encierran el área ai.

En forma expeditiva, la altitud media de una cuenca puede determinarse en correspondencia con la ordenada media de la curva hipsométrica

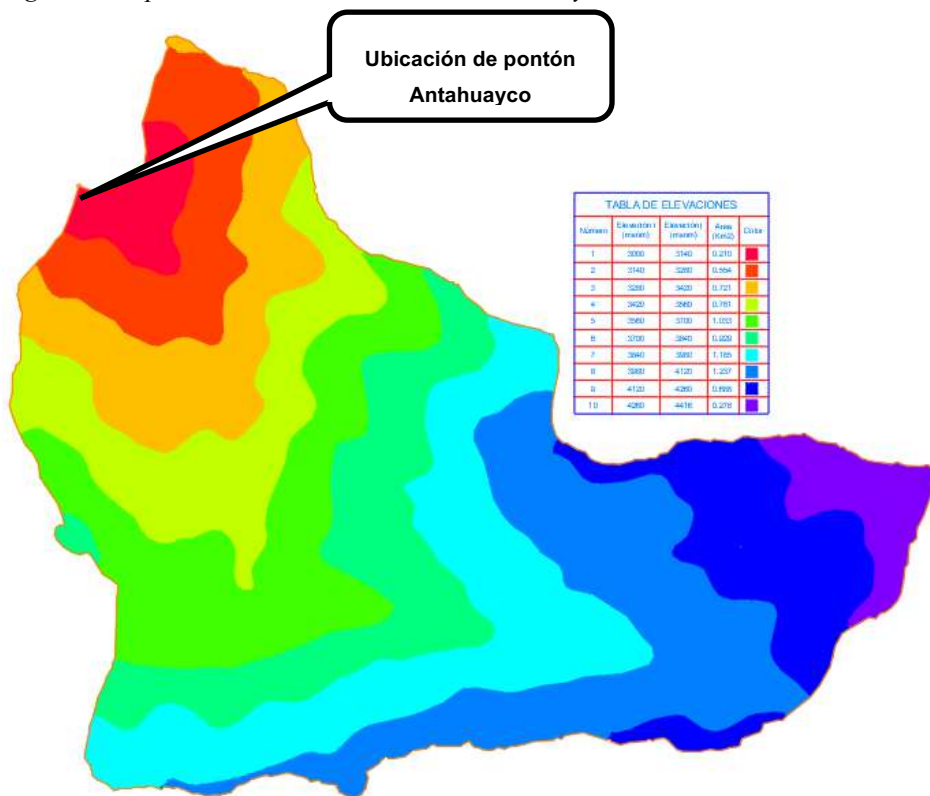
Cuadro 22: Caracterización morfológica de la cuenca Antahuayco



CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA - ANTAHUAYCO			
Item	Descripción	Valor	Unidad
1	Área	A=	7.616 km ²
2	Perímetro	P=	13.723 km
3	Índice de compacidad	Ic=	1.40
4	Longitud del cauce	Lc=	Forma irregular
5	Alejamiento medio	Aj=	5.820 km
6	Longitud de la cuenca	L=	2.11
7	Factor de forma	Rf=	Drenaje sinuoso
8	Centroide de la cuenca UTM	Este	3.553 km
9	Ancho máximo	E	0.60
10	Ancho medio de la cuenca	Bm	817,956.10 m
11	Longitud al centro de la cuenca	Norte	8,470,559.20 m
12	Rectángulo equivalente - Lado mayor	Lr	2.834 km
13	Rectángulo equivalente - Lado menor	Ir	1.31 km
14	Cota superior	Cota j=	1.969 km
	Cota inferior	Cota i=	5.47 km
	Pendiente de la cuenca	S	1.39 km

Fuente: Elaboración propia

Figura 9: Mapa de elevaciones de la cuenca Antahuayco



Fuente: Elaboración propia

Foto 21: Vista de la quebrada Antahuayco

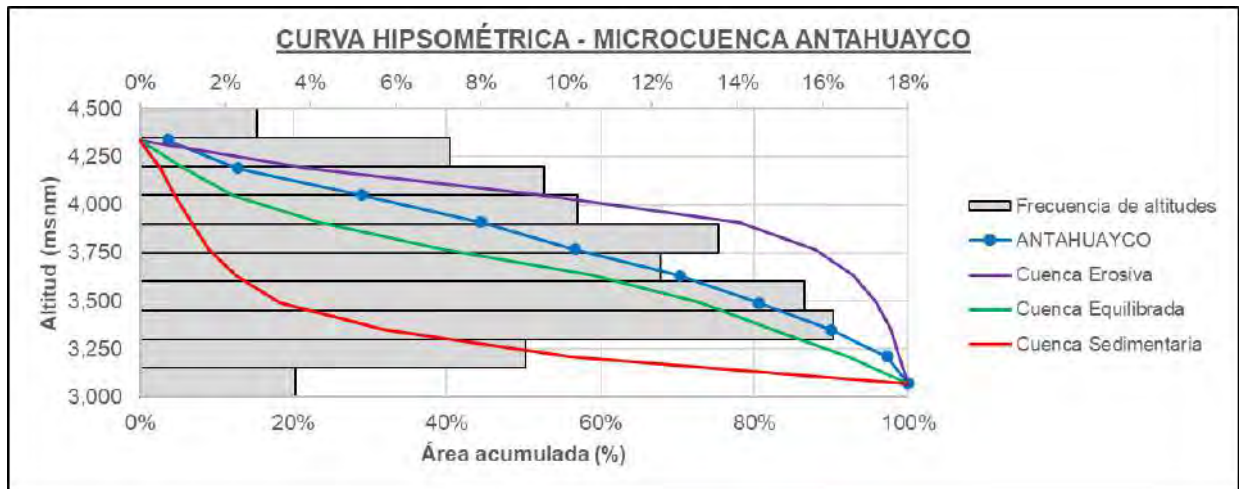


Cuadro 23: Generación de curva hipsométrica de la cuenca Antahuayco

CURVA HIPSONÉTRICA - ANTAHUAYCO											
Cotas intervalo		Cota media intervalo	Área parcial (km²)	% de área	Área acumulada (km²)	% del área acumulada	Altitud media (msnm)	Curvas hipsométricas típicas			
Cota inferior	Cota superior							Altura relativa	Cuenca Erosiva	Cuenca Equilibrada	Cuenca Sedimentaria
4,260	4,416	4,338	0.278	3.65%	0.28	3.65%	158.35	1.00	0.00%	0.00%	0.00%
4,120	4,260	4,190	0.688	9.03%	0.97	12.68%	378.51	0.88	22.01%	5.84%	2.67%
3,980	4,120	4,050	1.237	16.24%	2.20	28.93%	657.81	0.77	52.68%	12.17%	4.54%
3,840	3,980	3,910	1.185	15.56%	3.39	44.49%	608.37	0.66	78.01%	23.50%	6.75%
3,700	3,840	3,770	0.929	12.20%	4.32	56.68%	459.86	0.55	87.88%	39.67%	8.96%
3,560	3,700	3,630	1.033	13.56%	5.35	70.25%	492.36	0.44	92.83%	59.17%	12.50%
3,420	3,560	3,490	0.781	10.25%	6.13	80.50%	357.89	0.33	95.88%	72.88%	18.13%
3,280	3,420	3,350	0.721	9.47%	6.85	89.97%	317.14	0.22	97.79%	82.33%	31.84%
3,140	3,280	3,210	0.554	7.27%	7.41	97.24%	233.50	0.11	98.90%	92.17%	56.09%
3,000	3,140	3,070	0.210	2.76%	7.62	100.00%	84.65	0.00	100.00%	100.00%	100.00%
			7.616	100.00%			3,748.44				

Fuente: Elaboración propia

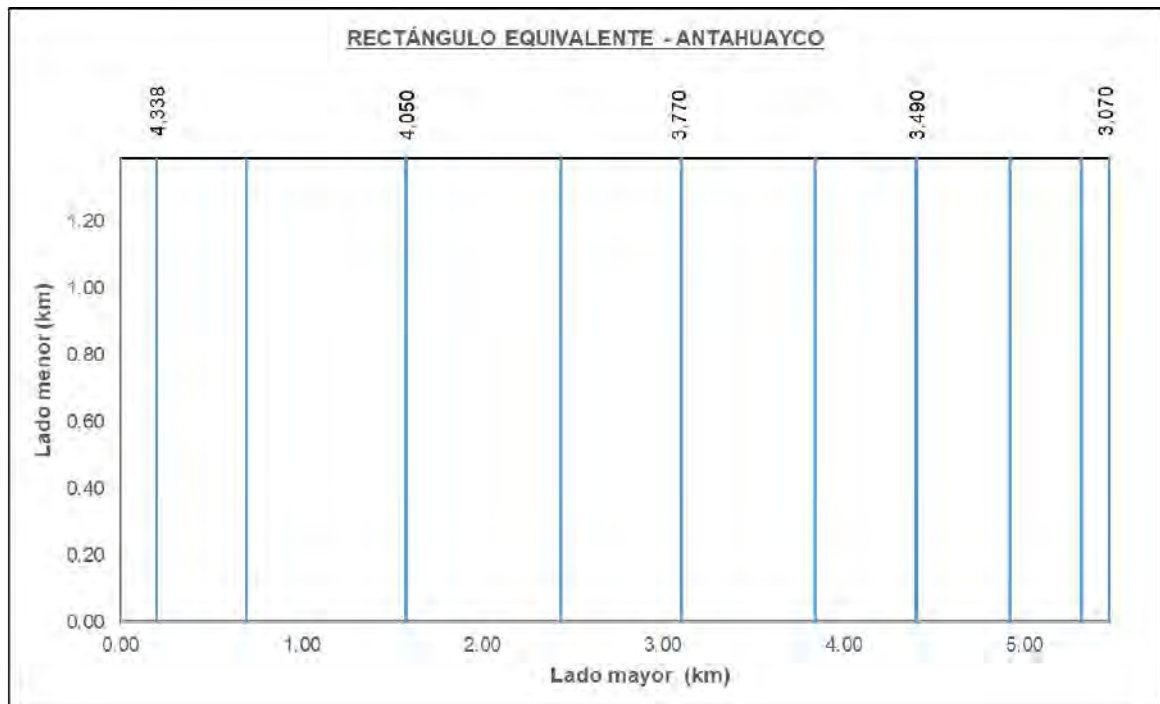
Figura 10: Curva hipsométrica de la Cuenca Antahuayco



Fuente: Elaboración propia

De la Figura 6, la configuración de la curva hipsométrica de la Cuenca Antahuayco, se encuentra entre la curva típica de una cuenca equilibrada y una cuenca erosiva, lo que establece el comportamiento de los fenómenos hidrodinámicos que pueden ocurrir en la cuenca en estudio, por lo que se deben tener las consideraciones del caso en el diseño de ingeniería.

Figura 11: Rectángulo equivalente de la Cuenca Antahuayco



Fuente: Elaboración propia

Cuadro 24: Caracterización morfológica de la cuenca Casani

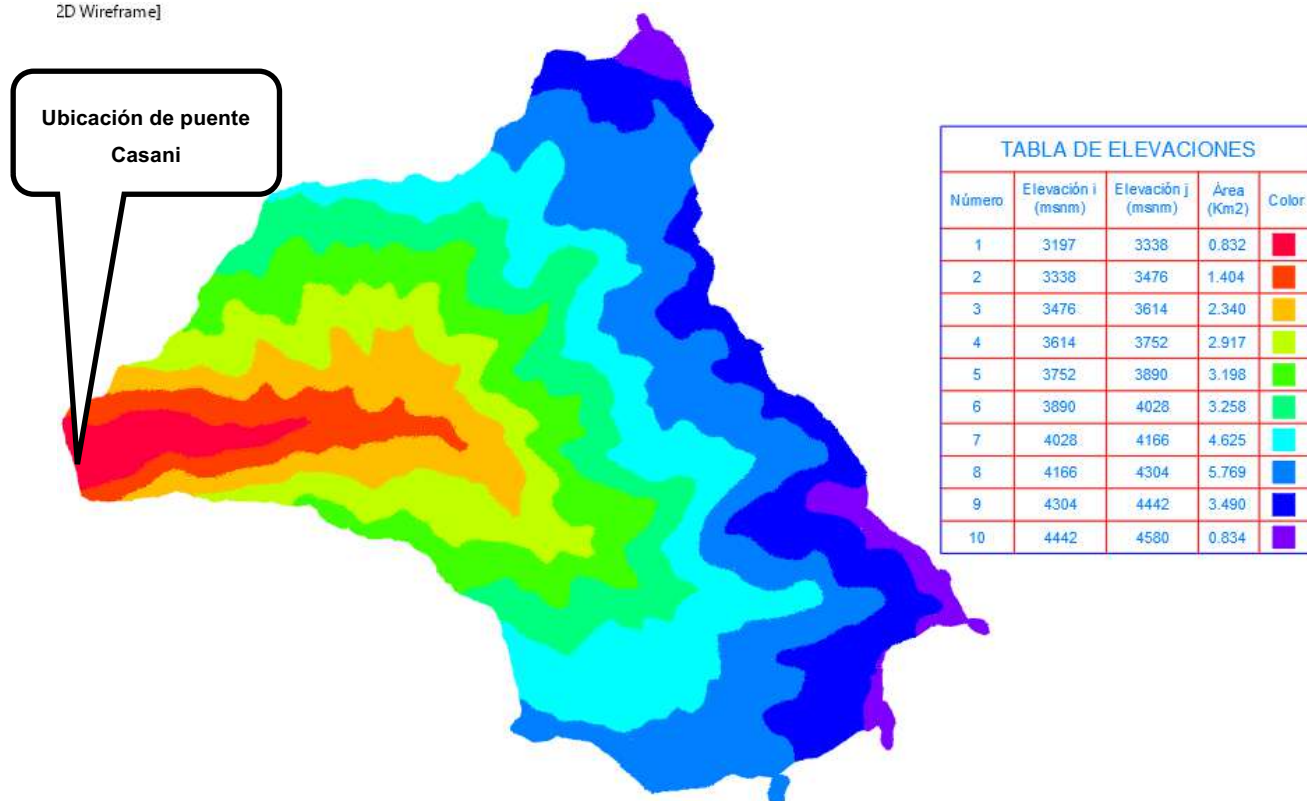


CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA - CASANI				
Ítem	Descripción		Valor	Unidad
1	Área	A=	28.667	km ²
2	Perímetro	P=	28.742	km
3	Índice de compacidad	Ic=	1.51	---
			Forma irregular	---
4	Longitud del cauce	Lc=	9.586	km
5	Alejamiento medio	Aj=	1.79	---
			Drenaje sinuoso	---
6	Longitud de la cuenca	L=	6.979	km
7	Factor de forma	Rf=	0.59	---
8	Centroide de la cuenca UTM	Este	820,455.55	m
		Norte	8,467,119.89	m
9	Ancho máximo	E	5.942	km
10	Ancho medio de la cuenca	Bm	2.99	km
11	Longitud al centro de la cuenca	La	4.429	km
12	Rectángulo equivalente - Lado mayor	Lr	11.98	km
13	Rectángulo equivalente - Lado menor	lr	2.39	km
14	Cota superior	Cota j=	4,580.00	msnm
	Cota inferior	Cota i=	3,197.00	msnm
	Pendiente de la cuenca	S	14.43%	---

Fuente: Elaboración propia

Figura 12: Mapa de elevaciones de la cuenca Casani

2D Wireframe]



Fuente: Elaboración propia

Foto 22: Vista de la quebrada Casani

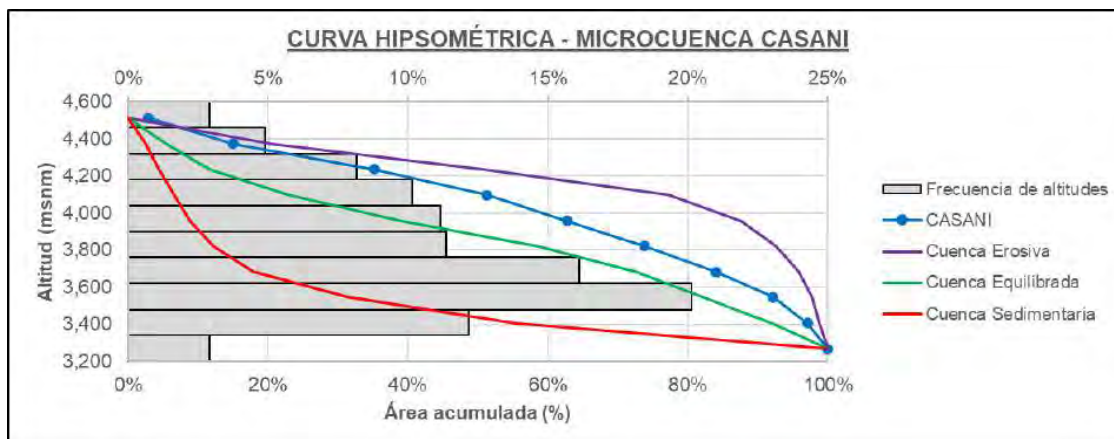


Cuadro 25: Generación de curva hipsométrica de la cuenca Casani

CURVA HIPSONÉTRICA - CASANI											
Cotas intervalo		Cota media intervalo	Área parcial (km²)	% de área	Área acumulada (km²)	% del área acumulada	Altitud media (msnm)	Curvas hipsométricas típicas			
Cota inferior	Cota superior							Altura relativa	Cuenca Erosiva	Cuenca Equilibrada	Cuenca Sedimentaria
4,442	4,580	4,511	0.834	2.91%	0.83	2.91%	131.24	1.00	0.00%	0.00%	0.00%
4,304	4,442	4,373	3.490	12.17%	4.32	15.08%	532.38	0.89	20.63%	5.55%	2.61%
4,166	4,304	4,235	5.769	20.12%	10.09	35.21%	852.26	0.78	51.03%	11.76%	4.44%
4,028	4,166	4,097	4.625	16.13%	14.72	51.34%	660.99	0.67	77.27%	22.95%	6.66%
3,890	4,028	3,959	3.258	11.36%	17.98	62.71%	449.94	0.56	87.63%	39.03%	8.88%
3,752	3,890	3,821	3.198	11.16%	21.17	73.86%	426.26	0.45	92.70%	58.68%	12.29%
3,614	3,752	3,683	2.917	10.18%	24.09	84.04%	374.76	0.33	95.82%	72.59%	17.95%
3,476	3,614	3,545	2.340	8.16%	26.43	92.20%	289.37	0.22	97.77%	82.15%	31.37%
3,338	3,476	3,407	1.404	4.90%	27.84	97.10%	166.86	0.11	98.88%	92.03%	55.59%
3,197	3,338	3,268	0.832	2.90%	28.67	100.00%	94.83	0.00	100.00%	100.00%	100.00%
			28.667	100.00%			3,978.89				

Fuente: Elaboración propia

Figura 13: Curva hipsométrica de la Cuenca Casani



Fuente: Elaboración propia

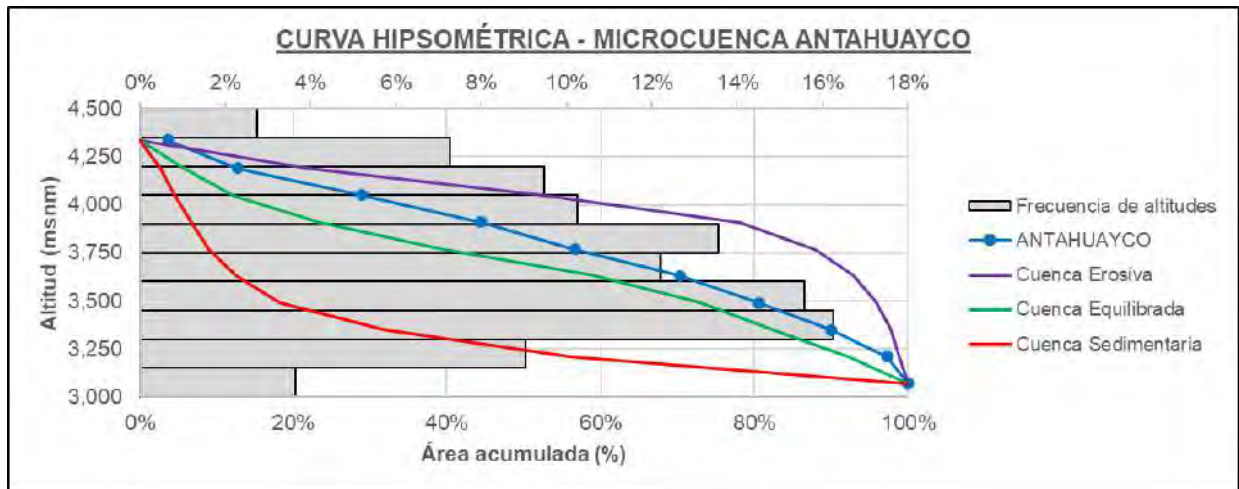
De la Figura 9, la configuración de la curva hipsométrica de la Cuenca Casani, se encuentra entre la curva típica de una cuenca equilibrada y una cuenca erosiva, lo que establece el comportamiento de los fenómenos hidrodinámicos que pueden ocurrir en la cuenca en estudio, por lo que se deben tener las consideraciones del caso en el diseño de ingeniería.

Cuadro 26: Generación de curva hipsométrica de la cuenca Antahuayco

CURVA HIPSOMÉTRICA - ANTAHUAYCO												
Cotas intervalo		Cota media intervalo	Área parcial (km²)	% de área	Área acumulada (km²)	% del área acumulado	Altitud media (msnm)	Curvas hipsométricas típicas				
Cota inferior	Cota superior							Altura relativa	Cuenca Erosiva	Cuenca Equilibrada	Cuenca Sedimentaria	
4,260	4,416	4,338	0.278	3.65%	0.28	3.65%	158.35	1.00	0.00%	0.00%	0.00%	
4,120	4,260	4,190	0.688	9.03%	0.97	12.68%	378.51	0.88	22.01%	5.84%	2.67%	
3,980	4,120	4,050	1.237	16.24%	2.20	28.93%	657.81	0.77	52.68%	12.17%	4.54%	
3,840	3,980	3,910	1.185	15.56%	3.39	44.49%	608.37	0.66	78.01%	23.50%	6.75%	
3,700	3,840	3,770	0.929	12.20%	4.32	56.68%	459.86	0.55	87.88%	39.67%	8.96%	
3,560	3,700	3,630	1.033	13.56%	5.35	70.25%	492.36	0.44	92.83%	59.17%	12.50%	
3,420	3,560	3,490	0.781	10.25%	6.13	80.50%	357.89	0.33	95.88%	72.88%	18.13%	
3,280	3,420	3,350	0.721	9.47%	6.85	89.97%	317.14	0.22	97.79%	82.33%	31.84%	
3,140	3,280	3,210	0.554	7.27%	7.41	97.24%	233.50	0.11	98.90%	92.17%	56.09%	
3,000	3,140	3,070	0.210	2.76%	7.62	100.00%	84.65	0.00	100.00%	100.00%	100.00%	
			7.616	100.00%			3,748.44					

Fuente: Elaboración propia

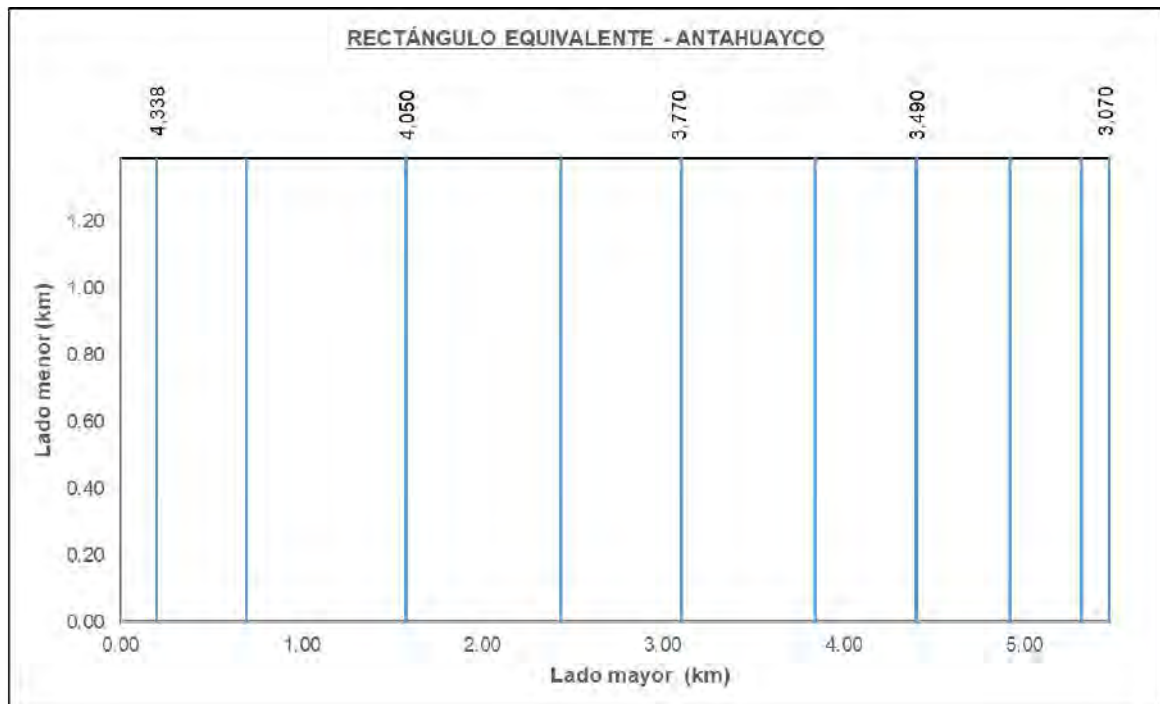
Figura 14: Curva hipsométrica de la Cuenca Antahuayco



Fuente: Elaboración propia

De la Figura 6, la configuración de la curva hipsométrica de la Cuenca Antahuayco, se encuentra entre la curva típica de una cuenca equilibrada y una cuenca erosiva, lo que establece el comportamiento de los fenómenos hidrodinámicos que pueden ocurrir en la cuenca en estudio, por lo que se deben tener las consideraciones del caso en el diseño de ingeniería.

Figura 15: Rectángulo equivalente de la Cuenca Antahuayco



Fuente: Elaboración propia



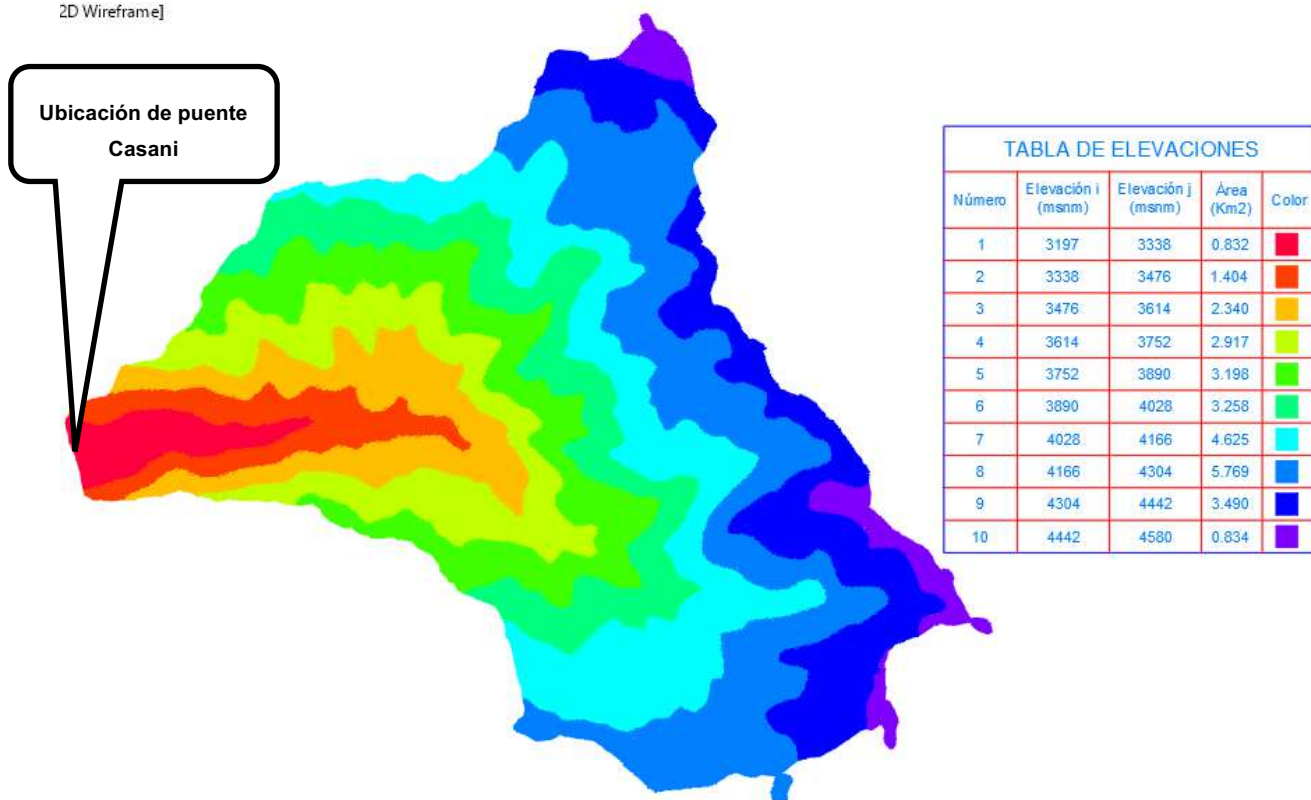
Cuadro 27: Caracterización morfológica de la cuenca Casani

CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA - CASANI			
Ítem	Descripción	Valor	Unidad
1	Area	A=	28.667 km ²
2	Perímetro	P=	28.742 km
3	Índice de compacidad	Ic=	1.51
		Forma irregular	---
4	Longitud del cauce	Lc=	9.586 km
5	Alejamiento medio	Aj=	1.79
		Drenaje sinuoso	---
6	Longitud de la cuenca	L=	6.979 km
7	Factor de forma	Rf=	0.59
8	Centroide de la cuenca UTM	Este	820,455.55 m
		Norte	8,467,119.89 m
9	Ancho máximo	E	5.942 km
10	Ancho medio de la cuenca	Bm	2.99 km
11	Longitud al centro de la cuenca	La	4.429 km
12	Rectángulo equivalente - Lado mayor	Lr	11.98 km
13	Rectángulo equivalente - Lado menor	lr	2.39 km
14	Cota superior	Cota j=	4,580.00 msnm
	Cota inferior	Cota i=	3,197.00 msnm
	Pendiente de la cuenca	S	14.43%

Fuente: Elaboración propia

Figura 16: Mapa de elevaciones de la cuenca Casani

2D Wireframe]



Fuente: Elaboración propia

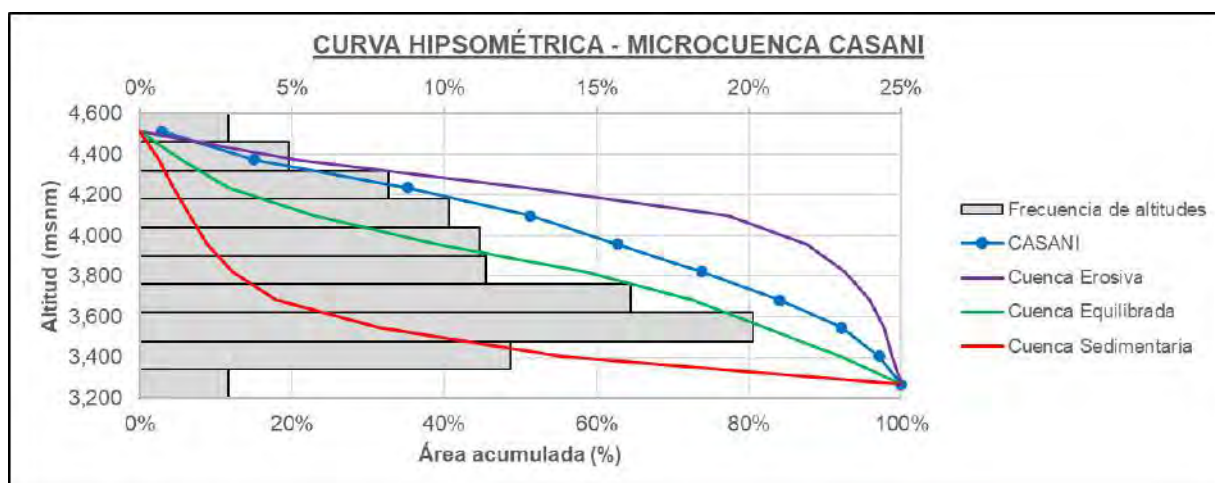


Cuadro 28: Generación de curva hipsométrica de la cuenca Casani

CURVA HIPSOMÉTRICA - CASANI											
Cotas intervalo		Cota media intervalo	Área parcial (km²)	% de área	Área acumulada (km²)	% del área acumulado	Altitud media (msnm)	Curvas hipsométricas típicas			
Cota inferior	Cota superior							Altura relativa	Cuenca Erosiva	Cuenca Equilibrada	Cuenca Sedimentaria
4,442	4,580	4,511	0.834	2.91%	0.83	2.91%	131.24	1.00	0.00%	0.00%	0.00%
4,304	4,442	4,373	3.490	12.17%	4.32	15.08%	532.38	0.89	20.63%	5.55%	2.61%
4,166	4,304	4,235	5.769	20.12%	10.09	35.21%	852.26	0.78	51.03%	11.76%	4.44%
4,028	4,166	4,097	4.625	16.13%	14.72	51.34%	660.99	0.67	77.27%	22.95%	6.66%
3,890	4,028	3,959	3.258	11.36%	17.98	62.71%	449.94	0.56	87.63%	39.03%	8.88%
3,752	3,890	3,821	3.198	11.16%	21.17	73.86%	426.26	0.45	92.70%	58.68%	12.29%
3,614	3,752	3,683	2.917	10.18%	24.09	84.04%	374.76	0.33	95.82%	72.59%	17.95%
3,476	3,614	3,545	2.340	8.16%	26.43	92.20%	289.37	0.22	97.77%	82.15%	31.37%
3,338	3,476	3,407	1.404	4.90%	27.84	97.10%	166.86	0.11	98.88%	92.03%	55.59%
3,197	3,338	3,268	0.832	2.90%	28.67	100.00%	94.83	0.00	100.00%	100.00%	100.00%
			28.667	100.00%			3,978.89				

Fuente: Elaboración propia

Figura 17: Curva hipsométrica de la Cuenca Casani

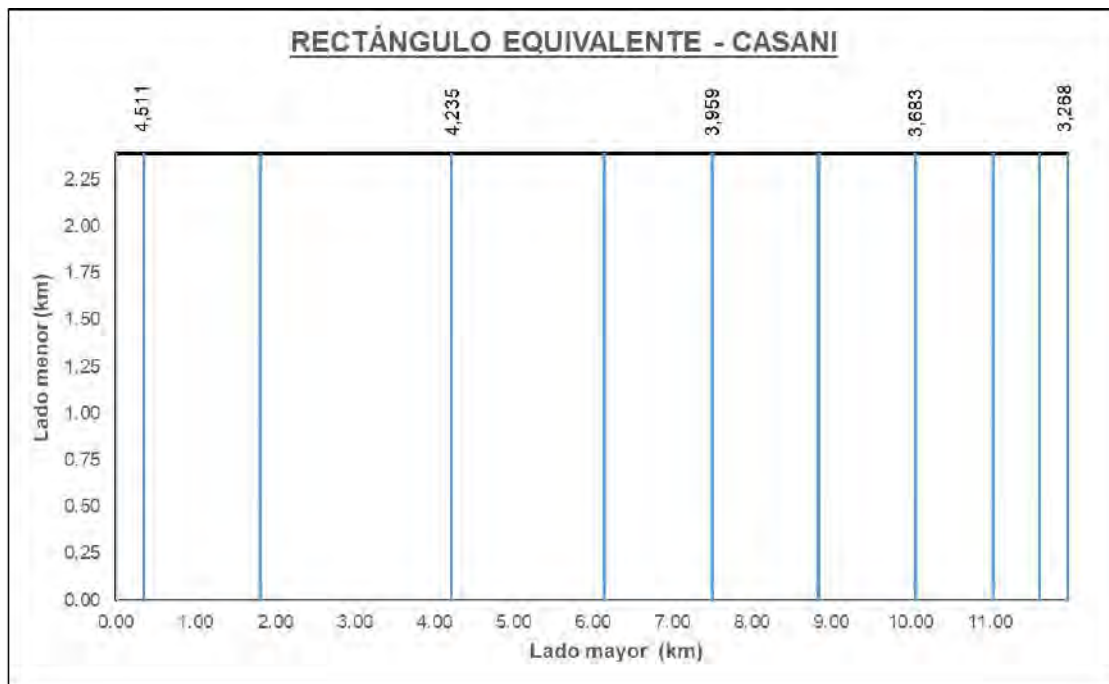


Fuente: Elaboración propia

De la Figura 9, la configuración de la curva hipsométrica de la Cuenca Casani, se encuentra entre la curva típica de una cuenca equilibrada y una cuenca erosionada, lo que establece el comportamiento de los fenómenos hidrodinámicos que pueden ocurrir en la cuenca en estudio, por lo que se deben tener las consideraciones del caso en el diseño de ingeniería.

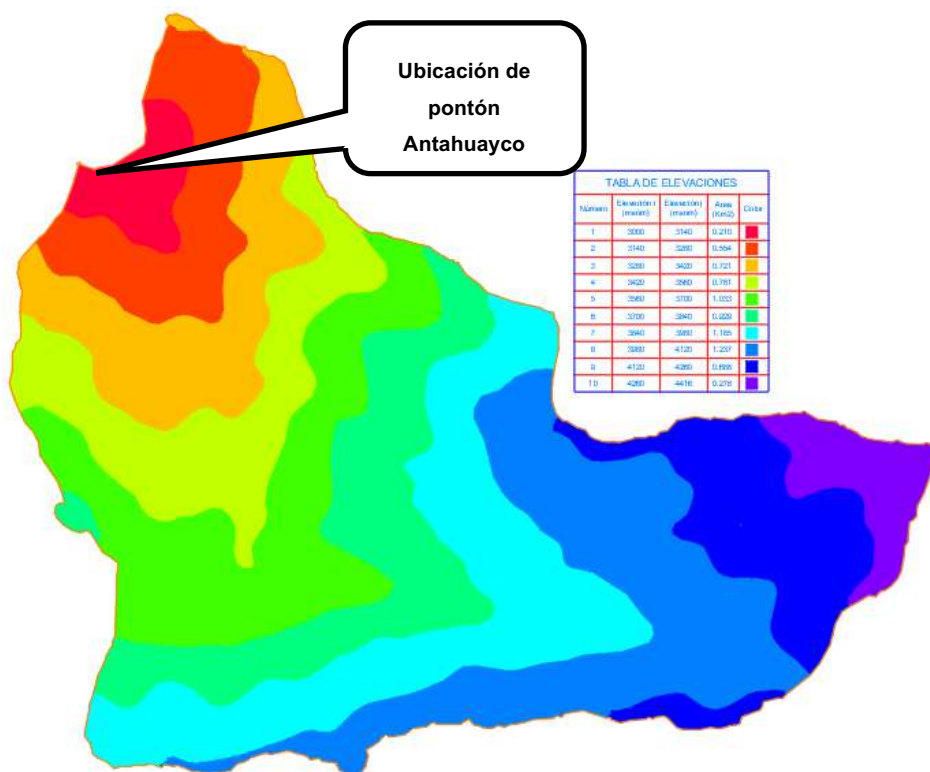


Figura 18: Rectángulo equivalente de la Cuenca Casani



Fuente: Elaboración propia

Figura 19: Mapa de elevaciones de la cuenca Antahuayco



Fuente: Elaboración propia

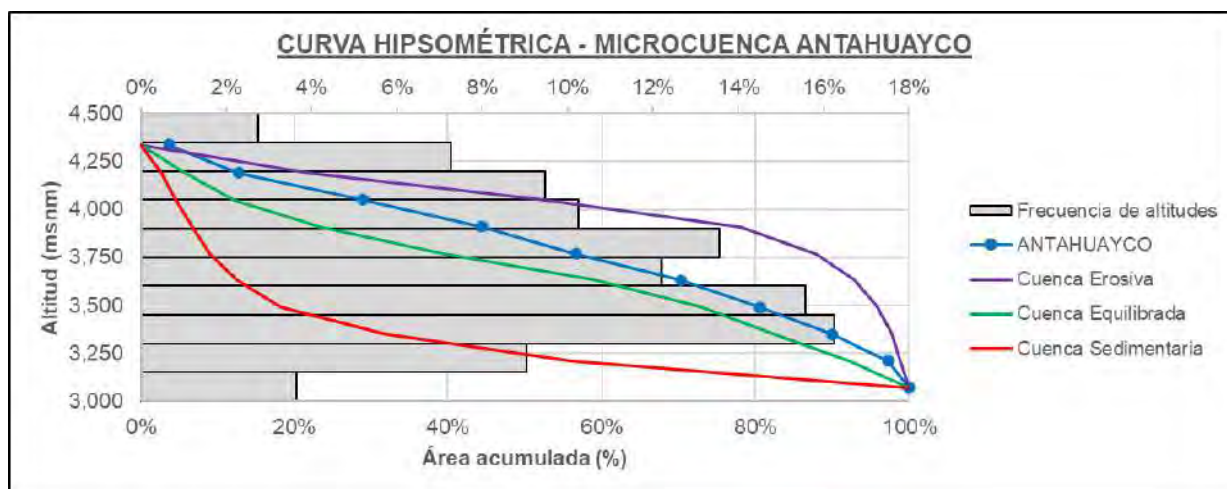


Cuadro 29: Generación de curva hipsométrica de la cuenca Antahuayco

CURVA HIPSONÉTRICA - ANTAMUAYCO												
Cotas intervalo		Cota media intervalo	Área parcial (km²)	% de área	Área acumulada (km²)	% del área acumulada	Altitud media (msnm)	Curvas hipsométricas típicas				
Cota inferior	Cota superior							Altura relativa	Cuenca Erosiva	Cuenca Equilibrada	Cuenca Sedimentaria	
4,260	4,416	4,338	0.278	3.65%	0.28	3.65%	158.35	1.00	0.00%	0.00%	0.00%	
4,120	4,260	4,190	0.688	9.03%	0.97	12.68%	378.51	0.88	22.01%	5.84%	2.67%	
3,980	4,120	4,050	1.237	16.24%	2.20	28.93%	657.81	0.77	52.68%	12.17%	4.54%	
3,840	3,980	3,910	1.185	15.56%	3.39	44.49%	608.37	0.66	78.01%	23.50%	6.75%	
3,700	3,840	3,770	0.929	12.20%	4.32	56.68%	459.86	0.55	87.88%	39.67%	8.96%	
3,560	3,700	3,630	1.033	13.56%	5.35	70.25%	492.36	0.44	92.83%	59.17%	12.50%	
3,420	3,560	3,490	0.781	10.25%	6.13	80.50%	357.89	0.33	95.88%	72.88%	18.13%	
3,280	3,420	3,350	0.721	9.47%	6.85	89.97%	317.14	0.22	97.79%	82.33%	31.84%	
3,140	3,280	3,210	0.554	7.27%	7.41	97.24%	233.50	0.11	98.90%	92.17%	56.09%	
3,000	3,140	3,070	0.210	2.76%	7.62	100.00%	84.65	0.00	100.00%	100.00%	100.00%	
			7.616	100.00%			3,748.44					

Fuente: Elaboración propia

Figura 20: Curva hipsométrica de la Cuenca Antahuayco

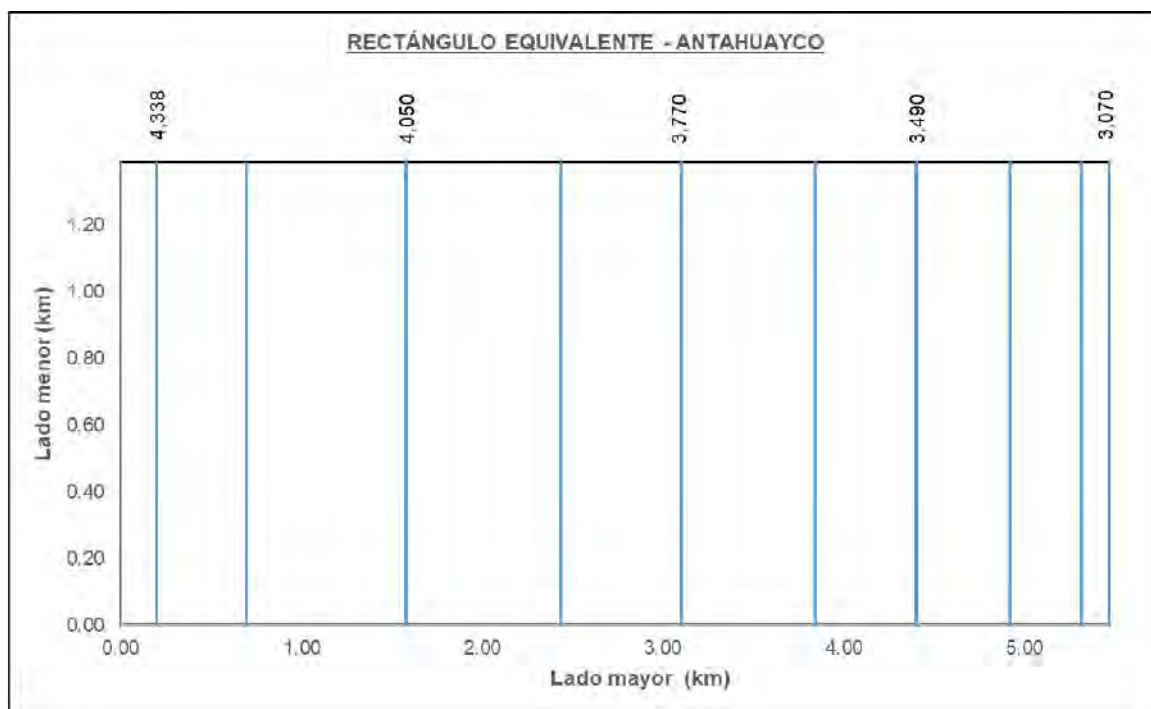


Fuente: Elaboración propia

De la Figura 6, la configuración de la curva hipsométrica de la Cuenca Antahuayco, se encuentra entre la curva típica de una cuenca equilibrada y una cuenca erosiva, lo que establece el comportamiento de los fenómenos hidrodinámicos que pueden ocurrir en la cuenca en estudio, por lo que se deben tener las consideraciones del caso en el diseño de ingeniería.



Figura 21: Rectángulo equivalente de la Cuenca Antahuayco



Fuente: Elaboración propia

Cuadro 30: Caracterización morfológica de la cuenca Casani

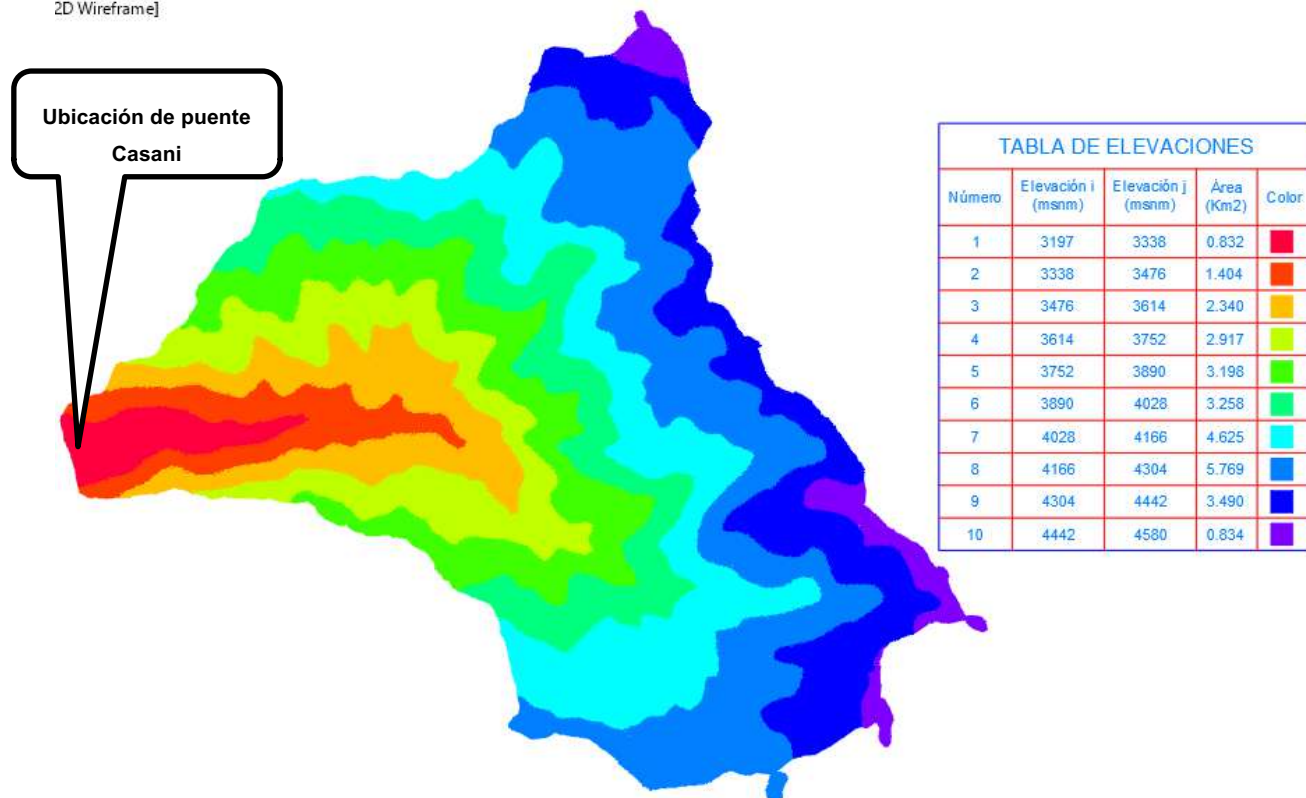
CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA - CASANI			
Ítem	Descripción	Valor	Unidad
1	Area	A=	28.667 km²
2	Perímetro	P=	28.742 km
3	Índice de compacidad	Ic=	1.51 --- Forma irregular
4	Longitud del cauce	Lc=	9.586 km
5	Alejamiento medio	Aj=	1.79 --- Drenaje sinuoso
6	Longitud de la cuenca	L=	6.979 km
7	Factor de forma	Rf=	0.59 ---
8	Centroide de la cuenca UTM	Este	820,455.55 m
		Norte	8,467,119.89 m
9	Ancho máximo	E	5.942 km
10	Ancho medio de la cuenca	Bm	2.99 km
11	Longitud al centro de la cuenca	La	4.429 km
12	Rectángulo equivalente - Lado mayor	Lr	11.98 km
13	Rectángulo equivalente - Lado menor	lr	2.39 km
14	Cota superior	Cota j=	4,580.00 msnm
	Cota inferior	Cota i=	3,197.00 msnm
	Pendiente de la cuenca	S	14.43% ---

Fuente: Elaboración propia



Figura 22: Mapa de elevaciones de la cuenca Casani

2D Wireframe]



Fuente: Elaboración propia

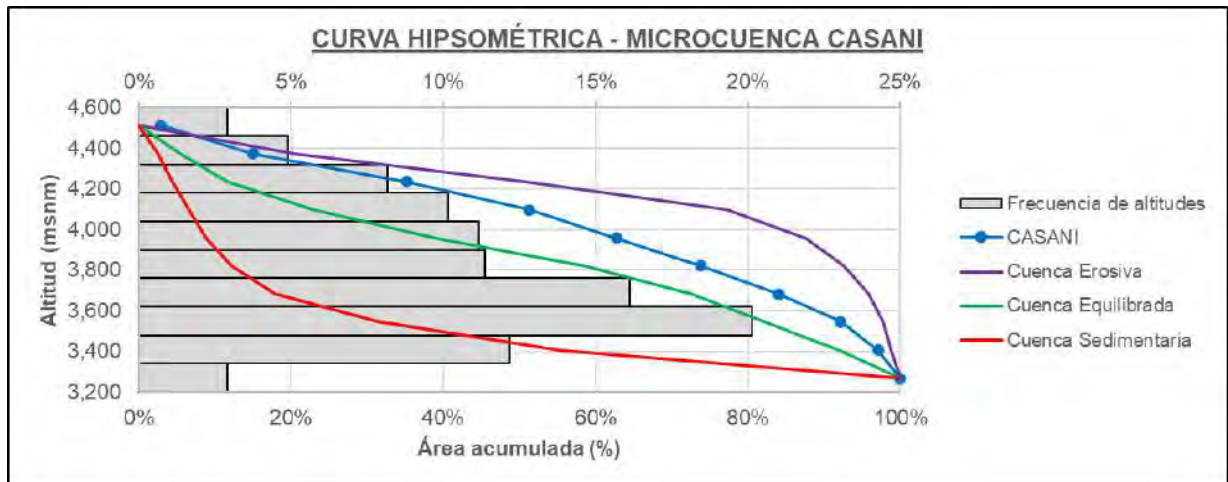
Cuadro 31: Generación de curva hipsométrica de la cuenca Casani

CURVA HIPSONÉTRICA - CASANI												
Cotas intervalo		Cota media intervalo	Área parcial (km²)	% de área	Área acumulada (km²)	% del área acumulado	Altitud media (msnm)	Curvas hipsométricas típicas				
Cota inferior	Cota superior							Altura relativa	Cuenca Erosiva	Cuenca Equilibrada	Cuenca Sedimentaria	
4,442	4,580	4,511	0.834	2.91%	0.83	2.91%	131.24	1.00	0.00%	0.00%	0.00%	
4,304	4,442	4,373	3.490	12.17%	4.32	15.08%	532.38	0.89	20.63%	5.55%	2.61%	
4,166	4,304	4,235	5.769	20.12%	10.09	35.21%	852.26	0.78	51.03%	11.76%	4.44%	
4,028	4,166	4,097	4.625	16.13%	14.72	51.34%	660.99	0.67	77.27%	22.95%	6.66%	
3,890	4,028	3,959	3.258	11.36%	17.98	62.71%	449.94	0.56	87.63%	39.03%	8.88%	
3,752	3,890	3,821	3.198	11.16%	21.17	73.86%	426.26	0.45	92.70%	58.68%	12.29%	
3,614	3,752	3,683	2.917	10.18%	24.09	84.04%	374.76	0.33	95.82%	72.59%	17.95%	
3,476	3,614	3,545	2.340	8.16%	26.43	92.20%	289.37	0.22	97.77%	82.15%	31.37%	
3,338	3,476	3,407	1.404	4.90%	27.84	97.10%	166.86	0.11	98.88%	92.03%	55.59%	
3,197	3,338	3,268	0.832	2.90%	28.67	100.00%	94.83	0.00	100.00%	100.00%	100.00%	
			28.667	100.00%				3,978.89				

Fuente: Elaboración propia



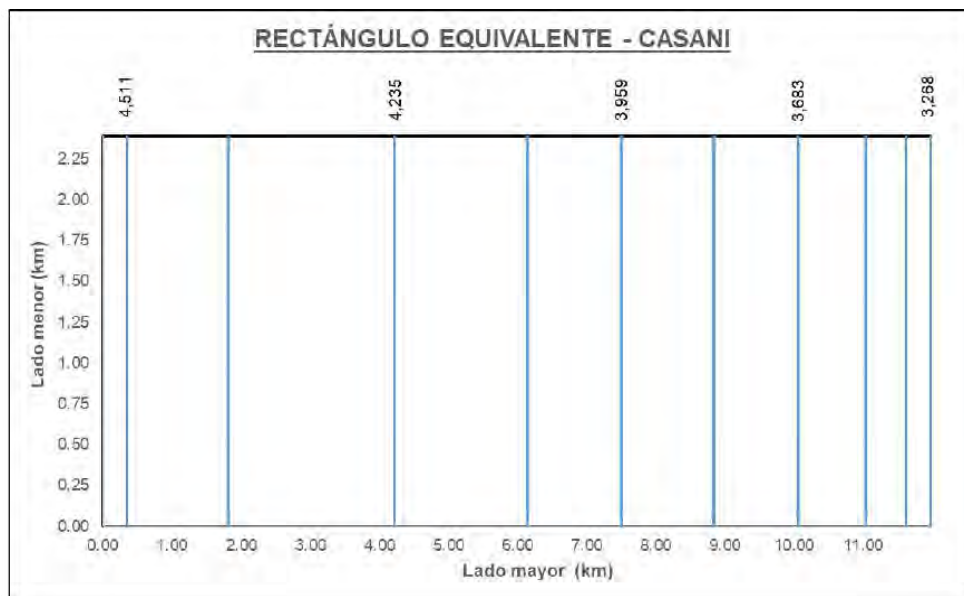
Figura 23: Curva hipsométrica de la Cuenca Casani



Fuente: Elaboración propia

De la Figura 9, la configuración de la curva hipsométrica de la Cuenca Casani, se encuentra entre la curva típica de una cuenca equilibrada y una cuenca erosiva, lo que establece el comportamiento de los fenómenos hidrodinámicos que pueden ocurrir en la cuenca en estudio, por lo que se deben tener las consideraciones del caso en el diseño de ingeniería.

Figura 24: Rectángulo equivalente de la Cuenca Casani



Fuente: Elaboración propia

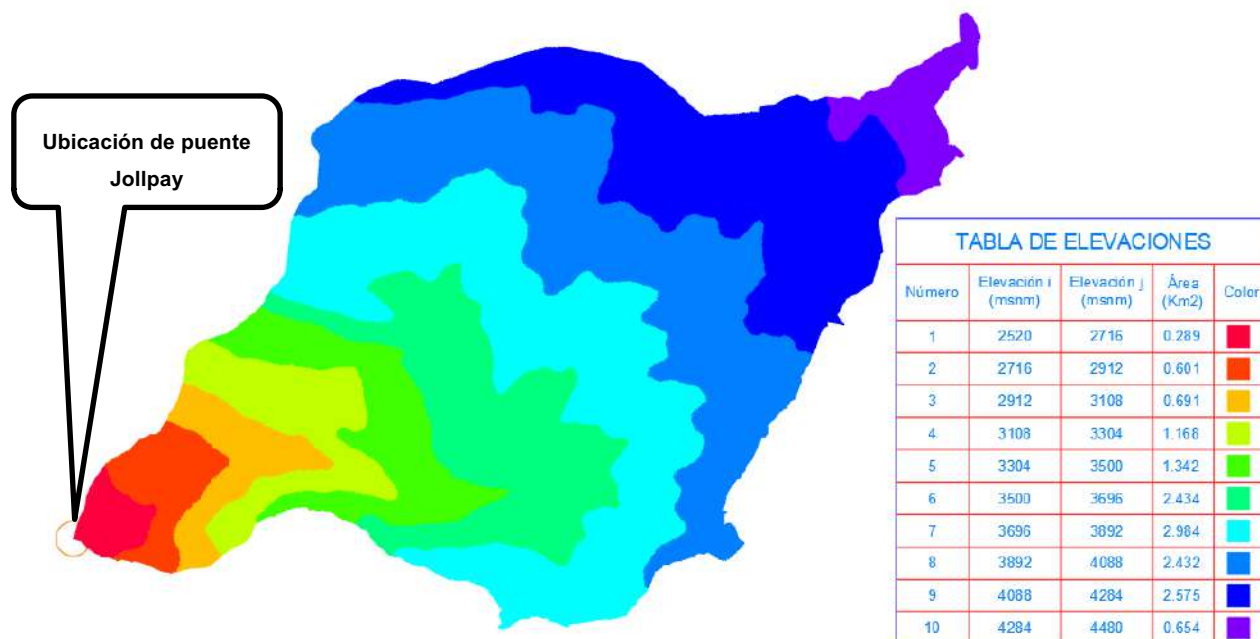


Cuadro 32: Características físicas de la cuenca Jollpay

CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA - JOLLPAY			
Ítem	Descripción	Valor	Unidad
1	Área	A=	20.189 km²
2	Perímetro	P=	23.181 km
3	Índice de compacidad	Ic=	1.45 Forma irregular
4	Longitud del cauce	Lc=	9.872 km
5	Alejamiento medio	Aj=	2.20 Drenaje sinuoso
6	Longitud de la cuenca	L=	7.883 km
7	Factor de forma	Rf=	0.32
8	Centroide de la cuenca UTM	Este	819,998.43 m
		Norte	8,462,064.87 m
9	Ancho máximo	E	2.572 km
10	Ancho medio de la cuenca	Bm	2.05 km
11	Longitud al centro de la cuenca	La	4.516 km
12	Rectángulo equivalente - Lado mayor	Lr	9.46 km
13	Rectángulo equivalente - Lado menor	lr	2.14 km
14	Cota superior	Cota j=	4,480.00 msnm
	Cota inferior	Cota i=	2,520.00 msnm
	Pendiente de la cuenca	S	19.85%

Fuente: Elaboración propia

Figura 25: Mapa de elevaciones de la cuenca Jollpay



Fuente: Elaboración propia

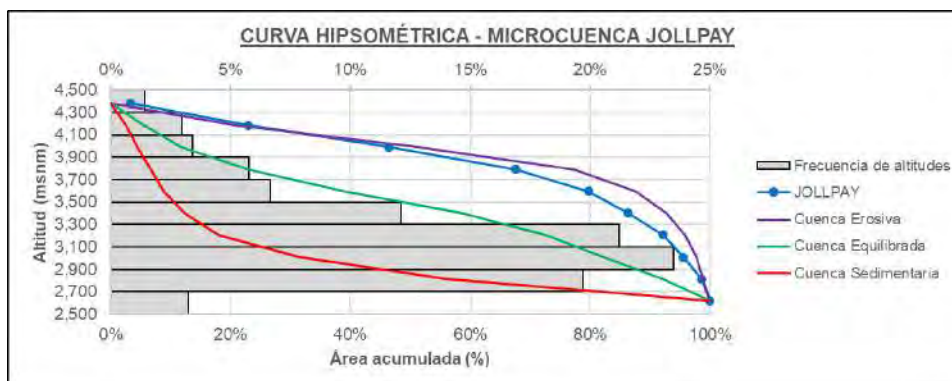


Cuadro 33: Generación de curva hipsométrica de la cuenca Jollpay

CURVA HIPSONÉTRICA - JOLLPAY											
Cotas intervalo		Cota media intervalo	Área parcial (km²)	% de área	Área acumulada (km²)	% del área acumulada	Altitud media (msnm)	Curvas hipsométricas típicas			
Cota inferior	Cota superior							Altura relativa	Cuenca Erosiva	Cuenca Equilibrada	Cuenca Sedimentaria
4,284	4,480	4,382	0.654	3.24%	0.65	3.24%	141.95	1.00	0.00%	0.00%	0.00%
4,088	4,284	4,186	3.975	19.69%	4.63	22.93%	824.18	0.89	20.67%	5.56%	2.61%
3,892	4,088	3,990	4.741	23.48%	9.37	46.41%	936.98	0.78	51.11%	11.78%	4.44%
3,696	3,892	3,794	4.284	21.22%	13.65	67.63%	805.07	0.67	77.33%	23.00%	6.67%
3,500	3,696	3,598	2.444	12.11%	16.10	79.74%	435.56	0.56	87.67%	39.11%	8.89%
3,304	3,500	3,402	1.342	6.65%	17.44	86.38%	226.14	0.44	92.72%	58.78%	12.33%
3,108	3,304	3,206	1.168	5.79%	18.61	92.17%	185.48	0.33	95.83%	72.67%	18.00%
2,912	3,108	3,010	0.691	3.42%	19.30	95.59%	103.02	0.22	97.78%	82.22%	31.56%
2,716	2,912	2,814	0.601	2.98%	19.90	98.57%	83.77	0.11	98.89%	92.11%	55.89%
2,520	2,716	2,618	0.289	1.43%	20.19	100.00%	37.48	0.00	100.00%	100.00%	100.00%
			20.189	100.00%				3,779.61			

Fuente: Elaboración propia

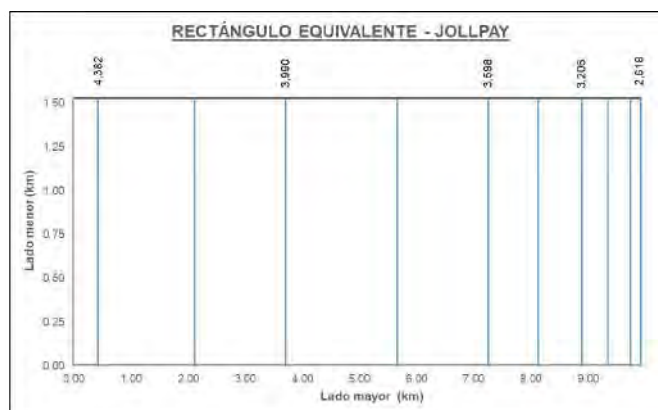
Figura 26: Curva hipsométrica de la Cuenca Jollpay



Fuente: Elaboración propia

De la Figura 10, la configuración de la curva hipsométrica de la Cuenca Jollpay, se define como una cuenca erosiva, lo que establece el comportamiento de los fenómenos hidrodinámicos que pueden ocurrir en la cuenca en estudio, por lo que se deben tener las consideraciones del caso en el diseño de ingeniería.

Figura 27: Rectángulo equivalente de la Cuenca Jollpay





Fuente: Elaboración propia

4.10.2. CAUDALES MÁXIMOS

4.10.2.1. MÉTODO RACIONAL MODIFICADO

Es el método racional según la formulación propuesta por Témez (1987, 1991) adaptada para las condiciones climáticas de España. Y permite estimar de forma sencilla caudales punta en cuencas de drenaje naturales con áreas menores de 770 km² y con tiempos de concentración (T_c) de entre 0.25 y 24 horas, la fórmula es la siguiente:

$$Q = 0.278CIAK$$

Donde:

Q: Descarga máxima de diseño (m³/s)

C: Coeficiente de escorrentía para el intervalo en el que se produce I.

I: Intensidad de precipitación máxima horaria (mm/h)

A: Área de la cuenca (Km²)

K: Coeficiente de Uniformidad

Las fórmulas que definen los factores de la fórmula general, son los siguientes:

A) Tiempo de Concentración (T_c)

$$T_c = 0.3 \left(\frac{L}{S^{0.25}} \right)^{0.76}$$

Donde:

L= Longitud del cauce mayor (km)

S= Pendiente promedio del cauce mayor (m/m)

B) Coeficiente de Uniformidad

$$K = 1 + \frac{T_c^{1.25}}{T_c^{1.25} + 14}$$

Donde:

T_c= Tiempo de concentración (horas)



C) Coeficiente de simultaneidad o Factor reductor (kA)

$$K_A = 1 - \log\left(\frac{A}{15}\right)$$

Donde:

A: Área de la cuenca (Km²)

D) Precipitación máxima corregida sobre la cuenca (P)

$$P = K_A * P_d$$

Donde:

kA: Factor reductor

Pd: Precipitación máxima diaria (mm)

E) Intensidad de Precipitación (I)

$$I = \frac{P}{24} * 11^{\frac{28^{0.1} - T_c^{0.1}}{28^{0.1} - 1}}$$

Donde:

P: Precipitación máxima corregida (mm)

Tc: Tiempo de concentración (horas)

F) Coeficiente de Escorrentía (C)

$$C = \frac{(P_d - P_o) * (P_d + 23 * P_o)}{(P_d + 11 * P_o)^2}$$

Donde:

Pd: Precipitación máxima diaria (mm)

Po: Umbral de escorrentía

CN: Número de curva

Los números de curva han sido tabulados por el Soil Conservation Service con base en el tipo de suelo y el uso de la tierra. Se definen cuatro grupos de suelos:

Grupo A: Arena profunda, suelos profundos depositados por el viento, limos agregados.

Grupo B: Suelos pocos profundos depositados por el viento, marga arenosa.



Grupo C: Margas arcillosas, margas arenosas poco profundas, suelos con bajo contenido orgánico y suelos con altos contenidos de arcilla.

Grupo D: Suelos que se expanden significativamente cuando se mojan, arcillas altamente plásticas y ciertos suelos salinos.

Los valores de CN para varios tipos de uso de la tierra en estos tipos de suelos se muestran en la **Cuadro N° 18**. Para una cuenca hecha de varios tipos de suelos y con diferentes usos de la tierra, se puede calcular un CN compuesto.

Cuadro 34: Grupo hidrológico del suelo



DESCRIPCIÓN DEL USO DE LA TIERRA	GRUPO HIDROLÓGICO DEL SUELO			
	A	B	C	D
Tierra cultivada ¹ : sin tratamientos de conservación con tratamiento de conservación	72 62	81 71	88 78	91 81
Pastizales: condiciones pobres	68	79	86	89
condiciones óptimas	39	61	74	80
Vegas de ríos: condiciones óptimas	30	58	71	78
Bosques: troncos delgados, cubierta pobre, sin hierbas, cubierta buena ²	45 25	66 55	77 70	83 77
Áreas abiertas, césped, parques, campos de golf, cementerios, etc. óptimas condiciones: cubierta de pasto en el 75% o más condiciones aceptables cubierta de pasto en el 50 al 75%	39 49	61 69	74 79	80 84
Áreas comerciales de negocios (85% impermeables)	89	92	94	95
Districtos Industriales (72% impermeables)	81	88	91	93
Residencial ³ :				
Tamaño promedio del lote Porcentaje promedio impermeable ⁴				
1/8 acre o menos 65	77	85	90	92
1/4 acre 38	61	75	83	87
1/3 acre 30	57	72	81	86
1/2 acre 25	54	70	80	85
1 acre 20	51	68	79	84
Parqueadores pavimentados, techos, accesos, etc. ⁵	98	98	98	98
Calles y carreteras:				
Pavimentados con cunetas y alcantarillados ⁵	98	98	98	98
Grava	76	85	89	91
Tierra	72	82	87	89

Para una descripción más detallada de los números de curva para usos agrícolas de la tierra, remitirse a Soil Conservation Service, 1972, Cap.9.

Una buena cubierta está protegida del pastizaje, y los desechos del retiro de la cubierta del suelo.

Los números de curva se calculan suponiendo que la escorrentía desde las casas y de los sucesos se dirige hacia la calle, con un mínimo del agua del techo dirigida hacia el césped donde puede ocurrir infiltración adicional.

Las áreas permeables restantes (césped) se consideran como pastizales en buena condición para estos números de curva.

En algunos países con climas más cálidos se puede utilizar 95 como número de curva.
(Fuente: Hidrología Aplicada (Ven te Chow))

Fuente: Tabla Nro. 07 – Manual de hidrología, hidráulica y drenaje – MTC

Cuadro 35: Caudal por método racional modificado – Antahuayco



**"ESTUDIO GEOLOGICO - GEOTECNICO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR
DE LA CARRETERA DEPARTAMENTAL CU-118 EN EL TRAMO: "PUENTE HUACAYCHACA-CCAPI-
PAMPAHUATA-DISTRITO DE CCAPI-PROVINCIA DE PARURO-DEPARTAMENTO DEL CUSCO"**



TIEMPO DE CONCENTRACIÓN Y COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD				REFERENCIA
Longitud del cauce principal	L=	5.820 km	$T_c = 0.3 \left(\frac{L}{S^{0.25}} \right)^{0.76}$ $K = 1 + \frac{T_c^{1.25}}{T_c^{1.25} + 14}$	Manual de Carreteras - Hidrología, hidráulica y drenaje - MTC - Método racional modificado - Pág. 51.
Pendiente del cauce principal	S=	24.33% ---		
Tiempo de concentración	Tc=	1.50 h		
Coeficiente de uniformidad	K=	1.11 ---		

INTENSIDAD DE PRECIPITACIÓN				REFERENCIA
Área de la cuenca	A=	7.616 km²	$I = \frac{K * T^m}{tc^n}$	Manual de Carreteras - Hidrología, hidráulica y drenaje - MTC - Método racional modificado - Pág. 51. Pd, de en función del periodo de retorno y parámetros de estadística hidrológica.
Periodo de retorno	T1=	70.00 años		
	T2=	70.00 años	$K_A = 1 - \log\left(\frac{A}{15}\right)$	
Estadística - Coeficiente K	K=	87.500 ---		
Estadística - Exponente m	m=	0.193 ---		
Estadística - Exponente n	n=	0.527 ---	$P = K_A * P_d$	
Estadística - Intensidad de precipitación	I1=	18.57 mm/h		
	I2=	18.57 mm/h		
Precipitación máxima diaria	Pd1=	27.79 mm	$I = \frac{P}{24} * 1^{\frac{2.8^{I1} - T_c^{0.1}}{2.8^{I1} - 1}}$	
	Pd2=	27.79 mm		
Factor reductor	KA=	1.29 ---		
Precipitación máxima corregida	P1=	35.97 mm		
	P2=	35.97 mm		
Intensidad de precipitación	I1=	12.85 mm/h		
	I2=	12.85 mm/h		

COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA				REFERENCIA
Grupo hidrológico del suelo - segmento	Grupo B: Suelos poco profundos depositados por el viento, marga arenosa.		Grupo C: Margas arcillosas, margas arenosas poco profundas, suelos con bajo contenido orgánico y suelos con altos contenidos de arcilla.	Grupo B: Suelos poco profundos depositados por el viento, marga arenosa.
	Tierra cultivada: sin tratamientos de conservación		Pastizales: condiciones pobres	Bosques: troncos delgados, cubierta pobre, sin hierbas
Uso de la tierra - segmento				
Número de curva - segmento	CNi=	81.00	86.00	66.00
Área (km2) - segmento	Ai=	0.237	6.464	0.915
Grupo hidrológico del suelo - segmento				
Uso de la tierra - segmento				
Número de curva - segmento	CNi=	0.00	0.00	0.00
Área (km2) - segmento	Ai=	0.000	0.000	0.000
Número de curva de la cuenca	CN=	83.44	$P_o = \frac{5000}{CN} - 50$	Datos medidos en los planos de cuencas. Manual de Carreteras - Hidrología, hidráulica y drenaje - MTC - Método racional modificado - Pág. 51.
Umbral de escorrentía	Po=	9.92		
Coeficiente de escorrentía	C1=	0.24		
	C2=	0.24 ---		

TIEMPO DE CONCENTRACIÓN Y COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD				REFERENCIA
Coeficiente de escorrentía	C1=	0.24 ---	$Q = 0.278 C I A K$	Manual de Carreteras - Hidrología, hidráulica y drenaje - MTC - Método racional modificado - Pág. 51.
	C2=	0.24 ---		
Intensidad de precipitación	I1=	12.85 mm/h		
	I2=	12.85 mm/h		
Área de la cuenca	A=	7.616 km ²		
Coeficiente de uniformidad	K=	1.11 ---		
Caudal de la cuenca	Q1=	7.39 m ³ /s		
	Q2=	7.39 m ³ /s		

Fuente: Elaboración propia



Cuadro 36: Caudal por método racional modificado – Casani

TIEMPO DE CONCENTRACIÓN Y COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD			REFERENCIA
Longitud del cauce principal	L= 9.586 km	$T_c = 0.3 \left(\frac{L}{S^{0.25}} \right)^{0.76}$ $K = 1 + \frac{T_c^{1.25}}{T_c^{1.25} + 14}$	Manual de Carreteras - Hidrología, hidráulica y drenaje - MTC - Método racional modificado - Pág. 51.
Pendiente del cauce principal	S= 14.43% ---		
Tiempo de concentración	Tc= 2.41 h		
Coeficiente de uniformidad	K= 1.18 ---		

INTENSIDAD DE PRECIPITACIÓN			REFERENCIA
Área de la cuenca	A= 28.667 km²	$I = \frac{K * T^m}{tc^n}$	Manual de Carreteras - Hidrología, hidráulica y drenaje - MTC - Método racional modificado - Pág. 51. Pd, de en función del periodo de retorno y parámetros de estadística hidrológica.
Periodo de retorno	T1= 150.00 años		
	T2= 500.00 años		
Estadística - Coeficiente K	K= 87.500 ---	$K_A = 1 - \log\left(\frac{A}{15}\right)$	
Estadística - Exponente m	m= 0.193 ---		
Estadística - Exponente n	n= 0.527 ---		
Estadística - Intensidad de precipitación	I1= 16.72 mm/h	$P = K_A * P_d$	
	I2= 21.09 mm/h		
Precipitación máxima diaria	Pd1= 40.37 mm		
	Pd2= 50.93 mm		
Factor reductor	KA= 0.72 ---		
Precipitación máxima corregida	P1= 29.01 mm		
	P2= 36.60 mm		
Intensidad de precipitación	I1= 7.60 mm/h		
	I2= 9.59 mm/h		

COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA			REFERENCIA
Grupo hidrológico del suelo - segmento	Grupo B: Suelos poco profundos depositados por el viento, marga arenosa.	Grupo C: Margas arcillosas, margas arenosas poco profundas,	Grupo B: Suelos poco profundos depositados por el viento, marga arenosa.
Uso de la tierra - segmento	Tierra cultivada: sin tratamientos de	Pastizales: condiciones pobres	Bosques: troncos delgados, cubierta pobre, sin hierbas
Número de curva - segmento	CNi= 81.00	86.00	66.00
Área (km2) - segmento	Ai= 0.194	16.393	11.920
Grupo hidrológico del suelo - segmento	Grupo C: Margas arcillosas, margas arenosas poco profundas,		
Uso de la tierra - segmento	Vegas de ríos: condiciones óptimas		
Número de curva - segmento	CNi= 71.00	0.00	0.00
Área (km2) - segmento	Ai= 0.160	0.000	0.000
Número de curva de la cuenca	CN= 77.57	$P_o = \frac{5000}{CN} - 50$	Datos medidos en los planos de cuencas. Manual de Carreteras - Hidrología, hidráulica y drenaje - MTC - Método racional modificado - Pág. 51.
Umbral de escorrentía	Po= 14.46		
Coeficiente de escorrentía	C1= 0.24		
	C2= 0.32 ---		

TIEMPO DE CONCENTRACIÓN Y COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD			REFERENCIA
Coeficiente de escorrentía	C1= 0.24 ---	$Q = 0.278 C I A K$	Manual de Carreteras - Hidrología, hidráulica y drenaje - MTC - Método racional modificado - Pág. 51.
	C2= 0.32 ---		
Intensidad de precipitación	I1= 7.60 mm/h		
	I2= 9.59 mm/h		
Área de la cuenca	A= 28.667 km ²		
Coeficiente de uniformidad	K= 1.18 ---		
Caudal de la cuenca	Q1= 17.45 m ³ /s		
	Q2= 28.74 m ³ /s		

Fuente: Elaboración propia



Cuadro 37: Caudal por método racional modificado – Jollpay

TIEMPO DE CONCENTRACIÓN Y COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD			REFERENCIA
Longitud del cauce principal	L= 9.872 km	$T_c = 0.3 \left(\frac{L}{S^{0.25}} \right)^{0.76}$	Manual de Carreteras - Hidrología, hidráulica y drenaje - MTC - Método racional modificado - Pág. 51.
Pendiente del cauce principal	S= 19.85% ---		
Tiempo de concentración	Tc= 2.32 h		
Coeficiente de uniformidad	K= 1.17 ---	$K = 1 + \frac{T_c^{1.25}}{T_c^{1.25} + 14}$	

INTENSIDAD DE PRECIPITACIÓN			REFERENCIA
Área de la cuenca	A= 20.189 km²	$I = \frac{K * T^m}{tc^n}$	Manual de Carreteras - Hidrología, hidráulica y drenaje - MTC - Método racional modificado - Pág. 51. Pd, de en función del periodo de retorno y parámetros de estadística hidrológica.
Periodo de retorno	T1= 150.00 años		
	T2= 500.00 años		
Estadística - Coeficiente K	K= 87.500 ---	$K_A = 1 - \log\left(\frac{A}{15}\right)$	
Estadística - Exponente m	m= 0.193 ---		
Estadística - Exponente n	n= 0.527 ---		
Estadística - Intensidad de precipitación	I1= 17.06 mm/h	$P=K_A * P_d$	
	I2= 21.52 mm/h		
Precipitación máxima diaria	Pd1= 39.64 mm		
	Pd2= 50.01 mm		
Factor reductor	KA= 0.87 ---	$I = \frac{P}{24} * 11^{\frac{28^{I1} - T^{I1}}{28^{I1} - 1}}$	
Precipitación máxima corregida	P1= 34.53 mm		
	P2= 43.56 mm		
Intensidad de precipitación	I1= 9.28 mm/h		
	I2= 11.71 mm/h		

COEFICIENTE DE ESCORRÉNTÍA				REFERENCIA
Grupo hidrológico del suelo - segmento	Grupo B: Suelos poco profundos depositados por el viento, marga arenosa.		Grupo C: Margas arcillosas, margas arenosas poco profundas, suelos con bajo contenido orgánico y suelos con altos contenidos de arcilla.	Grupo B: Suelos poco profundos depositados por el viento, marga arenosa.
	Tierra cultivada: sin tratamientos de		Pastizales: condiciones pobres	Bosques: troncos delgados, cubierta pobre, sin hierbas
Número de curva - segmento	CNi=	81.00	86.00	66.00
Área (km2) - segmento	Ai=	3.708	12.911	3.193
Grupo hidrológico del suelo - segmento				
Uso de la tierra - segmento				
Número de curva - segmento	CNi=	0.00	0.00	0.00
Área (km2) - segmento	Ai=	0.000	0.000	0.000
Número de curva de la cuenca	CN=	80.31	$P_o = \frac{5000}{CN} - 50$	Datos medidos en los planos de cuencas. Manual de Carreteras - Hidrología, hidráulica y drenaje - MTC - Método racional modificado - Pág. 51.
Umbral de escorrentía	Po=	12.26		
Coeficiente de escorrentía	C1=	0.29		
	C2=	0.37 ---		

TIEMPO DE CONCENTRACIÓN Y COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD			REFERENCIA
Coeficiente de escorrentía	C1= 0.29 ---	$Q = 0.278 C I A K$	Manual de Carreteras - Hidrología, hidráulica y drenaje - MTC - Método racional modificado - Pág. 51.
	C2= 0.37 ---		
Intensidad de precipitación	I1= 9.28 mm/h		
	I2= 11.71 mm/h		
Área de la cuenca	A= 20.189 km ²		
Coeficiente de uniformidad	K= 1.17 ---		
Caudal de la cuenca	Q1= 17.76 m ³ /s		
	Q2= 28.41 m ³ /s		

Fuente: Elaboración propia



4.11. DISEÑO HIDRÁULICO DE ESTRUCTURAS

El drenaje de la carretera tiene como objetivo evacuar adecuadamente el agua superficial que intercepta su infraestructura, la cual discurre por cauces naturales o artificiales, en forma permanente o transitoria, a fin de garantizar su estabilidad y permanencia.

El objetivo principal en el diseño hidráulico de una obra de drenaje es determinar la sección hidráulica más adecuada que permita el paso libre del flujo libre y sólido que eventualmente transportan los cursos naturales y conducirlos adecuadamente, sin causar daño a la carretera y a la propiedad adyacente.

4.11.1. PARÁMETROS DEL DISEÑO HIDRÁULICO

4.11.1.1. Características Topográficas

El planteamiento geométrico del trazo de la vía, tanto en planta como en perfil, determinan principalmente la ubicación, la longitud y la pendiente de las obras de drenaje; la ubicación y la longitud está íntimamente ligada con el estudio de las microcuencas hidrográficas; y el perfil longitudinal establece el valor de las pendientes, el cual se adjunta en el **Anexo 4 – perfil longitudinal del eje de la vía**.

4.11.1.2. Estudio de Microcuencas Hidrográficas

Se refiere a la identificación de las cuencas hidrográficas que interceptan el alineamiento de la carretera, con el objetivo de establecer los caudales de diseño y efectos de las crecidas; los cuales están referenciados con las progresivas del trazo de la vía, y se adjunta en el **Anexo 5 – Microcuencas hidrográficas** y en la lámina del plano Microcuencas hidrográficas.

4.11.1.3. Relación de Manning

El cálculo hidráulico considerado para establecer las dimensiones mínimas de la sección para las obras de drenaje a proyectar, es lo establecido por la relación de Robert Manning para canales abiertos y tuberías, la cual permite obtener la velocidad del flujo y caudal para una condición de régimen uniforme mediante la siguiente relación:

$$V = \frac{R^{2/3} S^{1/2}}{n}$$



$$R = A/P$$

$$Q = VA$$

Donde:

Q: Caudal (m³/s)

V: Velocidad media de flujo (m/s)

A: Área de la sección hidráulica (m²)

P: Perímetro mojado (m)

R: Radio hidráulico (m)

S: Pendiente de fondo (m/m)

n: Coeficiente de Manning.

4.11.1.4. VALIDACIÓN DEL DISEÑO HIDRÁULICO

El diseño hidráulico se valida bajo las siguientes condiciones:

- ❖ La velocidad media del flujo no será mayor a la velocidad que pueda generar erosión del material que constituye la obra de drenaje.
- ❖ La velocidad media del flujo no será menor a la velocidad que pueda generar sedimentación de partículas en los conductos de las obras de drenaje.
- ❖ El caudal hidrológico de diseño, en ningún caso debe exceder la capacidad hidráulica de la obra de drenaje.

4.11.2. MEMORIA DE CÁLCULO

Con el objeto de dimensionar las obras de drenaje, se procede con el cálculo hidráulico considerando los parámetros del diseño hidráulico y proponiendo las obras de drenaje típicas con menor sección que puedan satisfacer las demandas de los caudales hidrológicos de diseño.

4.11.2.1. Cunetas y Canales Típicos

En el presente estudio, se proponen 5 cunetas típicas que se definen a continuación.

Cuadro 38: Cunetas típicas



ETIQUETA	GEOMETRÍA			PROPIEDADES	
	zi	zd	ALTURA	MATERIAL	SUPERFICIE
Cuneta tipo 1	0.60	0.15	0.30	Desde grava a piedras	Excavado - Tierra, sinuoso - Fondo pedregoso
Cuneta tipo 2	0.80	0.20	0.40	Desde grava a piedras	Excavado - Tierra, sinuoso - Fondo pedregoso
Cuneta tipo 3	1.00	0.25	0.50	Desde grava a piedras	Excavado - Tierra, sinuoso - Fondo pedregoso
Cuneta tipo 4	1.20	0.30	0.60	Desde grava a piedras	Excavado - Tierra, sinuoso - Fondo pedregoso
Cuneta tipo 5	1.20	0.30	0.60	Concreto	Canal revestido en concreto sin alisar

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 39: Canales típicos

ETIQUETA	GEOMETRÍA			PROPIEDADES	
	ANCHO	ALTURA	PENDIENTE	MATERIAL	SUPERFICIE
Canal 1	0.60	0.60	2%	Concreto	Canales revestidos - No metálico - Concreto
Canal 2	0.75	0.75	2%	Concreto	Canales revestidos - No metálico - Concreto
Canal 3	1.00	1.00	2%	Concreto	Canales revestidos - No metálico - Concreto
Canal 4	1.00	1.20	2%	Concreto	Canales revestidos - No metálico - Concreto

Fuente: Elaboración propia

4.11.2.2. Alcantarillas Típicas

En el presente estudio, se proponen 5 cunetas típicas que se definen a continuación

Cuadro 40: Cunetas típicas

ETIQUETA	GEOMETRÍA			PROPIEDADES	
	zi	zd	ALTURA	MATERIAL	SUPERFICIE
Cuneta tipo 1	0.60	0.15	0.30	Desde grava a piedras	Excavado - Tierra, sinuoso - Fondo pedregoso
Cuneta tipo 2	0.80	0.20	0.40	Desde grava a piedras	Excavado - Tierra, sinuoso - Fondo pedregoso
Cuneta tipo 3	1.00	0.25	0.50	Desde grava a piedras	Excavado - Tierra, sinuoso - Fondo pedregoso
Cuneta tipo 4	1.20	0.30	0.60	Desde grava a piedras	Excavado - Tierra, sinuoso - Fondo pedregoso
Cuneta tipo 5	1.20	0.30	0.60	Concreto	Canal revestido en concreto sin alisar

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 41: Canales típicos

ETIQUETA	GEOMETRÍA			PROPIEDADES	
	ANCHO	ALTURA	PENDIENTE	MATERIAL	SUPERFICIE
Canal 1	0.60	0.60	2%	Concreto	Canales revestidos - No metálico - Concreto
Canal 2	0.75	0.75	2%	Concreto	Canales revestidos - No metálico - Concreto
Canal 3	1.00	1.00	2%	Concreto	Canales revestidos - No metálico - Concreto
Canal 4	1.00	1.20	2%	Concreto	Canales revestidos - No metálico - Concreto

Fuente: Elaboración propia

4.11.2.3. Alcantarillas Típicas

En el presente estudio, se proponen 5 alcantarillas típicas que se definen a continuación

Cuadro 42: Alcantarillas circulares típicas



ETIQUETA	GEOMETRÍA		PROPIEDADES	
	ANCHO	PENDIENTE	MATERIAL	SUPERFICIE
TMC 24"	0.60	2%	Tubería metálica	Conducto cerrado
TMC 36"	0.90	2%	Tubería metálica	Conducto cerrado
TMC 48"	1.20	2%	Tubería metálica	Conducto cerrado
TMC 60"	1.50	2%	Tubería metálica	Conducto cerrado
TMC 72"	1.80	2%	Tubería metálica	Conducto cerrado

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 43: Alcantarillas rectangulares típicas

ETIQUETA	GEOMETRÍA			PROPIEDADES	
	ANCHO	ALTURA	PENDIENTE	MATERIAL	SUPERFICIE
Alcantarilla tipo 1	1.50	1.50	2%	Concreto	Canales revestidos
Alcantarilla tipo 2	2.00	2.00	2%	Concreto	Canales revestidos
Alcantarilla tipo 3	3.00	3.00	2%	Concreto	Canales revestidos

Fuente: Elaboración propia

4.11.2.4. Badenes Típicos

En el presente estudio, se proponen 4 badenes típicos que se definen a continuación

Cuadro 44: Badenes típicos

ETIQUETA	GEOMETRÍA					PROPIEDADES	
	Rmayor	Rmenor	Espejo	Slong	theta	MATERIAL	SUPERFICIE
Badén tipo 1	9.00	1.50	4.50	12.70%	0.505	Concreto	Canales revestidos
Badén tipo 2	15.00	2.50	7.50	12.70%	0.505	Concreto	Canales revestidos
Badén tipo 3	21.00	3.50	10.50	12.70%	0.505	Concreto	Canales revestidos
Badén tipo 4	30.00	5.00	15.00	12.70%	0.505	Concreto	Canales revestidos

Fuente: Elaboración propia

4.11.2.5. CÁLCULO HIDRÁULICO DE OBRAS DE ARTE

En el **Anexo 6 – Cálculo hidráulico de obras de arte** se muestra el cálculo detallado de todas las obras de drenaje proyectadas en el presente proyecto

4.12. OBRAS DE DRENAJE PROYECTADAS

4.12.1. CUNETAS Y CANALES

Cuadro 45: Cunetas proyectadas (1/8)



**"ESTUDIO GEOLOGICO - GEOTECNICO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR
DE LA CARRETERA DEPARTAMENTAL CU-118 EN EL TRAMO: "PUENTE HUACAYCHACA-CCAPI-
PAMPAHUATA-DISTRITO DE CCAPI-PROVINCIA DE PARURO-DEPARTAMENTO DEL CUSCO"**



Progresiva i	Progresiva j	Tipo de obra	Obra específica	Progresiva i	Progresiva j	Tipo de obra	Obra específica
0+000.00	0+126.00	Cuneta	Cuneta tipo 3	6+172.00	6+338.00	Cuneta	Cuneta tipo 2
0+126.60	0+317.50	Cuneta	Cuneta tipo 2	6+340.00	6+545.00	Cuneta	Cuneta tipo 2
0+319.00	0+430.00	Cuneta	Cuneta tipo 1	6+548.00	6+773.00	Cuneta	Cuneta tipo 3
0+435.00	0+570.00	Cuneta	Cuneta tipo 1	6+775.00	7+058.00	Cuneta	Cuneta tipo 3
0+575.00	0+685.00	Cuneta	Cuneta tipo 1	7+060.00	7+293.00	Cuneta	Cuneta tipo 3
0+690.00	0+775.00	Cuneta	Cuneta tipo 1	7+295.00	7+413.00	Cuneta	Cuneta tipo 2
0+780.00	1+008.00	Cuneta	Cuneta tipo 3	7+415.00	7+620.00	Cuneta	Cuneta tipo 2
1+009.00	1+143.00	Cuneta	Cuneta tipo 2	7+622.00	7+754.00	Cuneta	Cuneta tipo 5
1+145.00	1+375.00	Cuneta	Cuneta tipo 2	7+755.00	8+035.00	Cuneta	Cuneta tipo 4
1+380.00	1+628.00	Cuneta	Cuneta tipo 4	8+038.00	8+284.00	Cuneta	Cuneta tipo 3
1+630.00	1+771.00	Cuneta	Cuneta tipo 2	8+287.00	8+325.00	Cuneta	Cuneta tipo 1
1+771.00	2+020.00	Cuneta	Cuneta tipo 3	8+326.00	8+479.00	Cuneta	Cuneta tipo 2
2+022.00	2+235.00	Cuneta	Cuneta tipo 2	8+480.00	8+594.00	Cuneta	Cuneta tipo 1
2+240.00	2+368.00	Cuneta	Cuneta tipo 1	8+595.00	8+669.00	Cuneta	Cuneta tipo 1
2+370.00	2+580.00	Cuneta	Cuneta tipo 2	8+670.00	8+746.00	Cuneta	Cuneta tipo 1
2+582.00	2+712.00	Cuneta	Cuneta tipo 2	8+747.00	9+025.00	Cuneta	Cuneta tipo 2
2+715.00	2+853.00	Cuneta	Cuneta tipo 2	9+027.00	9+264.00	Cuneta	Cuneta tipo 2
2+855.00	2+962.00	Cuneta	Cuneta tipo 1	9+265.00	9+441.00	Cuneta	Cuneta tipo 2
2+965.00	3+182.00	Cuneta	Cuneta tipo 2	9+442.00	9+594.00	Cuneta	Cuneta tipo 2
3+185.00	3+362.00	Cuneta	Cuneta tipo 2	9+595.00	9+885.00	Cuneta	Cuneta tipo 2
3+365.00	3+482.00	Cuneta	Cuneta tipo 1	9+888.00	10+083.00	Cuneta	Cuneta tipo 4
3+485.00	3+653.00	Cuneta	Cuneta tipo 2	10+084.00	10+315.00	Cuneta	Cuneta tipo 4
3+655.00	3+792.00	Cuneta	Cuneta tipo 2	10+318.00	10+393.01	Cuneta	Cuneta tipo 4
3+794.00	3+943.00	Cuneta	Cuneta tipo 4	10+395.00	10+459.00	Cuneta	Cuneta tipo 4
3+945.00	4+148.00	Cuneta	Cuneta tipo 4	10+460.00	10+602.00	Cuneta	Cuneta tipo 3
4+150.00	4+408.00	Cuneta	Cuneta tipo 3	10+603.00	10+704.00	Cuneta	Cuneta tipo 3
4+410.00	4+528.00	Cuneta	Cuneta tipo 2	10+705.00	10+924.00	Cuneta	Cuneta tipo 4
4+530.00	4+656.00	Cuneta	Cuneta tipo 3	10+926.00	11+052.00	Cuneta	Cuneta tipo 5
4+658.00	4+916.00	Cuneta	Cuneta tipo 3	11+052.35	11+284.00	Cuneta	Cuneta tipo 4
4+918.00	5+120.00	Cuneta	Cuneta tipo 3	11+285.00	11+459.00	Cuneta	Cuneta tipo 3
5+121.60	5+174.00	Cuneta	Cuneta tipo 1	11+460.00	11+511.00	Cuneta	Cuneta tipo 3
5+175.00	5+295.00	Cuneta	Cuneta tipo 1	11+514.00	11+695.00	Cuneta	Cuneta tipo 4
5+298.00	5+383.00	Cuneta	Cuneta tipo 1	11+696.00	11+880.00	Cuneta	Cuneta tipo 4
5+385.00	5+498.00	Cuneta	Cuneta tipo 1	11+880.00	12+070.00	Cuneta	Cuneta tipo 5
5+500.00	5+600.00	Cuneta	Cuneta tipo 2	12+072.00	12+175.00	Cuneta	Cuneta tipo 1
5+602.00	5+680.00	Cuneta	Cuneta tipo 1	12+176.00	12+250.00	Cuneta	Cuneta tipo 1
5+682.00	5+964.00	Cuneta	Cuneta tipo 2	12+252.00	12+510.00	Cuneta	Cuneta tipo 4
5+966.00	6+170.00	Cuneta	Cuneta tipo 2	12+512.00	12+685.00	Cuneta	Cuneta tipo 2

Progresiva i	Progresiva j	Tipo de obra	Obra específica	Progresiva i	Progresiva j	Tipo de obra	Obra específica
12+685.00	12+910.00	Cuneta	Cuneta tipo 3	18+260.00	18+352.00	Cuneta	Cuneta tipo 2
12+912.00	13+112.00	Cuneta	Cuneta tipo 3	18+352.00	18+409.00	Cuneta	Cuneta tipo 2
13+115.00	13+185.00	Cuneta	Cuneta tipo 2	18+409.00	18+658.00	Cuneta	Cuneta tipo 4
13+188.00	13+320.00	Cuneta	Cuneta tipo 1	18+660.00	18+908.00	Cuneta	Cuneta tipo 2
13+322.00	13+425.00	Cuneta	Cuneta tipo 1	18+909.00	19+008.00	Cuneta	Cuneta tipo 1
13+426.00	13+530.00	Cuneta	Cuneta tipo 3	19+009.00	19+200.00	Cuneta	Cuneta tipo 3
13+531.00	13+724.90	Canal Rectangular	Canal 1	19+200.00	19+450.00	Cuneta	Cuneta tipo 3
13+705.00	13+918.00	Cuneta	Cuneta tipo 4	19+450.00	19+558.00	Cuneta	Cuneta tipo 3
13+920.00	14+038.00	Cuneta	Cuneta tipo 3	19+560.00	19+818.00	Cuneta	Cuneta tipo 4
14+041.00	14+281.13	Cuneta	Cuneta tipo 4	19+820.00	20+078.00	Cuneta	Cuneta tipo 3
14+281.13	14+509.00	Cuneta	Cuneta tipo 4	20+080.00	20+330.00	Cuneta	Cuneta tipo 2
14+512.00	14+660.00	Cuneta	Cuneta tipo 3	20+330.00	20+518.00	Cuneta	Cuneta tipo 3
14+662.00	14+814.65	Cuneta	Cuneta tipo 2	20+520.00	20+700.00	Cuneta	Cuneta tipo 3
14+814.65	14+913.00	Cuneta	Cuneta tipo 4	20+700.00	20+820.00	Cuneta	Cuneta tipo 3
14+915.00	14+950.00	Cuneta	Cuneta tipo 2	20+820.00	20+970.00	Cuneta	Cuneta tipo 4
14+952.00	14+979.90	Cuneta	Cuneta tipo 2	20+970.00	21+210.00	Cuneta	Cuneta tipo 5
14+979.94	15+071.00	Cuneta	Cuneta tipo 4	21+210.00	21+397.00	Cuneta	Cuneta tipo 3
15+073.00	15+219.70	Cuneta	Cuneta tipo 3	21+400.00	21+460.00	Cuneta	Cuneta tipo 2
15+219.78	15+399.00	Cuneta	Cuneta tipo 3	21+460.00	21+710.00	Cuneta	Cuneta tipo 5
15+400.00	15+586.00	Cuneta	Cuneta tipo 4	21+710.00	21+960.00	Cuneta	Cuneta tipo 5
15+587.00	15+779.00	Cuneta	Cuneta tipo 3	21+960.00	22+210.00	Cuneta	Cuneta tipo 5
15+780.00	15+929.00	Cuneta	Cuneta tipo 3	22+210.00	22+400.00	Cuneta	Cuneta tipo 4
15+930.00	16+206.00	Cuneta	Cuneta tipo 4	22+402.00	22+460.00	Cuneta	Cuneta tipo 1
16+207.00	16+309.00	Cuneta	Cuneta tipo 4	22+460.00	22+640.00	Cuneta	Cuneta tipo 4
16+310.00	16+559.00	Cuneta	Cuneta tipo 3	22+640.00	22+750.00	Cuneta	Cuneta tipo 4
16+560.00	16+770.00	Cuneta	Cuneta tipo 4	22+750.00	22+868.00	Cuneta	Cuneta tipo 1
16+780.00	16+832.00	Cuneta	Cuneta tipo 2	22+868.00	23+068.00	Cuneta	Cuneta tipo 4
16+834.00	17+040.00	Cuneta	Cuneta tipo 3	23+070.00	23+144.65	Cuneta	Cuneta tipo 3
17+042.00	17+140.00	Cuneta	Cuneta tipo 2	23+144.65	23+199.00	Cuneta	Cuneta tipo 2
17+142.00	17+176.04	Cuneta	Cuneta tipo 1	23+208.00	23+401.00	Cuneta	Cuneta tipo 5
17+180.00	17+448.00	Cuneta	Cuneta tipo 4	23+403.00	23+600.00	Cuneta	Cuneta tipo 5
17+450.00	17+529.02	Cuneta	Cuneta tipo 4	23+600.00	23+739.00	Cuneta	Cuneta tipo 1
17+529.02	17+597.00	Cuneta	Cuneta tipo 5	23+740.00	23+940.00	Cuneta	Cuneta tipo 4
17+598.00	17+663.64	Cuneta	Cuneta tipo 4	23+940.00	24+188.00	Cuneta	Cuneta tipo 4
17+663.64	17+880.00	Cuneta	Cuneta tipo 5	24+190.00	24+359.50	Cuneta	Cuneta tipo 4
17+880.00	17+985.00	Cuneta	Cuneta tipo 4	24+359.60	24+619.00	Cuneta	Cuneta tipo 4
17+988.00	18+085.00	Cuneta	Cuneta tipo 4	24+620.00	24+732.00	Cuneta	Cuneta tipo 4
18+085.00	18+260.00	Cuneta	Cuneta tipo 2	24+736.00	24+840.10	Cuneta	Cuneta tipo 4



**"ESTUDIO GEOLOGICO - GEOTECNICO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR
DE LA CARRETERA DEPARTAMENTAL CU-118 EN EL TRAMO: "PUENTE HUACAYCHACA-CCAPI-
PAMPAHUATA-DISTRITO DE CCAPI-PROVINCIA DE PARURO-DEPARTAMENTO DEL CUSCO"**



Progresiva i	Progresiva j	Tipo de obra	Obra específica	Progresiva i	Progresiva j	Tipo de obra	Obra específica
24+844.00	25+068.00	Cuneta	Cuneta tipo 5	30+896.00	31+080.89	Cuneta	Cuneta tipo 4
25+070.00	25+178.20	Cuneta	Cuneta tipo 4	31+080.89	31+164.00	Cuneta	Cuneta tipo 3
25+178.25	25+225.00	Cuneta	Cuneta tipo 1	31+172.00	31+330.00	Cuneta	Cuneta tipo 3
25+228.00	25+366.00	Cuneta	Cuneta tipo 2	31+332.00	31+515.00	Cuneta	Cuneta tipo 3
25+366.08	25+498.00	Cuneta	Cuneta tipo 2	31+515.46	31+688.00	Cuneta	Cuneta tipo 4
25+500.00	25+610.00	Cuneta	Cuneta tipo 2	31+685.00	32+000.00	Cuneta	Cuneta tipo 4
25+610.04	25+712.00	Cuneta	Cuneta tipo 3	32+000.00	32+334.00	Cuneta	Cuneta tipo 4
25+714.00	25+830.70	Cuneta	Cuneta tipo 3	32+338.00	32+610.00	Cuneta	Cuneta tipo 4
25+830.77	26+009.00	Cuneta	Cuneta tipo 3	32+612.00	32+808.00	Cuneta	Cuneta tipo 4
26+010.00	26+198.00	Cuneta	Cuneta tipo 3	32+810.00	33+008.00	Cuneta	Cuneta tipo 4
26+200.00	26+418.00	Cuneta	Cuneta tipo 4	33+010.00	33+239.50	Cuneta	Cuneta tipo 4
26+420.00	26+688.00	Cuneta	Cuneta tipo 4	33+240.00	33+389.00	Cuneta	Cuneta tipo 5
26+689.00	26+702.00	Cuneta	Cuneta tipo 2	33+390.00	33+621.00	Cuneta	Cuneta tipo 3
26+708.00	26+825.80	Cuneta	Cuneta tipo 4	33+621.00	33+802.00	Cuneta	Cuneta tipo 5
26+825.85	27+090.00	Cuneta	Cuneta tipo 2	33+803.00	34+072.00	Cuneta	Cuneta tipo 4
27+098.00	27+251.90	Cuneta	Cuneta tipo 4	34+076.00	34+330.00	Cuneta	Cuneta tipo 3
27+251.93	27+408.00	Cuneta	Cuneta tipo 5	34+330.00	34+445.00	Cuneta	Cuneta tipo 2
27+411.00	27+675.20	Cuneta	Cuneta tipo 4	34+450.00	34+562.00	Cuneta	Cuneta tipo 1
27+675.24	27+795.00	Cuneta	Cuneta tipo 3	34+562.00	34+830.00	Cuneta	Cuneta tipo 4
27+800.00	27+935.00	Cuneta	Cuneta tipo 3	34+830.00	34+960.00	Cuneta	Cuneta tipo 4
27+936.00	28+085.00	Cuneta	Cuneta tipo 4	34+960.00	35+117.00	Cuneta	Cuneta tipo 4
28+086.00	28+273.00	Cuneta	Cuneta tipo 3	35+118.00	35+373.00	Cuneta	Cuneta tipo 4
28+275.00	28+437.00	Cuneta	Cuneta tipo 3	35+373.00	35+644.00	Cuneta	Cuneta tipo 5
28+460.00	28+727.00	Cuneta	Cuneta tipo 4	35+644.00	35+905.00	Cuneta	Cuneta tipo 4
28+730.00	28+860.00	Canal Rectangular	Canal 1	35+907.00	35+940.67	Cuneta	Cuneta tipo 2
28+730.00	29+085.00	Canal Rectangular	Canal 1	35+940.67	36+151.00	Cuneta	Cuneta tipo 4
29+087.00	29+130.00	Canal Rectangular	Canal 1	36+153.00	36+416.00	Cuneta	Cuneta tipo 4
29+130.00	29+239.00	Canal Rectangular	Canal 1	36+418.00	36+672.00	Cuneta	Cuneta tipo 5
29+240.00	29+555.00	Cuneta	Cuneta tipo 3	36+645.00	36+928.00	Cuneta	Cuneta tipo 5
29+555.00	29+790.00	Cuneta	Cuneta tipo 4	36+928.00	37+095.00	Cuneta	Cuneta tipo 4
29+807.00	29+836.51	Cuneta	Cuneta tipo 2	37+095.00	37+185.00	Cuneta	Cuneta tipo 2
29+836.51	30+070.00	Cuneta	Cuneta tipo 4	37+187.00	37+272.00	Cuneta	Cuneta tipo 1
30+070.00	30+250.00	Cuneta	Cuneta tipo 4	37+272.00	37+340.00	Cuneta	Cuneta tipo 1
30+252.00	30+327.00	Cuneta	Cuneta tipo 3	37+345.00	37+403.00	Cuneta	Cuneta tipo 1
30+328.00	30+620.00	Cuneta	Cuneta tipo 4	37+405.00	37+700.00	Cuneta	Cuneta tipo 5
30+623.00	30+768.00	Cuneta	Cuneta tipo 3	37+700.00	38+005.00	Cuneta	Cuneta tipo 5
30+769.00	30+839.00	Cuneta	Cuneta tipo 3	38+005.00	38+222.00	Cuneta	Cuneta tipo 2
30+840.00	30+885.00	Cuneta	Cuneta tipo 3	38+225.00	38+420.10	Cuneta	Cuneta tipo 4

Progresiva i	Progresiva j	Tipo de obra	Obra específica
38+420.16	38+490.00	Cuneta	Cuneta tipo 2
38+493.00	38+679.86	Cuneta	Cuneta tipo 4
38+680.00	38+720.00	Cuneta	Cuneta tipo 3
38+724.00	38+810.35	Cuneta	Cuneta tipo 3
38+810.00	38+921.00	Cuneta	Cuneta tipo 4
38+923.00	39+176.00	Cuneta	Cuneta tipo 4
39+178.00	39+390.00	Cuneta	Cuneta tipo 4
39+392.00	39+520.00	Cuneta	Cuneta tipo 4
39+520.05	39+595.00	Cuneta	Cuneta tipo 4
39+599.00	39+870.00	Cuneta	Cuneta tipo 4
39+872.00	40+155.00	Cuneta	Cuneta tipo 4
40+160.00	40+360.90	Cuneta	Cuneta tipo 4
40+361.00	40+445.00	Cuneta	Cuneta tipo 4
40+448.00	40+670.00	Cuneta	Cuneta tipo 3
40+670.00	40+890.00	Cuneta	Cuneta tipo 4
40+892.00	41+090.00	Cuneta	Cuneta tipo 4
41+092.00	41+300.00	Cuneta	Cuneta tipo 4
41+302.00	41+505.00	Cuneta	Cuneta tipo 4
41+508.00	41+714.00	Cuneta	Cuneta tipo 2
41+715.00	41+964.00	Cuneta	Cuneta tipo 3
41+965.00	42+135.00	Cuneta	Cuneta tipo 4
42+138.00	42+294.00	Cuneta	Cuneta tipo 2
42+294.00	42+444.00	Cuneta	Cuneta tipo 2
42+444.00	42+664.00	Cuneta	Cuneta tipo 3
42+668.00	42+914.00	Cuneta	Cuneta tipo 2
42+916.00	43+013.00	Cuneta	Cuneta tipo 4
43+015.00	43+126.00	Cuneta	Cuneta tipo 2
43+128.00	43+260.00	Cuneta	Cuneta tipo 2
43+262.00	43+455.00	Cuneta	Cuneta tipo 3
43+458.00	43+690.00	Cuneta	Cuneta tipo 2
43+692.00	43+773.00	Cuneta	Cuneta tipo 2
43+775.00	43+974.00	Cuneta	Cuneta tipo 4
43+976.00	44+175.00	Cuneta	Cuneta tipo 2
44+178.00	44+333.00	Cuneta	Cuneta tipo 2
44+333.00	44+556.00	Cuneta	Cuneta tipo 3
44+558.00	44+729.00	Cuneta	Cuneta tipo 3
44+729.00	44+980.00	Cuneta	Cuneta tipo 4
44+985.00	45+190.00	Cuneta	Cuneta tipo 2

Progresiva i	Progresiva j	Tipo de obra	Obra específica
45+192.00	45+472.00	Cuneta	Cuneta tipo 4
45+495.00	45+740.00	Cuneta	Cuneta tipo 3
45+742.00	45+860.00	Cuneta	Cuneta tipo 4
45+860.33	45+901.00	Cuneta	Cuneta tipo 4

Fuente: Elaboración propia



4.12.2. ALCANTARILLAS

Cuadro 46: Alcantarillas proyectadas (1/5)

Progresiva	Tipo de obra	Obra especifica	Progresiva	Tipo de obra	Obra especifica
0+126.55	Alcantarilla_Circular	TMC 72"	8+747.00	Alcantarilla_Circular	TMC 24"
0+319.00	Alcantarilla_Circular	TMC 24"	9+265.00	Alcantarilla_Circular	TMC 24"
1+009.00	Alcantarilla_Circular	TMC 48"	9+442.00	Alcantarilla_Circular	TMC 24"
1+145.00	Alcantarilla_Circular	TMC 24"	10+084.00	Alcantarilla_Circular	TMC 36"
1+630.00	Alcantarilla_Circular	TMC 24"	10+393.01	Alcantarilla_Circular	TMC 24"
1+771.00	Alcantarilla_Circular	TMC 48"	10+460.00	Alcantarilla_Circular	TMC 24"
3+794.00	Alcantarilla_Circular	TMC 24"	10+603.00	Alcantarilla_Circular	TMC 36"
3+945.00	Alcantarilla_Circular	TMC 24"	10+705.00	Alcantarilla_Circular	TMC 24"
4+150.00	Alcantarilla_Circular	TMC 24"	11+052.35	Alcantarilla_Circular	TMC 36"
4+410.00	Alcantarilla_Circular	TMC 48"	11+285.00	Alcantarilla_Circular	TMC 24"
4+658.00	Alcantarilla_Circular	TMC 48"	11+460.00	Alcantarilla_Circular	TMC 36"
4+918.00	Alcantarilla_Circular	TMC 24"	11+695.00	Alcantarilla_Circular	TMC 36"
5+121.60	Alcantarilla_Circular	TMC 48"	11+880.00	Alcantarilla_Circular	TMC 24"
5+175.00	Alcantarilla_Circular	TMC 24"	12+250.00	Alcantarilla_Circular	TMC 24"
5+602.00	Alcantarilla_Circular	TMC 24"	12+685.00	Alcantarilla_Circular	TMC 24"
5+682.00	Alcantarilla_Circular	TMC 48"	12+910.00	Alcantarilla_Circular	TMC 24"
6+172.00	Alcantarilla_Circular	TMC 24"	13+112.00	Alcantarilla_Circular	TMC 36"
6+340.00	Alcantarilla_Circular	TMC 48"	13+425.00	Alcantarilla_Rectanguli	Alcantarilla tipo 2
6+775.00	Alcantarilla_Circular	TMC 36"	13+530.00	Alcantarilla_Circular	TMC 24"
7+295.00	Alcantarilla_Circular	TMC 24"	13+724.94	Alcantarilla_Circular	TMC 36"
7+415.00	Alcantarilla_Circular	TMC 36"	13+920.00	Alcantarilla_Circular	TMC 24"
7+622.00	Alcantarilla_Circular	TMC 36"	14+281.13	Alcantarilla_Circular	TMC 36"
7+755.00	Alcantarilla_Circular	TMC 24"	14+660.00	Alcantarilla_Circular	TMC 24"
8+285.00	Alcantarilla_Circular	TMC 24"	14+814.65	Alcantarilla_Circular	TMC 24"
8+326.00	Alcantarilla_Circular	TMC 24"	14+950.00	Alcantarilla_Circular	TMC 48"
8+480.00	Alcantarilla_Circular	TMC 24"	14+979.94	Alcantarilla_Circular	TMC 48"
8+595.00	Alcantarilla_Circular	TMC 24"	15+219.78	Alcantarilla_Rectanguli	Alcantarilla tipo 2
8+670.00	Alcantarilla_Circular	TMC 24"	15+400.00	Alcantarilla_Circular	TMC 24"
			15+587.00	Alcantarilla_Circular	TMC 48"
			15+780.00	Alcantarilla_Circular	TMC 24"
			15+930.00	Alcantarilla_Circular	TMC 24"
			16+207.00	Alcantarilla_Circular	TMC 24"
			16+310.00	Alcantarilla_Circular	TMC 36"
			16+560.00	Alcantarilla_Circular	TMC 24"
			16+771.00	Alcantarilla_Circular	TMC 48"
			17+040.00	Alcantarilla_Circular	TMC 36"
			17+140.00	Alcantarilla_Circular	TMC 48"
			17+176.04	Alcantarilla_Circular	TMC 48"

Progresiva	Tipo de obra	Obra especifica	Progresiva	Tipo de obra	Obra especifica
17+529.02	Alcantarilla_Circular	TMC 36"	25+178.25	Alcantarilla_Circular	TMC 36"
17+663.64	Alcantarilla_Circular	TMC 48"	25+366.08	Alcantarilla_Circular	TMC 36"
17+880.00	Alcantarilla_Circular	TMC 48"	25+610.04	Alcantarilla_Circular	TMC 48"
18+085.00	Alcantarilla_Circular	TMC 48"	25+830.77	Alcantarilla_Circular	TMC 24"
18+260.00	Alcantarilla_Circular	TMC 24"	26+010.00	Alcantarilla_Circular	TMC 60"
18+352.00	Alcantarilla_Circular	TMC 24"	26+200.00	Alcantarilla_Circular	TMC 24"
18+409.00	Alcantarilla_Circular	TMC 36"	26+420.00	Alcantarilla_Circular	TMC 24"
18+660.00	Alcantarilla_Circular	TMC 24"	26+689.00	Alcantarilla_Circular	TMC 24"
18+909.00	Alcantarilla_Circular	TMC 36"	26+825.85	Alcantarilla_Circular	TMC 36"
19+009.00	Alcantarilla_Circular	TMC 24"	27+251.93	Alcantarilla_Circular	TMC 72"
19+200.00	Alcantarilla_Circular	TMC 24"	27+675.24	Alcantarilla_Circular	TMC 36"
19+450.00	Alcantarilla_Circular	TMC 24"	27+935.00	Alcantarilla_Circular	TMC 24"
19+560.00	Alcantarilla_Circular	TMC 24"	28+085.00	Alcantarilla_Circular	TMC 24"
19+820.00	Alcantarilla_Circular	TMC 24"	28+273.00	Alcantarilla_Circular	TMC 24"
20+080.00	Alcantarilla_Circular	TMC 24"	28+860.00	Alcantarilla_Circular	TMC 24"
20+330.00	Alcantarilla_Circular	TMC 24"	29+130.00	Alcantarilla_Circular	TMC 24"
20+520.00	Alcantarilla_Circular	TMC 24"	29+240.00	Alcantarilla_Circular	TMC 24"
20+700.00	Alcantarilla_Circular	TMC 24"	29+555.00	Alcantarilla_Circular	TMC 36"
20+820.00	Alcantarilla_Circular	TMC 24"	29+836.51	Alcantarilla_Circular	TMC 24"
20+970.00	Alcantarilla_Circular	TMC 36"	30+070.00	Alcantarilla_Circular	TMC 24"
21+210.00	Alcantarilla_Circular	TMC 36"	30+252.00	Alcantarilla_Circular	TMC 24"
21+460.00	Alcantarilla_Circular	TMC 24"	30+328.00	Alcantarilla_Circular	TMC 24"
21+710.00	Alcantarilla_Circular	TMC 36"	30+623.00	Alcantarilla_Circular	TMC 24"
21+960.00	Alcantarilla_Circular	TMC 36"	30+769.00	Alcantarilla_Circular	TMC 24"
22+210.00	Alcantarilla_Circular	TMC 36"	30+840.00	Alcantarilla_Circular	TMC 24"
22+400.21	Alcantarilla_Circular	TMC 36"	31+688.00	Alcantarilla_Circular	TMC 36"
22+460.00	Alcantarilla_Circular	TMC 48"	32+000.00	Alcantarilla_Circular	TMC 24"
22+640.00	Alcantarilla_Circular	TMC 24"	32+610.00	Alcantarilla_Circular	TMC 36"
22+750.00	Alcantarilla_Circular	TMC 36"	32+808.00	Alcantarilla_Circular	TMC 36"
22+868.00	Alcantarilla_Circular	TMC 36"	33+008.00	Alcantarilla_Circular	TMC 24"
23+144.65	Alcantarilla_Circular	TMC 24"	33+239.50	Alcantarilla_Circular	TMC 24"
23+208.00	Alcantarilla_Circular	TMC 36"	33+389.00	Alcantarilla_Circular	TMC 36"
23+600.00	Alcantarilla_Circular	TMC 36"	33+621.00	Alcantarilla_Circular	TMC 48"
23+740.00	Alcantarilla_Circular	TMC 36"	33+802.00	Alcantarilla_Circular	TMC 36"
23+940.00	Alcantarilla_Circular	TMC 36"	34+330.00	Alcantarilla_Circular	TMC 36"
24+359.60	Alcantarilla_Circular	TMC 48"	34+562.00	Alcantarilla_Circular	TMC 36"
24+620.00	Alcantarilla_Circular	TMC 24"	34+830.00	Alcantarilla_Circular	TMC 24"
24+840.15	Alcantarilla_Rectanguli	Alcantarilla tipo 2	34+960.00	Alcantarilla_Circular	TMC 24"



Progresiva	Tipo de obra	Obra especifica
35+117.00	Alcantarilla_Circular	TMC 24"
35+373.00	Alcantarilla_Circular	TMC 24"
35+644.00	Alcantarilla_Circular	TMC 60"
35+905.00	Alcantarilla_Circular	TMC 24"
35+940.67	Alcantarilla_Circular	TMC 36"
36+416.00	Alcantarilla_Circular	TMC 48"
36+672.00	Alcantarilla_Circular	TMC 36"
36+928.00	Alcantarilla_Rectangul	Alcantarilla tipo 2
37+095.00	Alcantarilla_Circular	TMC 24"
37+272.00	Alcantarilla_Circular	TMC 36"
37+403.00	Alcantarilla_Circular	TMC 36"
37+700.00	Alcantarilla_Circular	TMC 36"
38+005.00	Alcantarilla_Circular	TMC 36"
38+420.16	Alcantarilla_Circular	TMC 24"
38+679.86	Alcantarilla_Circular	TMC 24"
38+810.35	Alcantarilla_Circular	TMC 24"
39+176.00	Alcantarilla_Circular	TMC 24"
39+390.00	Alcantarilla_Circular	TMC 36"
39+520.05	Alcantarilla_Circular	TMC 36"
39+870.00	Alcantarilla_Circular	TMC 24"
40+361.00	Alcantarilla_Circular	TMC 36"
40+670.00	Alcantarilla_Circular	TMC 36"
40+890.00	Alcantarilla_Circular	TMC 24"
41+090.00	Alcantarilla_Circular	TMC 24"
41+300.00	Alcantarilla_Circular	TMC 36"
41+714.00	Alcantarilla_Circular	TMC 36"
41+964.00	Alcantarilla_Circular	TMC 36"
42+294.00	Alcantarilla_Circular	TMC 48"
42+444.00	Alcantarilla_Circular	TMC 36"
42+914.00	Alcantarilla_Circular	TMC 36"
43+126.00	Alcantarilla_Circular	TMC 36"
43+260.00	Alcantarilla_Circular	TMC 24"
43+690.00	Alcantarilla_Circular	TMC 24"
43+773.00	Alcantarilla_Circular	TMC 24"
43+974.00	Alcantarilla_Circular	TMC 48"
44+333.00	Alcantarilla_Circular	TMC 48"
44+556.00	Alcantarilla_Circular	TMC 24"
44+729.00	Alcantarilla_Circular	TMC 36"
45+190.00	Alcantarilla_Circular	TMC 36"
45+740.00	Alcantarilla_Circular	TMC 24"
45+860.33	Alcantarilla_Circular	TMC 24"

Fuente: Elaboración propia

4.12.3. BADENES

Cuadro 47: Badenes proyectados

Progresiva	Tipo de obra	Obra especifica
31+080.89	Badén	Badén tipo 4
31+330.00	Badén	Badén tipo 3
31+515.46	Badén	Badén tipo 3

Fuente: Elaboración propia

4.13. PUENTES Y PONTONES

Los parámetros hidráulicos asociados al diseño de puentes son los siguientes:

a) Perfil de flujo

El perfil de flujo permitirá obtener el nivel alcanzado por el agua para el caudal de diseño. El cálculo del perfil de flujo deberá incluir la presencia del puente proyectado, debido a que cuando el flujo interactúa con la estructura, se produce una sobreelevación del nivel de agua a la entrada del puente y una depresión del nivel de agua en la salida, este comportamiento es normal ya que el agua debe ganar energía potencial a fin de que pueda atravesar por la sección contraída. Una vez conocido los niveles de agua, el especialista puede establecer la altura mínima que ofrecerá el puente.

b) Socavación



La socavación es un fenómeno hidrodinámico que es la causa más frecuente de falla que afecta las cimentaciones de los puentes. Dicho fenómeno es una combinación de distintos procesos, unos que se producen a largo plazo y otros transitorios por el paso de avenidas.

El proceso de socavación en un puente se analiza como erosión potencial total y es de carácter estimativo, la cual combina la socavación producida en la sección del puente y sus inmediaciones, causada por el estrechamiento del cauce debido a su construcción y la socavación local que se produce en las inmediaciones de los pilares y estribos rodeados por la corriente del río. Sin embargo, cabe indicar que estos procesos de socavación son inherentes a la presencia del puente sobre el curso natural, porque existen otros procesos de socavación que ocurren de manera independiente a la presencia del puente y son la socavación general y la socavación en curvas que también deberán ser tomados en cuenta al momento de la estimación de la socavación potencial total.

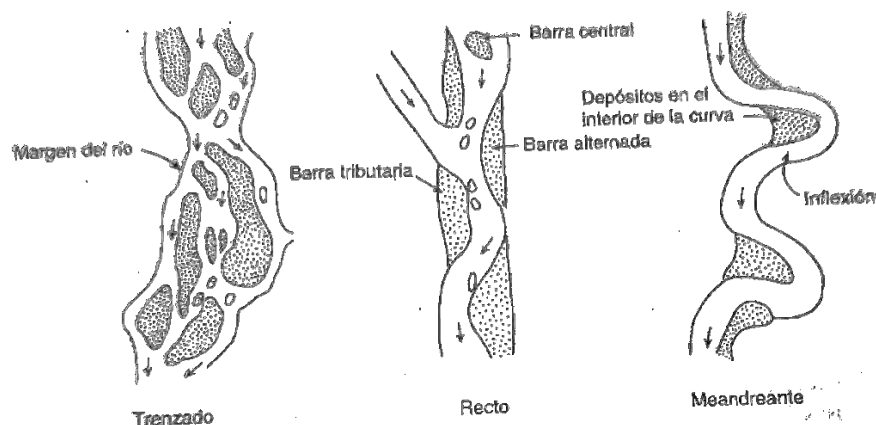
4.13.1. HIDRÁULICA FLUVIAL

La comprensión de los ríos está limitado a los cauces y la escala de interés de la ingeniería es el tiempo, el comportamiento del río es afectado por el sistema fluvial en su conjunto, siendo importante en este aspecto la escala geológica. Por tanto, la ingeniería de los ríos debe estar basada en la comprensión del sistema fluvial y de conceptos de geomorfología.

4.13.1.1. Caracterización del Cauce

Según Simona y Julián (1984), los ríos en la naturaleza presentan generalmente tres formas: rectos, trezados y meandrantes.

Figura 28: Tipos de ríos de acuerdo a su geometría, Simona y Julián, 1984





Fuente: Hidráulica fluvial (Ricardo Apaclla Nalvarte)

Con base a lo expuesto, se establece que:

- ❖ Río Antahuayco: es de tipo recto.
- ❖ Río Casani: es de tipo meandrante.
- ❖ Río Jollpay: es de tipo recto.

4.13.1.2. Estratigrafía Característica

Del estudio de mecánica de suelos, se extraen los siguientes resultados:

Cuadro 48: Casani – Estratigrafía

Perfil de Suelos			
Pozos y/o Calicatas (C)	Caracterización de Estratos		
	Estrato (E)	Profundidad	Composición
C-01 ESTRIBO IZQUIERDO	E-01	0.00 m. - 0.60 m.	Relleno Compacto; con presencia de lastre, color marrón.
	E-02	0.60 m. – 3.00 m.	Grava Arcillosa con Arena (GC); color marrón grisáceo.
	E-03	3.00 m. – 4.00 m.	Arena Mal Graduada con Grava (SP); color plomo.
C-02 ESTRIBO DERECHO	E-01	0.00 m. - 0.90 m.	Conglomerado; con matriz andesítica alterada, color gris con manchas amarillas de alteraciones.
	E-02	0.90 m – 2.00 m	Grava Mal Graduada (GP); color Gris claro
	E-03	2.00 m. – 4.00 m.	Roca (R); roca caliza, color gris claro.

Fuente: Estudio de mecánica de suelos

Cuadro 49: Tabla 52: Jollpay – Estratigrafía



Perfil de Suelos			
Pozos y/o Calicatas (C)	Caracterización de Estratos		
	Estrato (E)	Profundidad	Composición
C-01 ESTRIBO IZQUIERDO	E-01	0.00 m. - 4.00 m.	Roca (R); Afloramiento de roca maciza Arenisca, color gris claro.
C-02 ESTRIBO DERECHO	E-01	0.00 m. - 0.40 m.	Relleno Antrópico; con presencia de lastre compactado, color marrón.
	E-02	0.40 m – 4.00 m	Grava Mal Graduada con Arcilla y con Arena (GP – GC); con bolonería de 15" – 20", color marrón claro.

Fuente: Estudio de mecánica de suelos

4.13.2. MODELO HIDRÁULICO

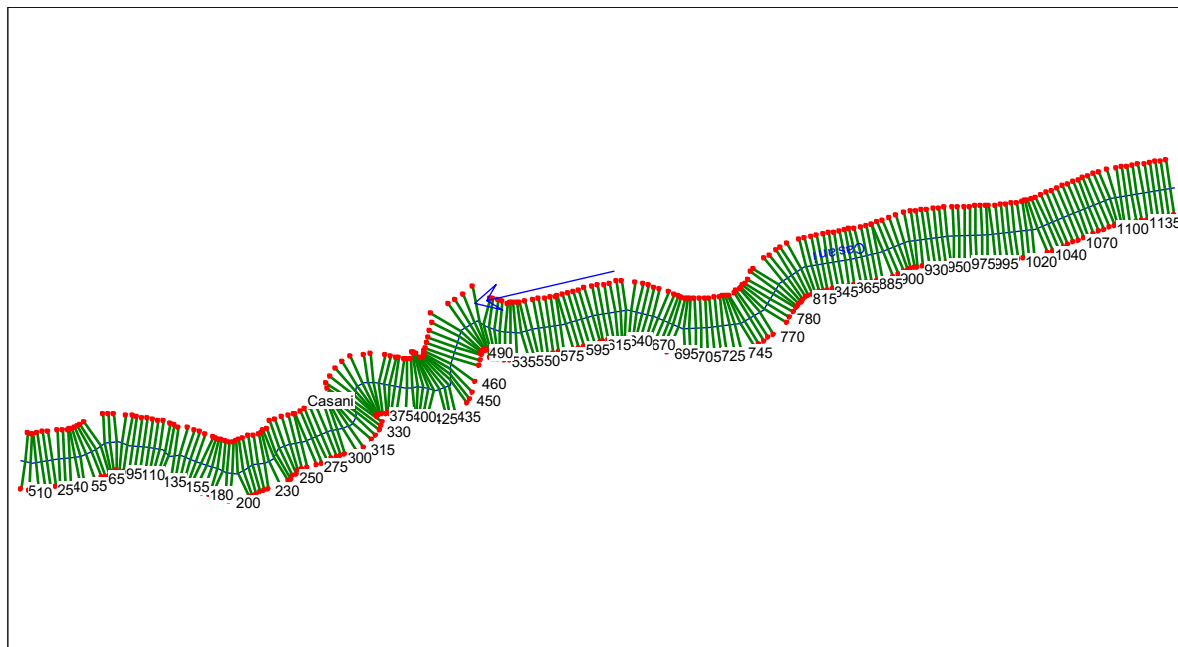
La descarga máxima se estimó mediante el Método Racional, y para la determinación del NAME se recurrió al uso del software HEC-RAS. La estabilidad fluvial, lograda durante cientos o miles de años por el río, puede verse seriamente alterada por la construcción de un puente. La Avenida de diseño o caudal máximo está asociado a un periodo de retorno específico y este a su vez depende del riesgo de falla y vida útil de la obra. En ítems anteriores se presentan valores del periodo de retorno determinados en función a los factores señalados. En base a ello, se recomienda lo siguiente:

- ❖ Para obtener la avenida de diseño en el tramo fluvial de emplazamiento del puente, se deberá compatibilizar el periodo de retorno del evento hidrológico, con el riesgo admisible y la vida útil de la obra, este último obviamente, dependerá del tipo de material constitutivo del puente. En caso de que el puente se construya en una ciudad con alta densidad de población, o se ubique medianamente aguas abajo de ésta, sobre un río de amplias llanuras de inundación, el periodo de retorno debe ser superior a 100 años.
- ❖ Para la estimación de la profundidad de socavación, el periodo de retorno mínimo deberá ser igual al utilizado en el diseño del puente y para un caudal de no más de 500 años de periodo de retorno que es el caudal para verificar la estabilidad de la cimentación del puente. En ese caso, se considera que se trata de un evento extremo.



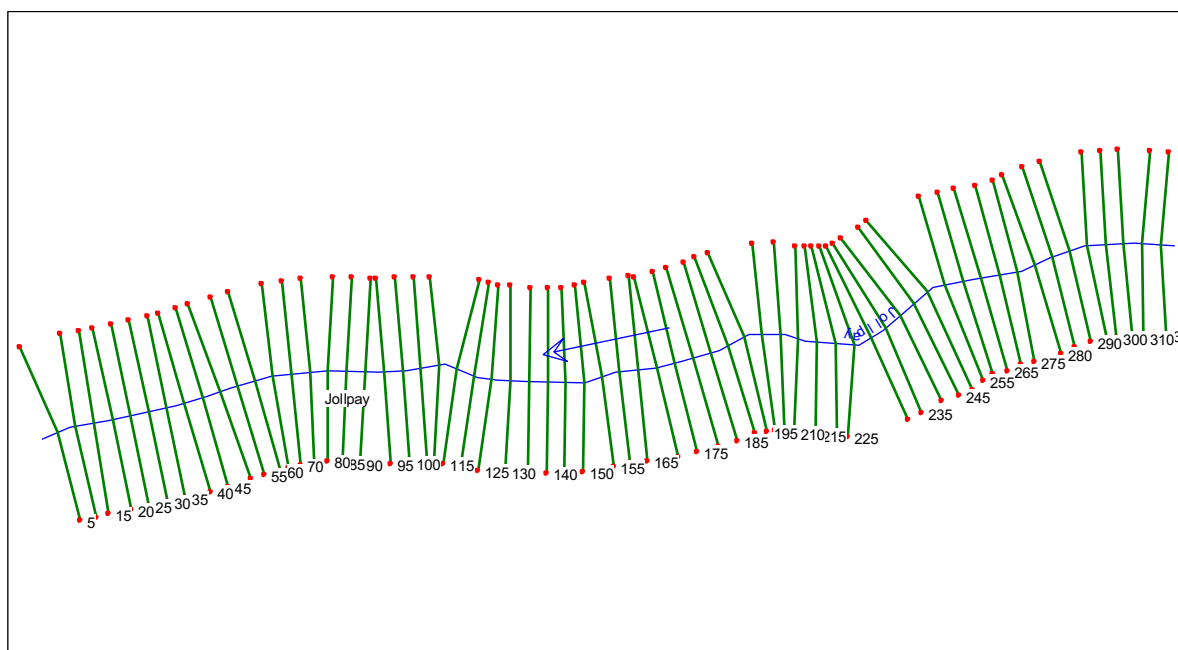
4.13.2.1. Alineamiento y Secciones Transversales

Figura 29: Casani – Alineamiento y secciones transversales



Fuente: Software Hec Ras 5.0.7

Figura 30: Jollpay – Alineamiento y secciones transversales



Fuente: Software Hec Ras 5.0.7

4.13.2.2. Caudales Considerados para el Diseño del Puente



Los caudales máximos se han estimado por el Método Racional Modificado, y se sintetizan a continuación:

- ❖ Cuenca Casani (T=150 años): $17.45 \text{ m}^3/\text{s}$
- ❖ Cuenca Casani (T=500 años): $28.74 \text{ m}^3/\text{s}$
- ❖ Cuenca Jollpay (T=150 años): $17.76 \text{ m}^3/\text{s}$
- ❖ Cuenca Jollpay (T=500 años): $28.41 \text{ m}^3/\text{s}$

4.13.2.3. Parámetros para la Simulación Hidráulica

Antes de usar el programa HEC-RAS, procedemos a calcular el coeficiente de rugosidad de Manning y que, en caso de ríos, Cowan propone un cálculo sencillo relacionando la calificación del cauce en aspectos como el grado de los efectos del meandro, material involucrado, grado de irregularidad, variaciones de la sección transversal, efecto relativo de las obstrucciones, y la vegetación.

- ❖ n_0 : Rugosidad base para un canal recto, uniforme, prismático y con rugosidad homogénea.
- ❖ n_1 : Rugosidad adicional debida a irregularidades superficiales del perímetro mojado a lo largo del tramo en estudio.
- ❖ n_2 : Rugosidad adicional equivalente debida a variación de forma y de dimensiones de las secciones a lo largo del tramo en estudio.
- ❖ n_3 : Rugosidad equivalente debida a obstrucciones existentes en el cauce.
- ❖ n_4 : Rugosidad adicional equivalente debida a la presencia de vegetación.
- ❖ m_5 : Factor de corrección para incorporar efecto de sinuosidad del cauce o presencia de meandros.

Cuadro 50: Tabla de Cowan para determinar la influencia de diversos factores sobre el coeficiente “n”



**"ESTUDIO GEOLOGICO - GEOTECNICO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR
DE LA CARRETERA DEPARTAMENTAL CU-118 EN EL TRAMO: "PUENTE HUACAYCHACA-CCAPI-
PAMPAHUATA-DISTRITO DE CCAPI-PROVINCIA DE PARURO-DEPARTAMENTO DEL CUSCO"**



CONDICIONES DEL CANAL		VALORES	
Material Involucrado	Tierra	n_0	0.020
	Corte en Roca		0.025
	Grava Fina		0.024
	Grava Gruesa		0.028
Grado de Irregularidad	Suave	n_1	0.000
	Menor		0.005
	Moderado		0.010
	Severo		0.020
Variaciones de la Sección Transversal	Gradual	n_2	0.000
	Ocasionalmente Alternante		0.050
	Frecuentemente Alternante		0.010-0.015
Efecto Relativo de las Obstrucciones	Insignificante	n_3	0.000
	Menor		0.010-0.015
	Apreciable		0.020-0.030
	Severo		0.040-0.060
Vegetación	Baja	n_4	0.005-0.010
	Media		0.010-0.025
	Alta		0.025-0.050
	Muy Alta		0.050-0.100
Grado de los Efectos por Meandro	Menor	m_5	1.000
	Apreciable		1.150
	Severo		1.300

Fuente: Tabla Nro. 12 Tabla de Cowan para determinar la influencia de diversos factores sobre el coeficiente n – Manual de hidrología, hidráulica y drenaje del MTC.

Cuadro 51: Casani – Coeficiente n (Cowan)

COEFICIENTE DE RUGOSIDAD DE MANNING - SEGÚN COWAN		REFERENCIA
Grado de los efectos por meandro	Apreciable	Manual de hidrología, hidráulica y drenaje (MTC) - Ítem 3.12.2.1
	$m_5 = 1.150$ ---	
Material involucrado	Grava fina	
	$n_0 = 0.024$ ---	
Grado de irregularidad	Suave	$n = m_5(n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4)$
	$n_1 = 0.000$ ---	
Variaciones de la sección transversal	Gradual	
	$n_2 = 0.000$ ---	
Efecto relativo de las obstrucciones	Menor	
	$n_3 = 0.012$ ---	
Vegetación	Media	
	$n_4 = 0.018$ ---	
COEFICIENTE DE RUGOSIDAD		$n = 0.062$ ---

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 52: Jollpay – Coeficiente n (Cowan)

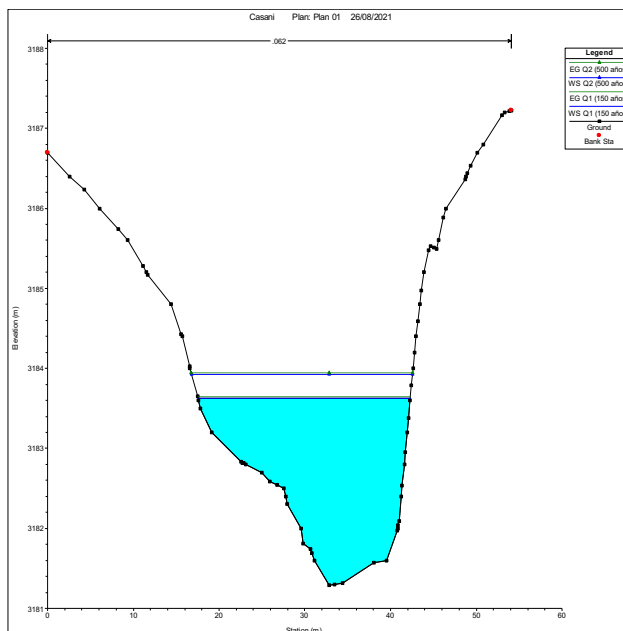
COEFICIENTE DE RUGOSIDAD DE MANNING - SEGÚN COWAN		REFERENCIA
Grado de los efectos por meandro	Menor	Manual de hidrología, hidráulica y drenaje (MTC) - Ítem 3.12.2.1
	$m_5 = 1.000$ ---	
Material involucrado	Grava fina	
	$n_0 = 0.024$ ---	
Grado de irregularidad	Moderado	$n = m_5(n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4)$
	$n_1 = 0.010$ ---	
Variaciones de la sección transversal	Gradual	
	$n_2 = 0.000$ ---	
Efecto relativo de las obstrucciones	Menor	
	$n_3 = 0.012$ ---	
Vegetación	Media	
	$n_4 = 0.018$ ---	
COEFICIENTE DE RUGOSIDAD		$n = 0.064$ ---

Fuente: Elaboración propia



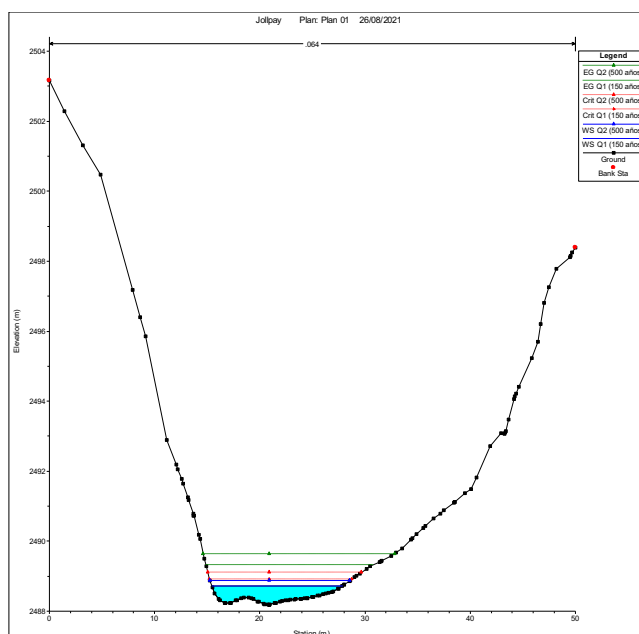
4.13.2.4. Nivel de Avenidas Máximas Extraordinarias (NAME)

Figura 31: Casani – NAME (0+330) luz = 23.75m



Fuente: Software Hec Ras 5.0.7

Figura 32: Jollpay – NAME (0+070) luz = 16.88m



Fuente: Software Hec Ras 5.0.7



4.14. SOCAVACIÓN

La socavación es un fenómeno hidrodinámico que es la causa más frecuente de falla que afecta las cimentaciones de los puentes. Dicho fenómeno es una combinación de distintos procesos, unos que se producen a largo plazo y otros transitorios por el paso de avenidas.

4.14.1. SOCAVACIÓN EN CASANI

Cuadro 53: Socavación por Laursen

SOCAVACIÓN LOCAL EN ESTRIBOS				
LAURSEN				
$\frac{L}{h} = 2.75 \frac{y_s}{h} \left[\left(\frac{y_s}{11.5h} + 1 \right)^{1.7} - 1 \right]$	Tirante de agua en la zona cercana al estribo	h=	2.63	m
	Longitud del estribo y accesos que se oponen al paso del agua	L=	0.50	m
	Profundidad de socavación	ys=	1.72	m

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 54: Socavación por Froehlich

SOCAVACIÓN LOCAL EN ESTRIBOS				
Froehlich				
$\frac{y_s}{h_e} = 2.27 K_f K_\theta \left(\frac{L}{h_e} \right)^{0.43} F_r^{0.61} + 1$	Profundidad media del flujo en la zona aguas arriba del puente	h=	0.59	m
	Coeficiente que depende de la forma del estribo	Pared vertical		
		Kf=	1.00	---
	Coeficiente que depende del ángulo de ataque del flujo	ang=	90.00	°
		Kθ=	1.00	
	Longitud del estribo y accesos que se oponen al paso del agua	L=	0.50	m
	Velocidad media del flujo aguas arriba	V=	2.72	m/s
	Número de Froude en la sección aguas arriba	Fr=	1.33	---
	Profundidad de socavación	ys=	2.07	m

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 55: Socavación por Melville

SOCAVACIÓN LOCAL EN ESTRIBOS				
Melville				
$y_s = 2 K_f^* K_\theta^* (hL)^{0.5}$	Tirante de agua en la zona cercana al estribo	h=	2.63	m
	Longitud del estribo y accesos que se oponen al paso del agua	L=	0.50	m
	Factor de corrección por forma de estribo	Pared vertical angosta		
		Kf=	1.00	
	Coeficiente que depende del ángulo de ataque del flujo	Kf*=	1.00	
		ang=	90.00	°
		Kθ=	1.00	
	Profundidad de socavación	ys=	2.29	m

Fuente: Elaboración propia

Con lo que se concluye que la socavación es de 2.29 m.

4.14.2. SOCAVACIÓN EN JOLLPAY

Cuadro 56: Socavación por Liu, Chang y Skinner



SOCAVACIÓN LOCAL EN ESTRIBOS			
$\frac{y_s}{h} = K_f \left(\frac{L}{h}\right)^{0.4} F_r^{0.33}$	Profundidad media del flujo aguas arriba	h=	1.16 m
	Longitud del estribo y accesos que se oponen al flujo	L=	0.20 m
	Velocidad media del flujo aguas arriba	V=	5.84 m/s
	Número de Froude en la sección aguas arriba	Fr=	2.14 ---
	Coeficiente de corrección por forma de estribo	Estribo con pared vertical	
		Kf=	2.15 ---
	Profundidad de socavación de equilibrio	Ys=	1.59 m

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 57: Socavación por Artamonov

SOCAVACIÓN LOCAL EN ESTRIBOS			
ARTAMONOV	Tirante de agua en la zona cercana al estribo	h=	0.65 m
$H_T = K_\theta K_Q K_m h$	Coeficiente por el ángulo entre la corriente y el puente	ang=	90.00 °
		K _θ =	1.00 ---
	Coeficiente por la relación entre el caudal interceptado por los estribos y el caudal total	Q1/Qd=	0.25 ---
		K _Q =	2.94 ---
	Coeficiente que depende del talud que tienen los lados del estribo	Talud=	2.75 ---
Profundidad del agua al pie del estribo medida desde la superficie de la corriente		K _m =	0.53 ---
		HT=	1.01 m

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 58: Socavación por Melville

SOCAVACIÓN LOCAL EN ESTRIBOS			
Melville $y_s = 2 K^*_f K^*_\theta (hL)^{0.5}$	Tirante de agua en la zona cercana al estribo	h=	0.65 m
	Longitud del estribo y accesos que se oponen al paso del agua	L=	0.50 m
	Factor de corrección por forma de estribo	Pared vertical angosta	
		Kf=	1.00
		Kf*=	1.00
	Coeficiente que depende del ángulo de ataque del flujo	ang=	90.00 °
		Kθ=	1.00
		Kθ*=	1.00
Profundidad de socavación	ys=	1.14 m	

Fuente: Elaboración propia

Con lo que se concluye que la socavación es de 1.59 m.



CAPITULO V

GEODINAMICA

5.1. GENERALIDADES

La geodinámica abarca el estudio de los procesos y cambios físicos que ocurren constantemente sobre la superficie de la Tierra, estas transformaciones son posibles debido a la intervención de agentes internos y externos que crean, forman, degradan y modelan la superficie terrestre. Esta rama de la geología se subdivide en:

5.2. GEODINAMICA ENDOGENA (Interno)

El territorio peruano está sometido a una constante actividad sísmica, debido a la interacción de la Placa Sudamericana y la Placa de Nazca considerada como la primera fuente sismogénica en el Perú, produciendo los eventos de mayor magnitud conocidos hasta el presente. La segunda fuente, la constituye la zona continental, cuya deformación ha dado origen a la formación de fallas de diversas longitudes con la consecuente ocurrencia de sismos de magnitudes menores (Modificado de Cahill et al, 1992; Tavera et al, 2001).

5.2.1. SISMOS

La probabilidad de ocurrencia sísmica se define por la probabilidad que en un lugar determinado ocurra un movimiento sísmico de una intensidad igual o mayor que un valor fijado. En general, se hace extensivo el término intensidad a cualquier otra característica de un sismo, tal como su magnitud, la aceleración máxima, el valor espectral de la velocidad, el valor espectral del desplazamiento del suelo, el valor medio de la intensidad Mercalli Modificada u otro parámetro. La ocurrencia de un evento sísmico es de carácter aleatorio y la Teoría de las Probabilidades es aplicable en el análisis del riesgo de su ocurrencia

5.2.2. CRONOLOGIA SISMICA

El libro “Terremotos en el Perú” de Enrique Silgado y Alberto Giesecke, publicado en el año 1981, ofrece una descripción histórica de los sismos ocurridos en las regiones del Perú, el cual se detalla a continuación:

- ❖ En 1581, ocurrió el terremoto que hundió con todos los habitantes al pueblo de Yanaoca.
- ❖ El 31 de marzo de 1650, a las 14 horas, se produjo el terremoto que derribo todos los templos de la ciudad del Cusco y la mayor parte de las edificaciones, generalizando los estragos en Abancay, Andahuaylas y otros pueblos cercanos. Los Anales del Cusco, dejan entrever la desolación que causó estos sismos en toda la meseta del Collao hasta sicasica



(Bolivia), otros perjuicio y efectos están descritos por el P. Juan de Córdova, que describía; “en el pueblo de Yaurisque todo se asoló, cayeron las paredes del lugar, murieron 12 personas, El Br. Juan de Arenas pereció con 20 indios yendo de Cuchoa al pueblo de Marcapata. Se produjeron grandes deslizamientos de las partes altas de Pisac y Paucartambo, uno de ellos represo el Curso del Río Apurímac. La tierra se agrieto en varios lugares, observándose disturbios en el nivel freático de las aguas de escorrentía cerca del pueblo de Oropesa. En lima se sintió este movimiento, alcanzando intensidades que causaron algunos deterioros, Hasta el 3 de abril se contaron en el Cuzco más de 260 temblores y más de 30 de ellos fueron tan intensos como el primero y más breves en tiempo.

- ❖ El 17 setiembre de 1707, ocurrió el Terremoto en el pueblo de Capi, Provincia de Paruro, Departamento del Cusco donde hubo 50 muertos.
- ❖ El 19 de noviembre de 1744, a las 06:30 horas, ocurrió un sismo en el Cusco que agrietó la bóveda de la Iglesia de La Merced y las paredes de varias viviendas. De la Catedral e iglesias cayeron las estatuas, este hecho tuvo aproximadamente una magnitud de 6.0.
- ❖ El 11 de febrero de 1746, en el Pueblo de Urcos, se registró de 9 a 11 temblores, que provocaron daños en los templos y destruyeron muchas viviendas. En la Provincia de Acomayo se desplomó la Iglesia. Hasta el 15 de febrero se registraron más de 90 réplicas.
- ❖ El 4 de noviembre de 1913, a las 16:33, ocurrió un violento sismo en la Provincias de Aymaraes, Departamento de Apurímac, causando destrucción de los caseríos de Casaya, Soraya, Tarray Puente, Huayquipa, Sañaica y fuertes daños en las aldeas de Colcabamba, Amoray y en otras, murieron alrededor de 150 personas, En Chalhuanca capital de la provincia se sintió con fuerza, En Abancay, capital del Departamento ocasiono algunos daños a las construcciones, más al norte. de Andahuaylas y Ayacucho, la intensidad del sismo declino notablemente.
- ❖ El 9 de abril de 1928, al medio día, se desencadeno un sismo en la provincia de Carabaya, según los informes de las autoridades, la zona más afectada comprendía un rectángulo de 50 m de lado cuyo largo estaba formado por parte del rio Esquilaya hasta su desembocadura en el rio Inambari y cuyo ancho variaba de 1 a 4 km, Los derrumbes de los taludes desde el rio, formaron una represa natural que más tarde se rompería, a causa de los derrumbes ocurrieron dos muertos y ocho desaparecidos, el movimiento se sintió intensamente en la ciudad de Puno, Cusco, Huancané y en los pueblos de Putina, Caserio de Vilqueshico y Cuyocuyo
- ❖ El 18 de setiembre de 1941, a las 8:15 horas, un fuerte movimiento sísmico en el Cusco, daño varias iglesias, capillas, edificios públicos y viviendas, Grado VI, VII. El movimiento



se sintió en Abancay y en los pueblos de Pararca, Occidental. Las lecturas de los sismogramas de La Paz, Bolivia indicaban una distancia epicentral de 510 Km.

- ❖ El 21 de mayo de 1950, a las 13:28 horas, ocurrió el Terremoto en la ciudad del Cuzco, que daño en más de un 50% sus edificaciones y viviendas. Perecieron unas 120 personas y heridas unas 275, El área epicentral estuvo confinada al valle del Cuzo, (unos 12 km²), circundada por un área de 500 Km², afectadas por una destrucción en menor escala. El movimiento se sintió en una área elíptica de 16.000 km², comprendida entre los paralelos 13°13' y 14°30' de Lat S, y los meridianos 71°15' a 72°55' Log W, se estimó que la intensidad en el área epicentral alcanzó el grado VII MM, efectos sobre las construcciones: Entre los edificios que más sufrieron a consecuencia del terremoto, estuvieron los templos, reliquias arquitectónicas erigidas hace 250 a 300 años, con muros hechos de bloques de piedra con techos abovedados de ladrillo, sustentados en arcos de piedra. Los campanarios fueron los más averiados, derrumbándose algunos de ellos. También resultaron muy averiadas las antiguas construcciones de adobe, piedra y ladrillo, se observó que muchas de las construcciones de adobe y las combinadas de adobe piedra o ladrillo, habían sido lesionadas por el fuerte sismo del 18 de diciembre de 1941, completándose su destrucción en 1950. Después del terremoto, en el lado sur del valle, al SE del pueblo de San Sebastián, se observó a una longitud de 5Km. una zona de extensa fisuración, las grietas eran de forma irregular y varían de abertura desde algunos centímetros hasta 2m de profundidad, y en longitudes de 10 a 50 metros, encontrándose tanto en terrenos secos como húmedos. Los deslizamientos fueron de magnitud reducida y ocurrieron principalmente en algunas laderas escarpadas y en los taludes de gravas aluvionales. Los diversos efectos produjeron que muchas estatuas cayeran de sus pedestales y en algunos casos el bloque superior se desquinchó en su parte media girando 5 grados en una dirección anti horaria. El nivel freático se levantó en el lado sur del valle, áreas que habían estado casi secas antes del terremoto aparecieron cubiertas por diez a cuarenta cm de agua, semana y media después del sismo, se realizó otros estudios. La profundidad focal a base de intensidades observadas se estimó en unos 9 Km.
- ❖ El 08 de noviembre de 1961 a las 4: 30 horas, ocurrió un fuerte temblor en el distrito de Acos, Provincia de Acomayo, Departamento del Cusco, con una Intensidad de VI.
- ❖ El 08 de mayo de 1965 a las 5:23 pm, ocurrió un sismo destructor localizado en el pueblo de Urcos. donde se produjo desprendimiento de las laderas de los cerros, con una Intensidad de VI en Urcos y de III MMI en Cusco.
- ❖ El 03 de enero de 1980, se produjo un fuerte temblor en Cusco, con Intensidades de V VI en Limatambo, Urubamba, Pisac y IV en Cusco.

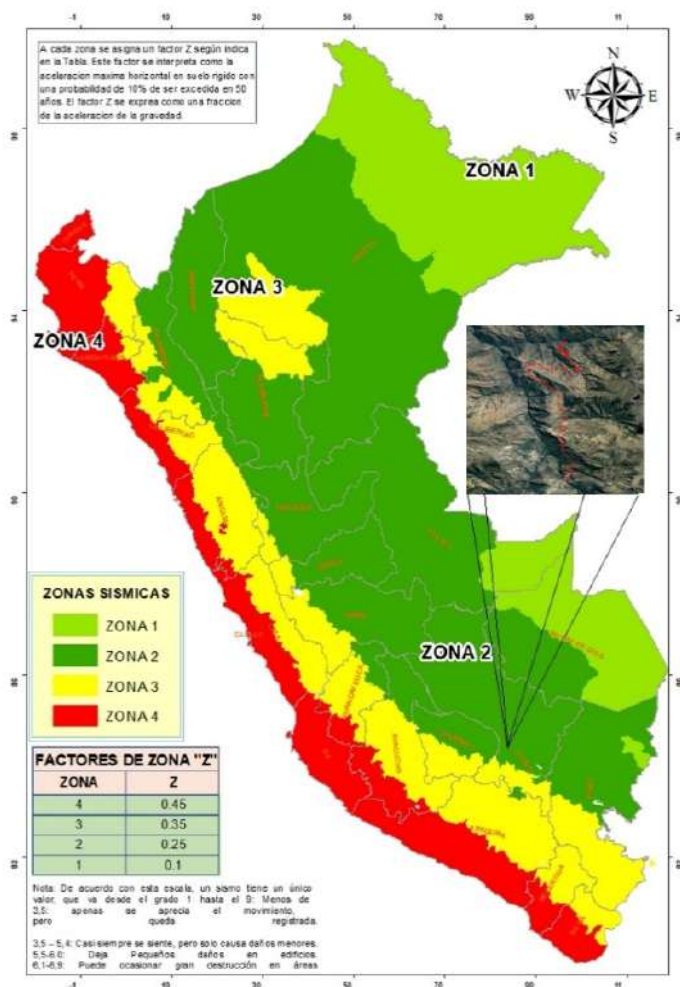


- ❖ El 05 de abril de 1986, a las 3:15 pm ocurrió un sismo de magnitud Richter de 5.8 aproximadamente a 20 km al Nor – Oeste de la ciudad del Cusco, La Intensidad Mercalli Modificada máxima fue de VI según estimaciones del Instituto Geofísico del Perú. En la zona céntrica de la ciudad del Cusco se observaron daños de importancia en monumentos históricos, viviendas de adobe, inclusive en estructuras de concreto armado mampostería de ladrillo, existió una gran cantidad de estructuras de adobe afectadas, con diversos tipos de fallas muchas de las cuales habían sido ya reparadas luego del sismo de 1950

5.2.3. SISMOTECTONICA

Las fuentes sismogénicas, de sismos más importantes, el sismo más próximo se ubica prácticamente sobre la ciudad del Cusco, el cual corresponde al terremoto del 25-05-50, con una magnitud de 6.0 ms. La mayor actividad sísmica se localiza al sur y al sureste del Cusco con hipocentro mayormente de tipo intermedio. En la distribución de la actividad sísmica con epicentros localizados con la red de I.G.P. para el intervalo 1983- 1986, se puede notar que la mayor actividad sísmica regional se mantiene al suroeste del Cusco, pero sin embargo actualmente ocurren algunos sismos en otras áreas. En el área del Cusco, se observa que al oeste del Cusco existen hipocentros muy superficiales (0-33 Km) y superficiales (33-70 Km). Los sismos que se presentan al sur y al suroeste del Cusco, son abundantes y de carácter intermedio (71-300 Km.), se relaciona con una estructuración de bloques (Deza 1985, Ascue 1997). Los últimos sismos más importantes en el Cusco, se relacionan con los fallamientos activos ubicados al norte de la ciudad, conocidos como fallamientos activos del sistema Tambomachay - Qoricocha de acuerdo a Cabrera 1988 y Sebrier 1986, este conjunto de fallas pertenecería a la zona de transición entre la cordillera Oriental y las altiplanicies mesozoicas, reconocida por su actividad reciente, debido a muchas evidencias tectónicas y volcánicas. Se menciona que el sistema Tambomachay es la fuente principal de la ocurrencia de los últimos sismos locales (como el de 05 – 04 – 1986) y que el sistema de callamiento Qoricocha es subsidiario al de Tambomachay y se activa constantemente como consecuencia del proceso dinámica del callamiento Tambomachay (Deza 1986).

Imagen 13: 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"

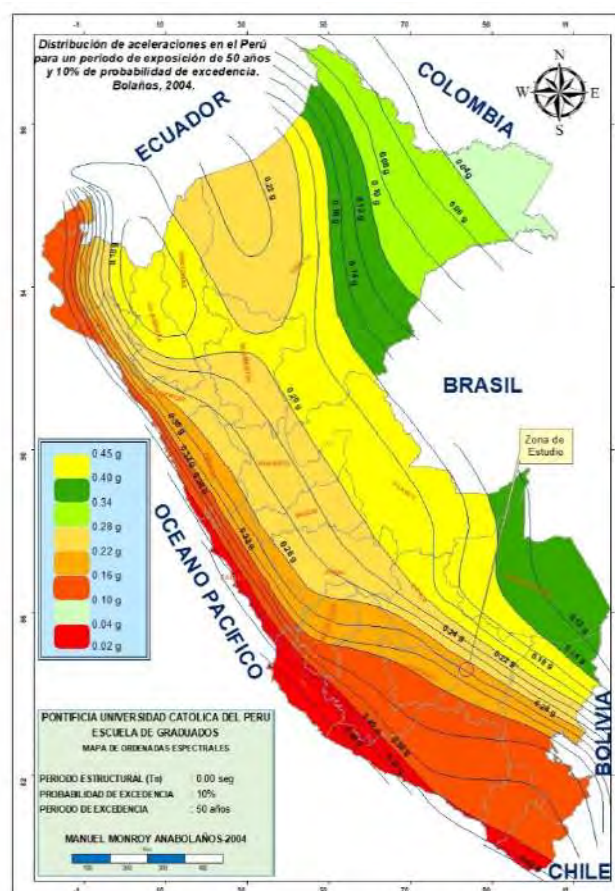
5.2.4. ACELERACIONES SISMICAS

En el Perú se utilizan los mapas de isoaceleraciones sísmicas publicados por Alva y Castillo en 1985, las cuales varían entre valores de 0.28 y 0.30 en la zona del proyecto, disminuyendo conforme se avanza hacia el Este.

En la Imagen se muestra el mapa de isoaceleraciones para un 10% de excedencia en 50 años



Imagen 14: Aceleraciones Sísmicas



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

Cuadro 59: Aceleraciones Sísmicas Según Escala Mercalli

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: Elaboración Propia

5.3. GEODINAMICA EXOGENA

Se considera como fenómenos de geodinámica externa a todos aquellos que participan en la evolución del modelado de la superficie terrestre como resultado de la interacción de agentes geodinámicos que pueden ser percibidos por el hombre. En esta sección se proporciona una visión aproximada de los tipos de acciones erosivas y sus intensidades actuales.

5.3.1. DESCRIPCION GEODINAMICA A LO LARGO DEL TRAZO

5.3.1.1. Deslizamiento

Los fenómenos de Geodinámica Externa observados en el camino vecinal, son desplazamientos traslacionales temporales de materiales clásticos inconsolidados, reptación de suelos, desmoronamiento de roca y cárcavas, los mismos que han tenido relación directa con la carretera, porque en muchos casos se han ocasionado la restricción del tráfico en forma parcial en la actual vía en servicio y que redundaron en costos de mantenimiento y/o rehabilitación.

En general, en el camino vecinal los fenómenos geodinámicos han sido y son de escasa envergadura, como consecuencia de que la carretera mayormente se emplaza por una topografía ondulada, manifestándose más bien con cierta frecuencia en el subtramo de lomadas y colinas.

A continuación, se procede a la descripción individualizada de estos procesos:

Imagen 15: Tipo y Clasificación de deslizamiento



A. Deslizamiento Antiguo Traslacional

La masa se mueve a lo largo de una superficie de falla plana u ondulada. En general, estos movimientos suelen ser más superficiales que los rotacionales y el desplazamiento ocurre con frecuencia a lo largo de discontinuidades como fallas, diaclasas, planos de estratificación o planos de contacto entre la roca y el suelo residual o transportado que yace sobre ella.

En este tipo de deslizamientos la masa de terreno se desplaza hacia afuera y abajo, a lo largo de una superficie más o menos plana o suavemente ondulada, con pequeños movimientos de rotación comúnmente el movimiento de la masa deslizada hace que esta quede sobre la superficie original del terreno.

Causas

- ❖ Roca firme que se asienta sobre otra menos firme, como por ejemplo suelo arcilloso



- ❖ Roca meteorizada sobre suelo firme
- ❖ Roca que presenta una fractura paralela a la superficie

Soluciones

- ❖ En el momento de corte del talud se tiene que perfilar hasta lograr su estabilidad esto en pendientes moderados
- ❖ En pendientes empinadas a muy empinadas se tendrá que realizar cortes de talud ya que nos encontramos en suelos que contienen cantidades importantes de arcillas activas tipo montmorillonita, requieren de pendientes de talud inferiores a 2H:1V. Los suelos con kaolinita permiten generalmente taludes hasta 1H:1V. Las alturas entre bermas en suelos arcillosos no deben ser superiores a 5 metros y las gradas deben tener un ancho mínimo de 4 metros.
- ❖ Para dicha estabilidad se tomó en consideración los parámetros geotécnicos para el cálculo de la estabilidad ángulo de rozamiento, cohesión, resistencia al corte sin drenaje, resistencia a compresión simple y peso específico.

Figura 33: Vista de un Deslizamiento Traslacional

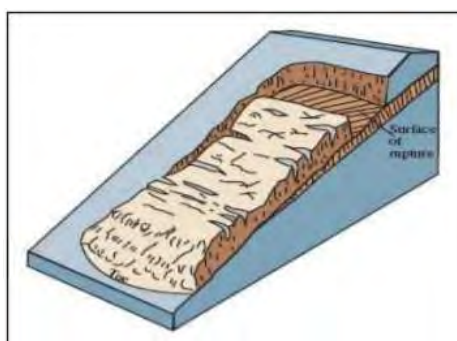


Foto 23: Vista del deslizamiento antiguo



B. Desmorronamiento de roca

Se define como una masa separada de un talud sobre la superficie de un corte. El material del terreno o de la roca desciende a través del aire cayendo, rebotando, o rodando. El movimiento sucede de rápido a muy rápido. Estos fenómenos suelen producirse en zonas constituidas geológicamente por alternancias sedimentarias de capas resistentes y débiles.

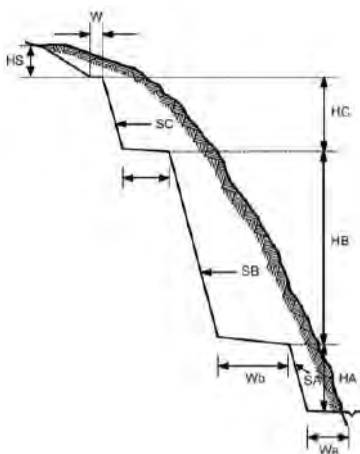
Causas

- ❖ Corte del talud sin tomar las medidas de estabilidad de reposo del material
- ❖ Sobresaturación del talud
- ❖ El grado de intemperismos de la roca arenisca proceso de metamorfismo

Soluciones

- ❖ Desquinche de la roca suelta
- ❖ Perfilarlo y/o realizar corte de banquetas
- ❖ A menos que las discontinuidades se encuentren bien cementadas, las pendientes de los taludes no deben tener ángulos superiores al buzamiento de las diaclasas o planos de estratificación. Entre menos espaciadas sean las discontinuidades se requieren pendientes menores de talud. Para materiales muy fracturados se requieren taludes, alturas y bermas similares a los que se recomiendan para materiales meteorizados.

Figura 34: Criterios para el diseño de taludes en roca



Dicho desmoronamiento se aprecia en la progresiva siguiente:

Figura 35: Vista del desmoronamiento de roca

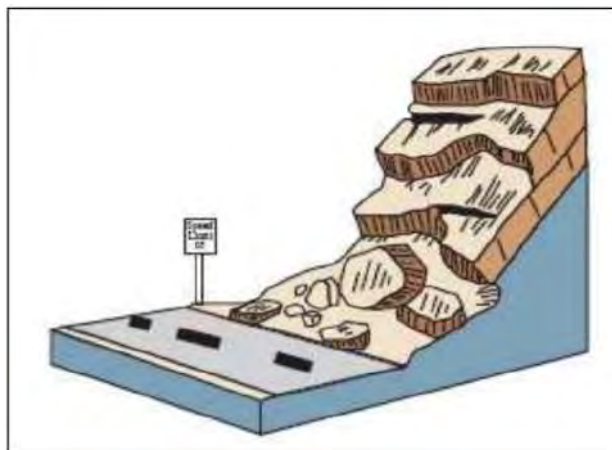


Foto 24: Vista del desmoronamiento de roca en matriz arcilla arenosa

C. Sector inestable deslizamiento (Cantera)

Dicho deslizamiento se encuentra compuesto litológicamente por depósitos de material de la formación arcuquina de grava de media a fina y arena fina. Dicho material lo utilizan de cantera, sin embargo, la metodología de extracción del material se encuentra afectado porque el sector es inestable debido a la composición es por ello que se recomienda la extracción de la parte superior a inferior dando su respectiva seguridad de banquetas.



Foto 25: Vista del deslizamiento utilizado como cantera de agregado

D. Derrumbe

Un derrumbe o deslizamiento se define como el movimiento pendiente abajo, lento o súbito de una ladera, formada por materiales naturales: roca, suelo, vegetación o bien rellenos artificiales. Representa uno de los procesos geológicos más destructivos que afectan a los seres humanos. Se presentan sobre todo en la época lluviosa o durante períodos de actividad sísmica. Dicho derrumbe está compuesto litológicamente por rocas de la formación arcuquina de calizas fracturadas.

Causas

- ❖ Orientación de grietas
- ❖ Movimiento tectónico
- ❖ Cambios en la pendiente de carga o cresta de montaña
- ❖ Excavación de la pendiente/ladera
- ❖ Lluvias de alta intensidad o de larga duración. Estas causan una sobrecarga de agua que aumenta el peso de las capas superiores del suelo
- ❖ Transmisión de ondas sísmicas
- ❖ Grandes variaciones de temperatura que causan ruptura de las rocas
- ❖ Erosión eólica (debida al viento), que causa la remoción de capas de suelo
- ❖ Factor antrópico

Soluciones

- ❖ Desquinche de la roca suelta
- ❖ Perfilarlo y/o realizar corte de banquetas

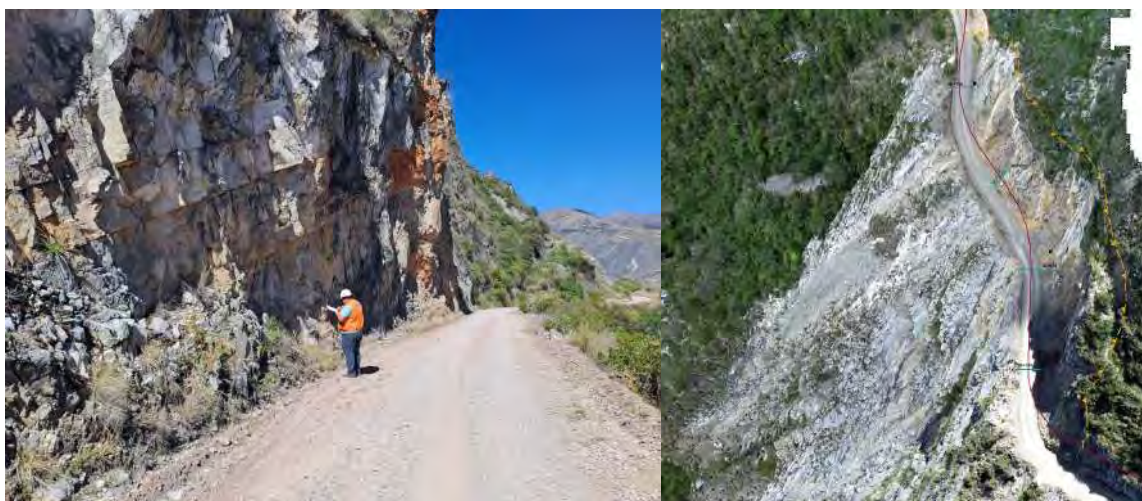


Foto 26: Vista del derrumbe de afloramiento rocoso de calizas

5.3.2. TRATAMIENTO GEODINAMICO

Cuadro 60: Tratamiento geodinámico

TRATAMIENTO GEODINAMICO				
PROGRESIVA	TIPO	LONGITUD (m)	TRATAMIENTO	OBSERVACIONES
6+540 - 6+580	DESPLAZAMIENTO DE ESCOMBROS	40	BANQUETAS	
7+060 - 7+135	DESMORRONAMIENTO	75	BANQUETAS	
7+235 - 7+265	DESPLAZAMIENTO ANTIGUO	30		
7+480 - 7+520	DESMORRONAMIENTO	40	BANQUETAS	
8+455 - 8+500	PLATAFORMA AFECTADA DESMORRONAMIENTO	45	MAMPOSTERIA	
35+040 - 35+100	SECTOR INESTABLE DESPLAZAMIENTO (CANTERA)	60	BANQUETAS	TRABAJAR LA BANQUETA DE ARRIBA HACIA ABAJO
36+080 - 36+180	DERRUMBE	100	DESQUINCHE	
34+400 - 34+440	DERRUMBE	40	DESQUINCHE	
41+740 - 41+880	DESPLAZAMIENTO DE ESCOMBROS (PAMPAHUATA)	170	BANQUETAS	

Fuente: Elaboración Propia



CAPITULO VI

GEOTECNIA

6.1. GENERALIDADES

La operatividad de la Carretera presenta serias dificultades por estar ubicada en una zona de condiciones naturales complejas, con presencia de procesos hidrodinámicos y geodinámicos (erosión fluvial y pluvial, deslizamientos, derrumbes, etc.), que afectan a la carretera en forma permanente, intensificándose los daños durante periodos húmedos tales como los periodos de lluvias intensas y específicamente durante los periodos del Fenómeno del Niño.

La presente tesis ha sido preparada sobre la base de las investigaciones de campo realizadas en el periodo de diciembre de 2020 a marzo del 2021.

6.2. TALUDES

El trazo de carretera en su generalidad muestra tres tipos de taludes.

- ❖ Taludes estables en tierra compacta y generalmente son de corte bajo, compuestos por materiales que tiene talud vertical sumamente compacto.
- ❖ Taludes muy inestables en roca triturada, roca suelta y tierra suelta
- ❖ Taludes en roca dura, taludes de gran altura.
- ❖ Corte talud recomendable.
- ❖ El diseño de los taludes se ha realizado con las recomendaciones de los términos de referencia, sin embargo, no se caracteriza total estabilidad, pues toda la zona por donde atraviesa el trazo de carretera es altamente tectónizada, con la presencia de rocas fragmentadas.

Según el tipo de suelo se ha diseñado con los siguientes taludes recomendables:

Cuadro 61: Valores referenciales para taludes en corte (Relacion H:V)

Materiales	Talud (V:H)		
	Altura (m)		
	< 5	5-10	> 10
Gravas, limo arenoso y arcilla	1:1.5	1:1.75	1:2
Arena	1:2	1:2.25	1:2.5
Enrocado	1:1	1:1.25	1:1.5



Clasificación de materiales de corte		Roca fija	Roca Suelta	Material		
				Grava	Limo arcilloso o arcilla	Arenas
Altura de corte	< 5	1:10	1:6 1:4	1:1 1:3	1:1	2:1
	5-10 m	1:10	1:4 1:2	1:3	1:1	*
	> 10	1:8	1:2	*	*	*

Fuente: MTC

6.3. DISEÑO DE ESTABILIDAD DEL DESLIZAMIENTO DE PAMPAHUATA

El deslizamiento de Pampahuata está ubicado en la Progresiva 41+740Km – 41+880 Km:

6.3.1. DESLIZAMIENTO DE ESCOMBROS

Una masa de suelo o mezcla de suelo y fragmentos de roca se mueven como una unidad a lo largo de superficies planas con alta inclinación. Estos deslizamientos ocurren de manera progresiva pudiendo convertirse en avalanchas o flujos. Las principales causas de deslizamientos de escombros son: el incremento de las fuerzas de filtración y la inclinación de talud. La ocurrencia de este tipo de deslizamiento es común en suelos residuales y depósitos coluviales que reposan sobre una superficie de roca.

6.3.2. ESCARPE

Forma de relieve fundamental que aparece como consecuencia de los movimientos tectónicos. Es la desnivelación topográfica entre dos bloques fallados, y que tiene una parte estructural y otra erosiva en la desnivelación topográfica. Según sea el papel desempeñado por la tectónica y por la erosión diferencial en la formación del escarpe, se pueden distinguir: el escarpe de falla primitivo u original, el escarpe de línea de falla o derivado y el escarpe de falla compuesto. La escarpa del deslizamiento tiene la zona de arranque en la corona del deslizamiento

6.3.3. DESLIZAMIENTO ANTIGUO

El deslizamiento antiguo de Pampahuata, ubicado en la parte central de la misma y presenta escarpes semicirculares y elongados, estos se ubican en la cabecera o corona del deslizamiento. Dicho deslizamiento está conformado por clastos y gravas angulosas en matriz limo arcillosa, medianamente compactos, tiene regular vegetación, no se descarta que puedan reactivarse ante lluvias extraordinarias o sismos de regular intensidad

6.3.4. DESLIZAMIENTO ACTIVO

Dicho deslizamiento está conformado por clastos y gravas subangulosas a subredondeadas en una matriz limo arcillosa. Estas capas se encuentran medianamente compactas a deleznales donde

también hay procesos de erosión que afecta la vía de comunicación. El deslizamiento se desplazarse como un flujo con dirección norte-sur, fue descrito como un flujo de Tierra. La masa, en el caso de estudio, está compuesta por la mezcla de suelo y roca muy meteorizada. En la zona de arranque del flujo, se observa reptación de suelo con escarpas múltiples y retrogresivos.

6.3.5. GEOLOGIA DEL DESLIZAMIENTO

Geológicamente dicho deslizamiento se encuentra emplazado en depósitos cuaternario (deposito coluvial), gravas redondeadas a subredondeadas, arcillas y limos; con un mínimo porcentaje por la formación Arcurquina por evidenciar rocas calizas que se encuentra con un fracturamiento muy alto y meteorizada.

6.3.6. GEOMORFOLOGIA DEL DESLIZAMIENTO

Geomorfológicamente la zona en estudio se encuentra en una vertiente de montaña disectada, con una topografía muy accidentada conformada por laderas fuertemente ramificadas Litológicamente están constituidas por rocas metamórficas del precámbrico y del paleozoico; por rocas sedimentarias del triásico superior; por rocas volcánicas del Jurásico inferior y del paleógeno.

Figura 36: Causas de fallas de la pendiente de un terreno



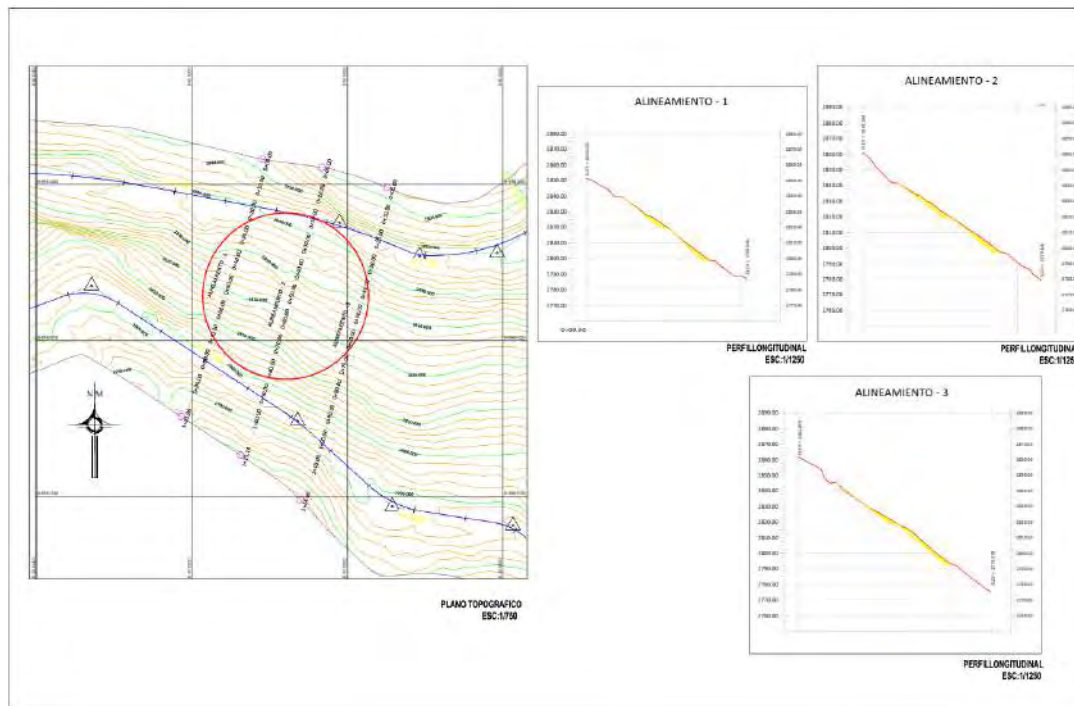
La principal causa de este tipo de falla es el incremento de la inclinación del talud, meteorización y fuerzas de filtración; sus consecuencias no son catastróficas, a pesar de que el movimiento puede causar severos daños a estructuras que se encuentren en la masa deslizante o sus alrededores.

Figura 37: Vista del deslizamiento de Pampahuata



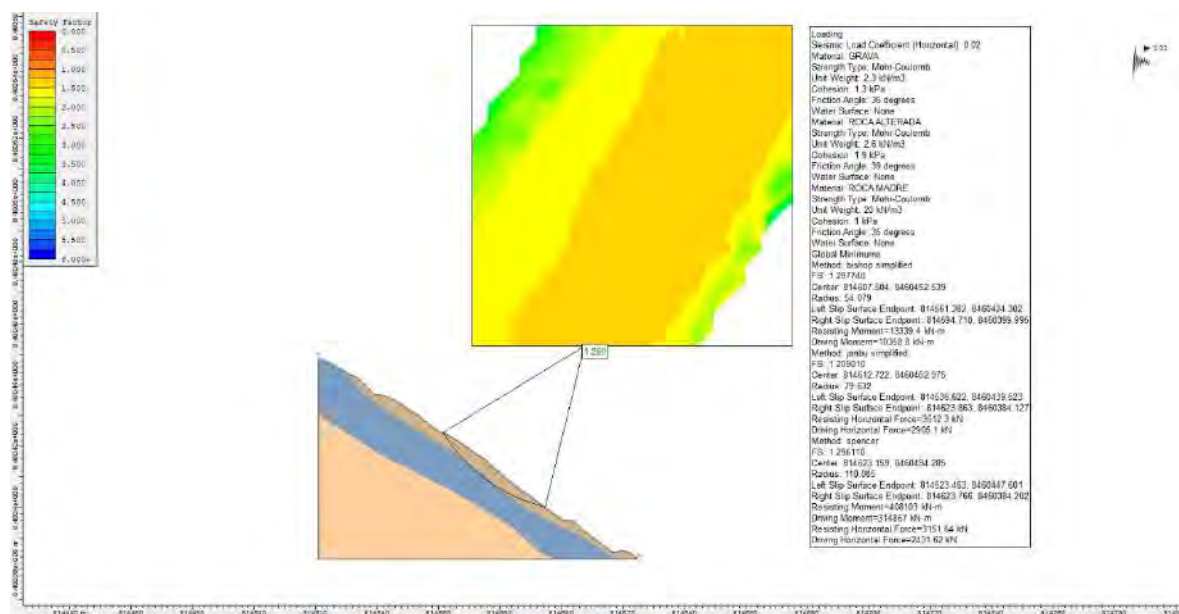


6.3.7. DISEÑO DE ESTABILIDAD DE TALUD EN ESTADO NATURAL NO SATURADO



Fuente: Elaboración propia

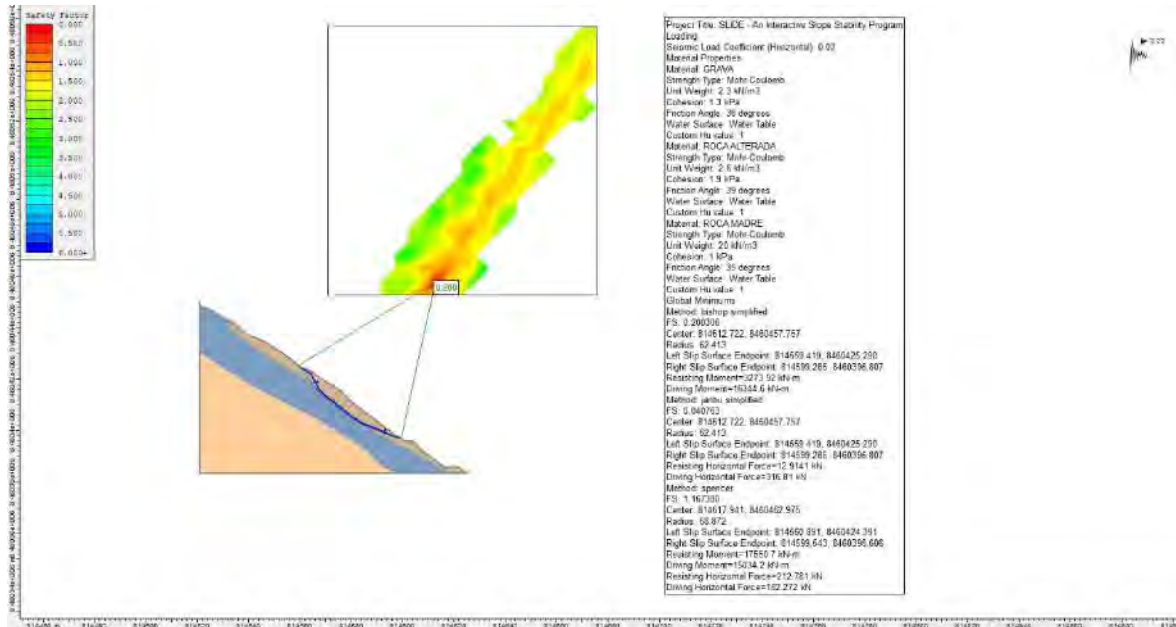
Dicho diseño se realizó utilizando el software slide



Fuente: Elaboración propia



6.3.8. DISEÑO DE ESTABILIDAD DE TALUD EN ESTADO NATURAL SATURADO

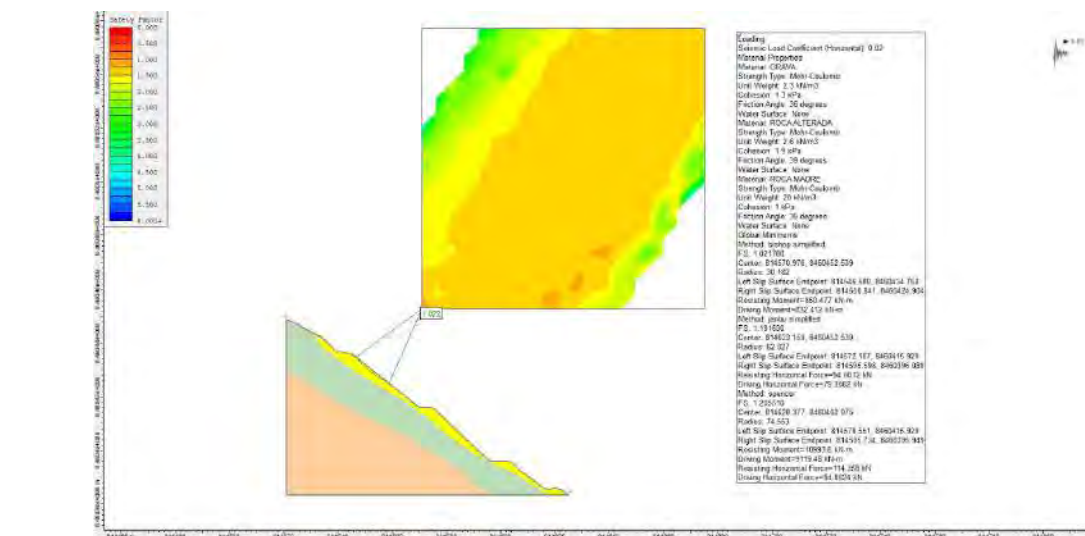


Fuente: Elaboración propia

Cuadro 62: Comparación de estabilidad en estado natural y saturado

CONDICIONES DEL TERRENO	FS
SATURADO	0.200
NO SATURADO	1.288

6.3.9. DISEÑO DE ESTABILIDAD DE TALUD EN ESTADO TALUDADO NO SATURADO



Fuente: Elaboración propia



Cuadro 63: Comparación de estabilidad en estado natural y saturado

CONDICIONES DEL TERRENO	FS
SATURADO	0
NO SATURADO	1.022

6.4. GEOLOGÍA DE LA UBICACIÓN DE LOS PUENTES

6.4.1. PUENTE ANTACOA PROGRESIVA 28+450

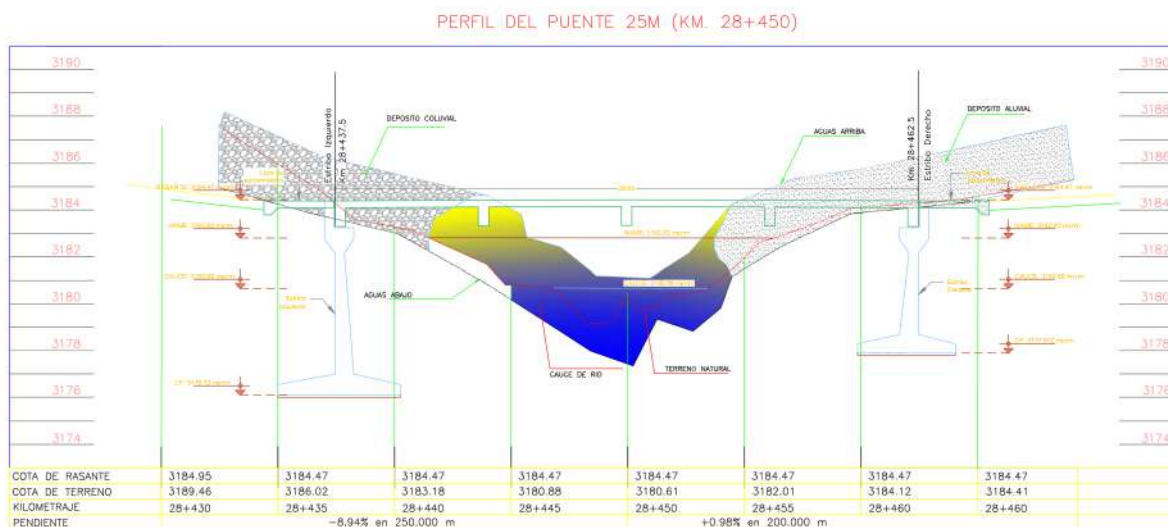
Dicho puente está emplazado geológicamente en su margen derecha por material cuaternario coluvial compuesta litológicamente de gravas redondeadas a subredondeadas, arenas; así como también su margen izquierda por material cuaternario aluvial de arenas. Geomorfológicamente esta sobre una vertiente de montaña allanada con una pendiente moderadamente inclinada.

Los ensayos realizados son abrasión, contenido de humedad, límites de consistencia, análisis granulométrico y CBR, SPT, PDL.

Foto 28: Vista de la ubicación del puente sobre material cuaternario coluvial y aluvial



Imagen 16: Perfil del Puente 25 m (KM 28+450)





Fuente: Diseño del estudio Hidrológico y elaboración propia geología

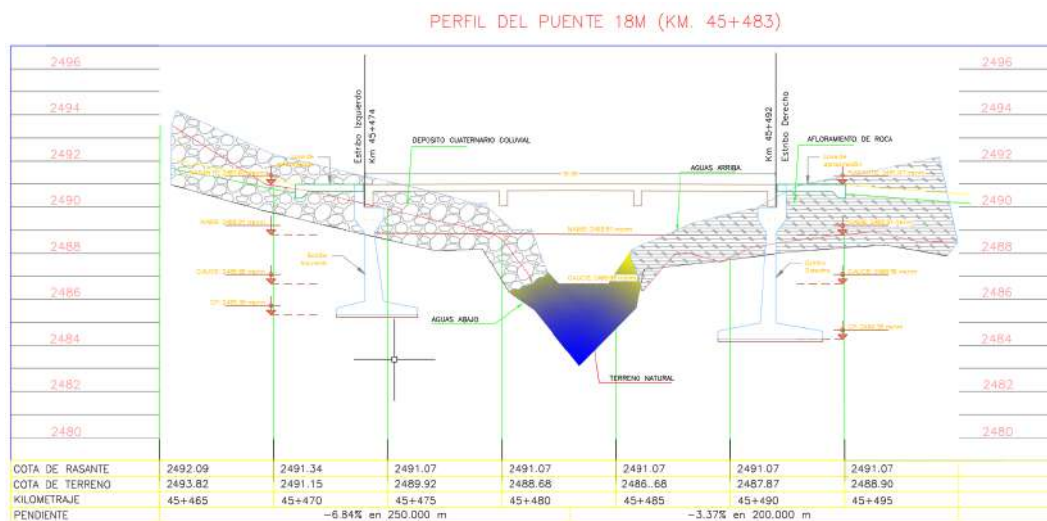
6.4.2. PUENTE CASANI PROGRESIVA 45+483

Dicho puente está emplazado geológicamente en su margen derecha por material cuaternario coluvial compuesta litológicamente de gravas redondeadas a subredondeadas, arenas; así como también su margen izquierda aflora roca de la formación arcuquina con rumbo NO - SE. Geomorfológicamente esta sobre una vertiente de montaña disectada con una pendiente empinada.

Foto 29: Vista del puente Casani



Imagen 17: Perfil del Puente 18m (Km 45+483)



Fuente: Diseño del estudio Hidrológico y elaboración propia geología

6.5. GEOTECNIA DE LA UBICACION DE CANTERAS

6.5.1. UBICACIÓN DE CANTERAS

El estudio de las canteras es de suma importancia, ya que así se podrá identificar, investigar y verificar las propiedades físicas, mecánicas y químicas de MIG, BIC, cimentaciones, sustratos granulares, asfalto mezclado en caliente y capas de concreto.

Las canteras que se menciona a continuación están emplazadas por:

6.6.1.1. Cantera 01 (Prog.: 22+205 Km – 22+262 Km)

El material que está emplazada dicha cantera está conformado por material del Grupo Tacaza. Tobas líticas con matriz tobáceas con componentes polimícticos de hasta 50 cm de diámetro, cementada a soldada, y por material coluvial. Cuyo material está compuesto de grava mal graduada con arcilla GP-GC. El área de dicha cantera es de 1,316.32 m², con un volumen bruto de 10,530.56 m³, y con un volumen de explotación de 9,872.40 m³



Foto 30: Vista de la cantera 1

6.6.1.2. Cantera 02 (Prog.: 21+060 Km – 21+077 Km)

El material que está emplazada dicha cantera está conformado por material del Grupo Tacaza. Tobas líticas con matriz tobáceas con componentes polimícticos de hasta 50 cm de diámetro, cementada a soldada, y por material coluvial. Cuyo material está compuesto de grava mal graduada con arena GP. El área de dicha cantera es de 1,096.55 m², con un volumen bruto de 4,386.20 m³, y con un volumen de explotación de 3,837.93 m³

Foto 31: Vista de la cantera 2



6.6.1.3. Cantera 03 (Prog.: 18+042 Km – 18+084 Km)

El material que está emplazada dicha cantera está conformado por material del Grupo Tacaza. Secuencia piroclástica soldada con cristales y líticos centimétricos. Cuyo material está compuesto de grava mal graduada con arcilla. El área de dicha cantera es de $3,777.64 \text{ m}^2$, con un volumen bruto de $26,443.48 \text{ m}^3$, y con un volumen de explotación de $24,554.66 \text{ m}^3$

Foto 32: Vista de la cantera 3



6.6.1.4. Cantera 04 (Prog.: 12+500 Km – 12+567 Km)

El material que está emplazada dicha cantera está conformado por material del Grupo Tacaza. Secuencias de lavas afaníticas gris oscuras intercaladas con tobas y brechas lávicas, regularmente alteradas, irregular presencia de minerales de cobre, y por material cuaternario de depósitos coluviales y aluviales. Cuyo material está compuesto roca arenisca. El área de dicha cantera es de $1,917.60 \text{ m}^2$, con un volumen bruto de $19,176.00 \text{ m}^3$, y con un volumen de explotación de $18,408.96 \text{ m}^3$

Foto 33: Vista de la cantera 4



6.6.1.5. Cantera 05 (Prog.: 11+040 Km – 11+111 Km)

El material que está emplazada dicha cantera está conformado por material del Grupo Tacaza. Secuencias de lavas afaníticas gris oscuras intercaladas con tobas y brechas lávicas, regularmente alteradas, irregular presencia de minerales de cobre, y por material cuaternario de depósitos coluviales y aluviales. Cuyo material está compuesto de grava mal graduada con arcilla GP-GC. El área de dicha cantera es de $4,133.57 \text{ m}^2$, con un volumen bruto de $41,335.70 \text{ m}^3$, y con un volumen de explotación de $39,268.92 \text{ m}^3$

Foto 34: Vista de la cantera 5



6.6.1.6. Cantera 06 (Prog.: 9+932 Km – 10+022 Km)

El material que está emplazada dicha cantera está conformado por material del Grupo Tacaza. Secuencias de lavas afaníticas gris oscuras intercaladas con tobas y brechas lávicas, regularmente alteradas, irregular presencia de minerales de cobre. Cuyo material esta compuesta de grava mal graduada con arena GP. El área de dicha cantera es de $3,673.93 \text{ m}^2$, con un volumen bruto de $18,369.65 \text{ m}^3$, y con un volumen de explotación de $16,532.69 \text{ m}^3$

Foto 35: Vista de la cantera 6



6.6.1.7. Cantera 07 (Prog.: 5+260 Km – 5+331Km)

El material que está emplazada dicha cantera está conformado por material del Grupo Tacaza. Secuencias de lavas afaníticas gris oscuras intercaladas con tobas y brechas lávicas, regularmente alteradas, irregular presencia de minerales de cobre. Cuyo material esta compuesta de grava mal graduada con arcilla y con arena GP-GC-GM. El área de dicha cantera es de $1,997.49 \text{ m}^2$, con un volumen bruto de $9,987.45 \text{ m}^3$, y con un volumen de explotación de $8,988.71 \text{ m}^3$

Foto 36: Vista de la cantera 7



6.6.1.8. Cantera 08 (Prog.: 4+353 Km – 4+463 Km)

El material que esta emplazada dicha cantera está conformado por material del Grupo Tacaza. Secuencias de lavas afaníticas gris oscuras intercaladas con tobas y brechas lávicas, regularmente alteradas, irregular presencia de minerales de cobre. Cuyo material esta compuesta roca arenisca. El área de dicha cantera es de $4,892.75 \text{ m}^2$, con un volumen bruto de $48,927.50 \text{ m}^3$, y con un volumen de explotación de $46,481.13 \text{ m}^3$



Foto 37: Vista de la cantera 8



6.6.1.9. Cantera 09 (Prog.: 2+280 Km – 2+329 Km)

El material que está emplazada dicha cantera está conformado por material del Grupo Tacaza. Volcano sedimentarios de color rojizo, de lahares con bombas lávicas, matriz volcanoterroso con líticos hasta de 50 cm, intercalada con conglomerados y volcarenitas. Cuyo material está compuesto de grava mal graduada con arcilla GP-GC. El área de dicha cantera es de 1,253.56 m², con un volumen bruto de 6,267.80 m³, y con un volumen de explotación de 5,766.38 m³

Foto 38: Vista de la cantera 9



6.6.1.10. Cantera 10 (Prog.: 31+745 Km – 31+845 Km)

El material que está emplazada dicha cantera está conformado por material del Grupo Tacaza. Volcano sedimentarios de color rojizo, de lahares con bombas lávicas, matriz volcanoterroso con líticos hasta de 50 cm, intercalada con conglomerados y volcarenitas. Cuyo material está compuesto de grava mal graduada con arena GC. El área de dicha cantera es de 4,167.99 m², con un volumen bruto de 29,175.93 m³, y un volumen de explotación de 27,091.94 m³

Foto 39: Vista de la cantera 10



6.6.1.11. Cantera 11 (Prog.: 34+676 Km – 34+751 Km)

El material que está emplazada dicha cantera está conformado por material de la Formación Arcurquina superior que está compuesto de secuencias de estratos métricos de calizas micríticas y por deposito coluviales de gravas y arenas. Cuyo material está compuesto de grava bien graduada GW. El área de dicha cantera es de 1,253.56 m², con un volumen bruto de 6,267.80 m³, y con un volumen de explotación de 5,766.38 m³

Foto 40: Vista de la cantera 11



6.6.1.12. Cantera 12 (Prog.: 18+042 Km – 18+084 Km)

El material que está emplazada dicha cantera está conformado por material de la Formación Arcurquina superior que está compuesto de secuencias de estratos métricos de calizas micríticas y por deposito coluviales de gravas y arenas. Cuyo material está compuesto de grava mal graduada con arcilla y con arena GP-GC. El área de dicha cantera es de 1,253.56 m², con un volumen bruto de 6,267.80 m³, y con un volumen de explotación de 5,766.38 m³

Foto 41: Vista de la cantera 12



6.6.1.13. Cantera 13 (Prog.: 18+042 Km – 18+084 Km)

El material que está emplazada dicha cantera está conformado por material de la Formación Arcurquina superior que está compuesto de secuencias de estratos métricos de calizas micríticas y por deposito coluviales de gravas y arenas. Cuyo material está compuesto de grava arcillosa GC. El área de dicha cantera es de $1,253.56 \text{ m}^2$, con un volumen bruto de $6,267.80 \text{ m}^3$, y con un volumen de explotación de $5,766.38 \text{ m}^3$

Foto 42: Vista de la cantera 13



6.6.1.14. Cantera 14 (Prog.: 18+042 Km – 18+084 Km)

El material que está emplazada dicha cantera está conformado por material de la Formación Arcurquina medio que está compuesto de secuencia de calizas de estratos submétricos intercalados con niveles pelíticos y estratos de calizas micríticas centimétricas y por deposito coluviales de gravas y arenas. Cuyo material está compuesto de grava mal graduada con arena GP. El área de dicha cantera es de $1,992.20 \text{ m}^2$, con un volumen bruto de $15,937.60 \text{ m}^3$, y con un volumen de explotación de $15,539.16 \text{ m}^3$



Foto 43: Vista de la cantera 14



Cuadro 64: Resumen de las ubicaciones de las canteras

N°	PROGRESIVA	Muestra	Tipo de material	SUCS	Area m2	Vol. Bruto m3	Vol. Explot. M3
1	22+205 - 22+262	Cantera 1	Grava Mal Graduada con Arcilla	GP-GC	1,316.32	10,530.56	9,872.40
2	21+060 - 21+082	Cantera 2	Grava Mal Graduada con Arena	GP	1,096.55	4,386.20	3,837.93
3	18+042 - 18+084	Cantera 3	Grava Mal Graduada con Arcilla	GP-GC	3,777.64	26,443.48	24,554.66
4	12+500 - 12+567	Cantera 4	Roca Arenisca	R	1,917.60	19,176.00	18,408.96
5	11+040 - 11+111	Cantera 5	Grava Mal Graduada con Arcilla	GP-GC	4,133.57	41,335.70	39,268.92
6	9+932 - 10+022	Cantera 6	Grava Mal Graduada con Arena	GP	3,673.09	18,369.65	16,532.69
7	5+260 - 5+331	Cantera 7	Grava Mal Graduada con Arcilla y con Arena	GP-GC-GM	1,197.49	9,987.45	8,988.71
8	4+353 - 4+463	Cantera 8	Roca Arenisca	R	4,892.75	48,927.50	46,481.13
9	2+280 - 2+329	Cantera 9	Grava Mal Graduada con Arcilla	GP-GC	1,253.56	6,267.80	5,766.38
10	31+745 - 31+845	Cantera 10	Grava Arcillosa con Arena	GC	4,167.99	29,175.93	27,091.94
11	34+676 - 34+751	Cantera 11	Grava Bien Graduada	GW	1,253.56	6,267.80	5,766.38
12	38+771 - 38+820	Cantera 12	Grava Mal Graduada con Arcilla y con Arena	GP-GC	1,253.56	6,267.80	5,766.38
13	40+775 - 40+805	Cantera 13	Grava Arcillosa	GC	1,253.56	6,267.80	5,766.38
14	45+106 - 45+173	Cantera 14	Grava Mal Graduada con Arena	GP	1,992.20	15,937.60	15,539.16

Fuente: Elaboración propia

6.6. CLASIFICACION DE MATERIALES

6.6.1. MATERIAL COMPACTO

El material compacto está compuesto por material cuaternario como:

6.6.1.1. Depósito Coluvial (Qh-co)

En la zona del tramo de carretera dichos depósitos no cuentan con un espesor importante ya que corresponde a acumulaciones locales sin mucho transporte, formándose en las cabeceras de las terrazas aluviales dando apariencia de ser un mismo deposito productos de la meteorización física, que ocasiona el desprendimiento de fragmentos de roca, desplazados por la pendiente, principalmente por la gravedad, siendo acumulados en la base de las laderas, e forma de concoides de derrubio, acumulación de derrumbe, caídas de rocas y macizos desplomadas y/o deslizadas, donde se incluye los deslizamientos.

Sus perfiles tienen a coincidir con el ángulo de equilibrio, lo que denota su acumulación casi enteramente de origen gravitacional, corroborada por la naturaleza de sus elementos que están en



estrecha relación con las rocas aledañas. Los mejores ejemplos se hallan a lo largo del camino vecinal y al pie de múltiples escarpas en multitud de cerros con pendientes moderadas a fuertes.

Dicho depósito aflora en las progresivas:

Foto 44: Vista del depósito coluvial



6.6.1.2. Depósito Aluvial (Qh-al)

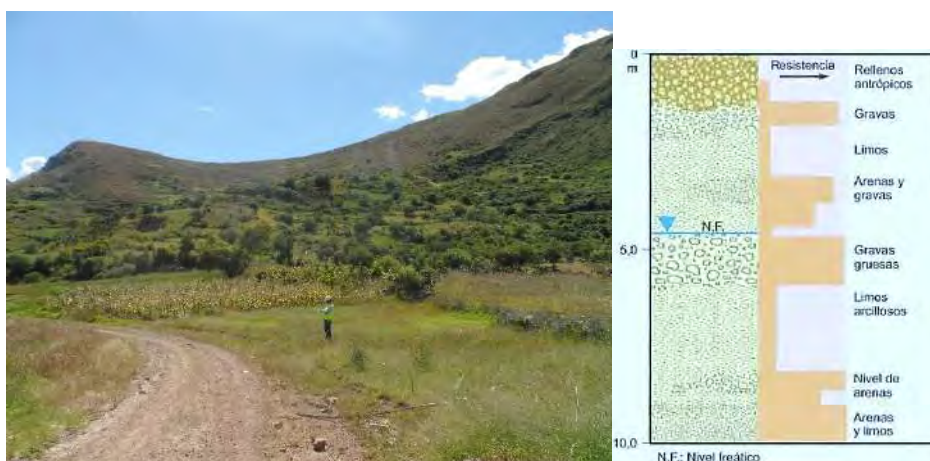
Son aquellos depósitos que se encuentran al pie de las escarpas, laderas prominentes como material de escombros depositándose preferencialmente en los lugares semiplanos o pampas circunscritas por lomadas y en las partes correspondientes al fondo de los valles o ampliaciones debido a su conjunción, dando lugar a llanuras aluviales.

El material aluvial se halla en los cauces antiguos, recientes y en las laderas de los valles, quebradas, formando respectivamente terrazas y conos aluviales.

Dichos depósitos están constituidos por gravas cantos redondeados y angulosos, dentro de una matriz areno arcillosa, presentan una grosera estratificación que se acuña entre capas de arena y arcillas y que ha sufrido poco transporte.

Dicho depósito aflora en las progresivas

Foto 45: Vista del depósito aluvial



Cuadro 65: Clasificación de material compacto



**"ESTUDIO GEOLOGICO - GEOTECNICO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR
DE LA CARRETERA DEPARTAMENTAL CU-118 EN EL TRAMO: "PUENTE HUACAYCHACA-CCAPI-
PAMPAHUATA-DISTRITO DE CCAPI-PROVINCIA DE PARURO-DEPARTAMENTO DEL CUSCO"**



CLASIFICACION DE MATERIALES							
N°	MAT COMPACTO PROGRESIVAS	mt	UNIDADES GEOLOGICAS	SIMBOLO	VH	RECOMENDACIONES	LITOLOGIA
2	0+400 0+440	40	DEPOSITO COLUVIAL	Qh-co	2:1		Gravas con clastos angulosos a subangulosos, en matriz arenoso
4	0+845 0+890	45	DEPOSITO COLUVIAL	Qh-co	2:1		Gravas con clastos angulosos a subangulosos, en matriz arenoso
6	0+905 0+960	55	DEPOSITO COLUVIAL	Qh-co	2:1		Gravas con clastos angulosos a subangulosos, en matriz arenoso
8	1+198 1+221	23	DEPOSITO COLUVIAL	Qh-co	2:1		Gravas con clastos angulosos a subangulosos, en matriz arenoso
11	1+760 2+015	255	DEPOSITO COLUVIAL	Qh-co	2:1		Gravas con clastos angulosos a subangulosos, en matriz arenoso
13	2+037 2+575	538	DEPOSITO COLUVIAL	Qh-co	2:1		Gravas con clastos angulosos a subangulosos, en matriz arenoso
15	2+645 2+955	310	DEPOSITO ALUVIAL	Qh-al	1:1		Gravas y arena, en matriz de arcilla y limo con clastos subangulosos
16	2+955 3+150	195	DEPOSITO COLUVIAL	Qh-co	2:1		Gravas con clastos angulosos a subangulosos, en matriz arenoso
18	3+230 3+370	140	DEPOSITO ALUVIAL	Qh-al	1:1		Gravas y arena, en matriz de arcilla y limo con clastos subangulosos
20	3+410 3+535	125	DEPOSITO ALUVIAL	Qh-al	1:1		Gravas y arena, en matriz de arcilla y limo con clastos subangulosos
22	3+580 3+750	170	DEPOSITO ALUVIAL	Qh-al	3:1		Gravas y arena, en matriz de arcilla y limo con clastos subangulosos
23	3+750 3+875	125	DEPOSITO COLUVIAL	Qh-co	3:1		Gravas con clastos angulosos a subangulosos, en matriz arenoso
25	4+110 4+170	60	DEPOSITO ALUVIAL	Qh-al	3:1		Gravas y arena, en matriz de arcilla y limo con clastos subangulosos
27	4+685 4+785	100	DEPOSITO COLUVIAL	Qh-co	3:1		Gravas con clastos angulosos a subangulosos, en matriz arenoso
29	5+045 5+760	715	DEPOSITO COLUVIAL	Qh-co	3:1		Gravas con clastos angulosos a subangulosos, en matriz arenoso
31	6+330 6+970	640	DEPOSITO COLUVIAL	Qh-co	3:1		Gravas con clastos angulosos a subangulosos, en matriz arenoso
34	7+215 7+480	265	DEPOSITO COLUVIAL	Qh-co	3:1		Gravas con clastos angulosos a subangulosos, en matriz arenoso
37	8+160 8+420	260	DEPOSITO COLUVIAL	Qh-co	3:1		Gravas con clastos angulosos a subangulosos, en matriz arenoso
39	8+570 8+670	100	DEPOSITO COLUVIAL	Qh-co	3:1		Gravas con clastos angulosos a subangulosos, en matriz arenoso
41	8+740 8+760	20	DEPOSITO ALUVIAL	Qh-al	3:1		Gravas y arena, en matriz de arcilla y limo con clastos subangulosos
43	8+850 9+000	150	DEPOSITO COLUVIAL	Qh-co	3:1		Gravas con clastos angulosos a subangulosos, en matriz arenoso
47	9+225 9+720	495	DEPOSITO ALUVIAL	Qh-co	3:1		Gravas y arena, en matriz de arcilla y limo con clastos subangulosos
48	9+720 9+850	130	DEPOSITO COLUVIAL	Qh-co	3:1		Gravas con clastos angulosos a subangulosos, en matriz arenoso
50	10+080 10+220	140	DEPOSITO COLUVIAL	Qh-co	3:1		Gravas con clastos angulosos a subangulosos, en matriz arenoso
52	10+320 10+520	200	DEPOSITO COLUVIAL	Qh-co	3:1		Gravas con clastos angulosos a subangulosos, en matriz arenoso
54	10+580 10+640	60	DEPOSITO COLUVIAL	Qh-co	2:1		Gravas con clastos angulosos a subangulosos, en matriz arenoso
55	10+640 10+790	150	DEPOSITO ALUVIAL	Qh-al	2:1		Gravas y arena, en matriz de arcilla y limo con clastos subangulosos
56	10+790 10+800	10	DEPOSITO COLUVIAL	Qh-co	2:1		Gravas con clastos angulosos a subangulosos, en matriz arenoso
58	10+940 11+680	740	DEPOSITO ALUVIAL	Qh-al	2:1		Gravas y arena, en matriz de arcilla y limo con clastos subangulosos
60	11+690 11+930	240	DEPOSITO COLUVIAL	Qh-co	3:1		Gravas con clastos angulosos a subangulosos, en matriz arenoso
62	12+060 12+240	180	DEPOSITO COLUVIAL	Qh-co	3:1		Gravas con clastos angulosos a subangulosos, en matriz arenoso
64	12+405 12+440	35	DEPOSITO COLUVIAL	Qh-co	3:1		Gravas con clastos angulosos a subangulosos, en matriz arenoso
67	12+660 12+810	150	DEPOSITO COLUVIAL	Qh-co	3:1		Gravas con clastos angulosos a subangulosos, en matriz arenoso
69	13+060 13+435	375	DEPOSITO COLUVIAL	Qh-co	3:1		Gravas con clastos angulosos a subangulosos, en matriz arenoso
71	14+000 14+050	50	DEPOSITO COLUVIAL	Qh-co	3:1		Gravas con clastos angulosos a subangulosos, en matriz arenoso
73	14+240 14+300	60	DEPOSITO COLUVIAL	Qh-co	3:1		Gravas con clastos angulosos a subangulosos, en matriz arenoso
75	14+670 15+130	460	DEPOSITO COLUVIAL	Qh-co	3:1		Gravas con clastos angulosos a subangulosos, en matriz arenoso
77	15+150 15+300	150	DEPOSITO COLUVIAL	Qh-co	3:1		Gravas con clastos angulosos a subangulosos, en matriz arenoso
79	15+410 15+650	240	DEPOSITO COLUVIAL	Qh-co	3:1		Gravas con clastos angulosos a subangulosos, en matriz arenoso
81	16+200 16+260	60	DEPOSITO COLUVIAL	Qh-co	3:1		Gravas con clastos angulosos a subangulosos, en matriz arenoso
85	16+620 16+750	130	DEPOSITO ALUVIAL	Qh-al	3:1		Gravas y arena, en matriz de arcilla y limo con clastos subangulosos
86	16+750 17+380	630	DEPOSITO COLUVIAL	Qh-co	3:1		Gravas con clastos angulosos a subangulosos, en matriz arenoso
89	18+620 19+530	910	DEPOSITO COLUVIAL	Qh-co	3:1		Gravas con clastos angulosos a subangulosos, en matriz arenoso
91	19+890 20+450	560	DEPOSITO COLUVIAL	Qh-co	3:1		Gravas con clastos angulosos a subangulosos, en matriz arenoso
94	20+960 21+930	970	DEPOSITO COLUVIAL	Qh-co	3:1		Gravas con clastos angulosos a subangulosos, en matriz arenoso
97	22+315 23+060	745	DEPOSITO COLUVIAL	Qh-co	3:1		Gravas con clastos angulosos a subangulosos, en matriz arenoso
99	23+110 23+670	560	DEPOSITO COLUVIAL	Qh-co	3:1		Gravas con clastos angulosos a subangulosos, en matriz arenoso
101	23+890 24+160	270	DEPOSITO COLUVIAL	Qh-co	3:1		Gravas con clastos angulosos a subangulosos, en matriz arenoso
103	24+580 28+130	3,550	DEPOSITO COLUVIAL	Qh-co	3:1		Gravas con clastos angulosos a subangulosos, en matriz arenoso
105	28+370 28+560	190	DEPOSITO ALUVIAL	Qh-al	3:1		Gravas y arena, en matriz de arcilla y limo con clastos subangulosos
107	28+670 32+260	3,590	DEPOSITO COLUVIAL	Qh-co	3:1		Gravas con clastos angulosos a subangulosos, en matriz arenoso
109	33+415 33+550	135	DEPOSITO COLUVIAL	Qh-co	3:1		Gravas con clastos angulosos a subangulosos, en matriz arenoso
111	33+565 33+800	235	DEPOSITO COLUVIAL	Qh-co	3:1		Gravas con clastos angulosos a subangulosos, en matriz arenoso
113	33+900 34+300	400	DEPOSITO COLUVIAL	Qh-co	3:1		Gravas con clastos angulosos a subangulosos, en matriz arenoso
115	34+435 34+820	385	DEPOSITO COLUVIAL	Qh-co	3:1		Gravas con clastos angulosos a subangulosos, en matriz arenoso
117	34+920 35+130	210	DEPOSITO COLUVIAL	Qh-co	3:1		Gravas con clastos angulosos a subangulosos, en matriz arenoso
119	35+220 36+020	800	DEPOSITO COLUVIAL	Qh-co	3:1		Gravas con clastos angulosos a subangulosos, en matriz arenoso
121	36+170 37+645	1,475	DEPOSITO COLUVIAL	Qh-co	3:1		Gravas con clastos angulosos a subangulosos, en matriz arenoso
123	38+590 38+820	230	DEPOSITO COLUVIAL	Qh-co	3:1		Gravas con clastos angulosos a subangulosos, en matriz arenoso
125	38+900 40+670	1,770	DEPOSITO COLUVIAL	Qh-co	3:1		Gravas con clastos angulosos a subangulosos, en matriz arenoso
127	40+690 40+890	200	DEPOSITO ALUVIAL	Qh-al	3:1		Gravas y arena, en matriz de arcilla y limo con clastos subangulosos
128	40+890 41+035	145	DEPOSITO COLUVIAL	Qh-co	3:1		Gravas con clastos angulosos a subangulosos, en matriz arenoso
130	41+165 41+260	95	DEPOSITO ALUVIAL	Qh-al	3:1		Gravas y arena, en matriz de arcilla y limo con clastos subangulosos
132	41+280 42+240	960	DEPOSITO COLUVIAL	Qh-co	3:1		Gravas con clastos angulosos a subangulosos, en matriz arenoso
134	42+280 42+340	60	DEPOSITO COLUVIAL	Qh-co	3:1		Gravas con clastos angulosos a subangulosos, en matriz arenoso
136	42+450 42+700	250	DEPOSITO COLUVIAL	Qh-co	3:1		Gravas con clastos angulosos a subangulosos, en matriz arenoso
138	42+730 43+240	510	DEPOSITO COLUVIAL	Qh-co	3:1		Gravas con clastos angulosos a subangulosos, en matriz arenoso
140	43+260 44+025	765	DEPOSITO COLUVIAL	Qh-co	3:1		Gravas con clastos angulosos a subangulosos, en matriz arenoso
142	44+105 44+220	115	DEPOSITO COLUVIAL	Qh-co	3:1		Gravas con clastos angulosos a subangulosos, en matriz arenoso
144	44+560 44+640	80	DEPOSITO COLUVIAL	Qh-co	3:1		Gravas con clastos angulosos a subangulosos, en matriz arenoso
145	44+640 44+880	240	DEPOSITO ALUVIAL	Qh-al	3:1		Gravas y arena, en matriz de arcilla y limo con clastos subangulosos
147	44+935 44+960	25	DEPOSITO COLUVIAL	Qh-co	3:1		Gravas con clastos angulosos a subangulosos, en matriz arenoso
148	44+960 45+080	120	DEPOSITO ALUVIAL	Qh-al	3:1		Gravas y arena, en matriz de arcilla y limo con clastos subangulosos
149	45+080 45+415	335	DEPOSITO COLUVIAL	Qh-co	3:1		Gravas con clastos angulosos a subangulosos, en matriz arenoso
151	45+450 45+585	135	DEPOSITO COLUVIAL	Qh-co	3:1		Gravas con clastos angulosos a subangulosos, en matriz arenoso
154	45+815 45+901	86	DEPOSITO COLUVIAL	Qh-co	3:1		Gravas con clastos angulosos a subangulosos, en matriz arenoso
TOTAL - mt		30,122	45,901				
%		65.62	100				

Fuente: Elaboración Propia (Modelo a utilizar proporcionado por Ing. Walter Ciprian GRTEC)

6.6.1.3. Afloramiento de roca suelta (Rx-s)

Resistente a la mayoría de los procesos de deterioro de masas de roca, aunque pueden ser más susceptibles a la meteorización. Puede ocurrir desintegración localizada alrededor de las discontinuidades mayores, conduciendo a caídos de bloques. Los caídos de granos ocurren en las rocas algo débiles. Como son las rocas andesitas, calizas.

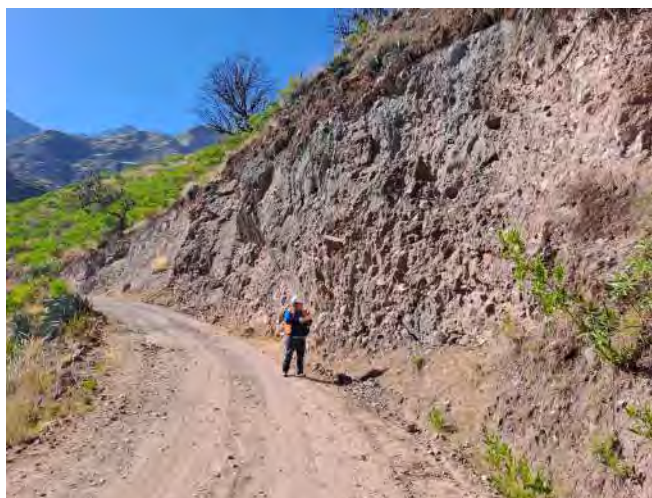
Dichas rocas sueltas se evidencian en las progresivas:



**"ESTUDIO GEOLOGICO - GEOTECNICO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR
DE LA CARRETERA DEPARTAMENTAL CU-118 EN EL TRAMO: "PUENTE HUACAYCHACA-CCAPI-
PAMPAHUATA-DISTRITO DE CCAPI-PROVINCIA DE PARURO-DEPARTAMENTO DEL CUSCO"**



Foto 46: Vista de la roca suelta



Cuadro 66: Clasificación de materiales de roca suelta

CLASIFICACION DE MATERIALES								
N°	ROCA FIJA		mt	UNIDADES GEOLOGICAS	SIMBOLO	V/H	RECOMENDACIONES	LITOLOGIA
	PROGRESIVAS							
9	1+221	1+565	344	GRUPO TACAHA	PN-ta/lbr	5:1		Secuencias de lavas afaníticasgrís oscuras intercaladas con tobas y brechas lávicas, regularmente alteradas
12	2+015	2+037	22	GRUPO TACAHA	PN-ta/lbr	5:1		Secuencias de lavas afaníticasgrís oscuras intercaladas con tobas y brechas lávicas, regularmente alteradas
14	2+575	2+645	70	GRUPO TACAHA	PN-ta/lbr	5:1		Secuencias de lavas afaníticasgrís oscuras intercaladas con tobas y brechas lávicas, regularmente alteradas
19	3+370	3+410	40	GRUPO TACAHA	PN-ta/lbr	5:1		Secuencias de lavas afaníticasgrís oscuras intercaladas con tobas y brechas lávicas, regularmente alteradas
21	3+535	3+580	45	GRUPO TACAHA	PN-ta/lbr	5:1		Secuencias de lavas afaníticasgrís oscuras intercaladas con tobas y brechas lávicas, regularmente alteradas
33	7+070	7+215	145	GRUPO TACAHA	PN-ta/lbr	5:1		Secuencias de lavas afaníticasgrís oscuras intercaladas con tobas y brechas lávicas, regularmente alteradas
36	7+885	8+160	275	GRUPO TACAHA	PN-ta/lbr	5:1		Secuencias de lavas afaníticasgrís oscuras intercaladas con tobas y brechas lávicas, regularmente alteradas
40	8+670	8+740	70	GRUPO TACAHA	PN-ta/lbr	5:1		Secuencias de lavas afaníticasgrís oscuras intercaladas con tobas y brechas lávicas, regularmente alteradas
44	9+000	9+070	70	GRUPO TACAHA	PN-ta/lbr	5:1		Secuencias de lavas afaníticasgrís oscuras intercaladas con tobas y brechas lávicas, regularmente alteradas
46	9+150	9+225	75	GRUPO TACAHA	PN-ta/lbr	5:1		Secuencias de lavas afaníticasgrís oscuras intercaladas con tobas y brechas lávicas, regularmente alteradas
51	10+220	10+320	100	GRUPO TACAHA	PN-ta/lbr	5:1		Secuencias de lavas afaníticasgrís oscuras intercaladas con tobas y brechas lávicas, regularmente alteradas
66	12+570	12+660	90	GRUPO TACAHA	PN-ta/lbr	5:1		Secuencias de lavas afaníticasgrís oscuras intercaladas con tobas y brechas lávicas, regularmente alteradas
78	15+300	15+410	110	GRUPO TACAHA	PN-ta/lbr	5:1		Secuencias de lavas afaníticasgrís oscuras intercaladas con tobas y brechas lávicas, regularmente alteradas
82	16+260	16+320	60	GRUPO TACAHA	PN-ta/lbr	5:1		Secuencias de lavas afaníticasgrís oscuras intercaladas con tobas y brechas lávicas, regularmente alteradas
93	20+880	20+960	80	GRUPO TACAHA	PN-ta/lbr	5:1		Secuencias de lavas afaníticasgrís oscuras intercaladas con tobas y brechas lávicas, regularmente alteradas
95	21+930	22+020	90	GRUPO TACAHA	PN-ta/lbr	5:1		Secuencias de lavas afaníticasgrís oscuras intercaladas con tobas y brechas lávicas, regularmente alteradas
98	23+060	23+110	50	GRUPO TACAHA	PN-ta/lbr	5:1		Secuencias de lavas afaníticasgrís oscuras intercaladas con tobas y brechas lávicas, regularmente alteradas
108	32+260	33+415	1,155	GRUPO TACAHA	PN-ta/lbr	5:1		Secuencias de estratos métricos de calizas micríticas
110	33+550	33+565	15	GRUPO TACAHA	PN-ta/lbr	5:1		Secuencias de estratos métricos de calizas micríticas
126	40+670	40+690	20	GRUPO TACAHA	PN-ta/lbr	5:1		Secuencias de estratos métricos de calizas micríticas
133	42+240	42+280	40	GRUPO TACAHA	PN-ta/lbr	5:1		Secuencias de estratos métricos de calizas micríticas
135	42+340	42+450	110	GRUPO TACAHA	PN-ta/lbr	5:1		Secuencias de estratos métricos de calizas micríticas
137	42+700	42+730	30	GRUPO TACAHA	PN-ta/lbr	5:1		Secuencias de estratos métricos de calizas micríticas
139	43+240	43+260	20	GRUPO TACAHA	PN-ta/lbr	5:1		Secuencia de calizas de estratos submétricos intercalados con niveles pelíticos y estratos de calizas micríticas centimétricas.
141	44+025	44+105	80	GRUPO TACAHA	PN-ta/lbr	5:1		Secuencia de calizas de estratos submétricos intercalados con niveles pelíticos y estratos de calizas micríticas centimétricas.
143	44+220	44+560	340	GRUPO TACAHA	PN-ta/lbr	5:1		Secuencia de calizas de estratos submétricos intercalados con niveles pelíticos y estratos de calizas micríticas centimétricas.
146	44+880	44+935	55	GRUPO TACAHA	PN-ta/lbr	5:1		Secuencia de calizas de estratos submétricos intercalados con niveles pelíticos y estratos de calizas micríticas centimétricas.
150	45+415	45+450	35	GRUPO TACAHA	PN-ta/lbr	5:1		Secuencia de calizas de estratos submétricos intercalados con niveles pelíticos y estratos de calizas micríticas centimétricas.
152	45+585	45+670	85	GRUPO TACAHA	PN-ta/lbr	5:1		Secuencia de calizas de estratos submétricos intercalados con niveles pelíticos y estratos de calizas micríticas centimétricas.
TOTAL - mt			3,721	45,901				
%			8.11	100				

Fuente: Elaboración Propia (Modelo a utilizar proporcionado por Ing. Walter Ciprian GRTC)

6.6.1.4. Afloramiento de roca fija (Rx-a)

Son Rocas sedimentarias, volcánicas, metamórficas que son propios de la formación Murco en donde hacia la base se observa intercalaciones de arenas pardo rojizas con limoarenas y lutitas. En la parte media estratos submétricos de areniscas cuarzosas. En la parte superior intercalaciones de



areniscas, limoarcillas y limoareniscas rojizas. Arenas cuarzosas blancas en estratos métricos, grano medio. Dicho afloramiento se presenta en las progresivas: la estratificación de las rocas.

Foto 47: Vista del afloramiento de roca fija en la margen derecha del rio Apurímac



A. Brechas (Rx-b)

La brecha en este caso vendría a ser una brecha sedimentaria que se forma donde se deposita fragmentos angulares de rocas o de restos minerales. Uno de los lugares más comunes para encontrar brechas es en la base de un afloramiento (Grupo Tacaza) donde se depositan los clastos por meteorización mecánica, también se hallan en depósitos de corriente a poca distancia del afloramiento y otros en un abanico aluvial.

Algunas brechas se originan a partir de depósitos de flujo de escombros. La característica de los clastos angulares muestra que no se han transportado muy lejos, ya que el transporte desgasta los bordes angulares transformándose en clastos redondeados. Después de la deposición, los clastos están unidos por un cemento mineral o por una matriz de granos más finos que llena los espacios entre ellos. La brecha son fragmentos grandes de rocas y tienen forma angular.

Cuadro 67: Escala de Undden Wentworth

Tamaño (mm)	Nombre	Tipo de roca
>256	Bloques	Conglomerados / Brecha
64-256	Cantos	
4-64	Guijarros	
2-4	Granulos/Guijas	

Fuente: Tucker, Maurice E. (2003). Sedimentary rocks in the field.

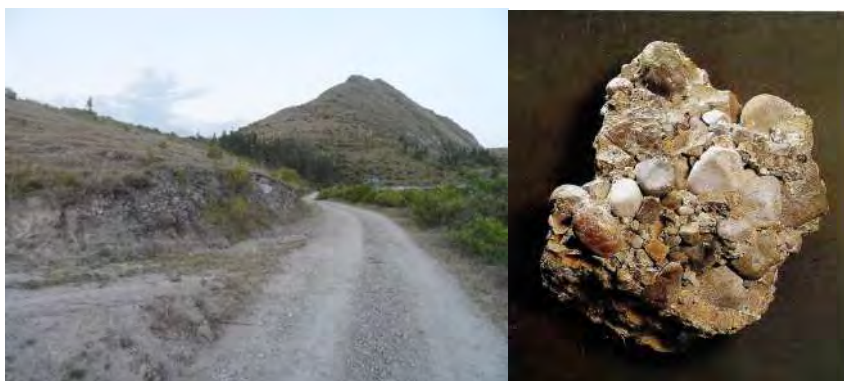
Aflora en las progresivas: 12+495-12+750; 13+130-13+680; 13+970-14+350; 16+205-16+300; 17+070-17+110; 20+130-20+565; 23+840-24+265; 23+660-26+900



**"ESTUDIO GEOLOGICO - GEOTECNICO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR
DE LA CARRETERA DEPARTAMENTAL CU-118 EN EL TRAMO: "PUENTE HUACAYCHACA-CCAPI-
PAMPAHUATA-DISTRITO DE CCAPI-PROVINCIA DE PARURO-DEPARTAMENTO DEL CUSCO"**



Foto 48: Vista del afloramiento de roca brechas



Cuadro 68: Clasificación de materiales de roca fija

CLASIFICACION DE MATERIALES						
N°	ROCA FIJA PROGRESIVAS	mt	UNIDADES GEOLOGICAS	SIMBOLO	VH	RECOMENDACIONES
1	0+000	0+400	400	GRUPO TACAIZA RF	PN-ta/tbr	5:1
3	0+440	0+845	405	GRUPO TACAIZA RF	PN-ta/tbr	5:1
5	0+890	0+905	15	GRUPO TACAIZA RF	PN-ta/tbr	5:1
7	0+960	1+198	238	GRUPO TACAIZA RF	PN-ta/tbr	5:1
10	1+565	1+760	195	GRUPO TACAIZA RF	PN-ta/tbr	5:1
17	3+150	3+230	80	GRUPO TACAIZA RF	PN-ta/tbr	5:1
24	3+675	4+110	235	GRUPO TACAIZA RF	PN-ta/tbr	5:1
26	4+170	4+885	515	GRUPO TACAIZA RF	PN-ta/tbr	5:1
28	4+785	5+045	260	GRUPO TACAIZA RF	PN-ta/tbr	5:1
30	5+760	6+330	570	GRUPO TACAIZA RF	PN-ta/tbr	5:1
32	6+970	7+070	100	GRUPO TACAIZA RF	PN-ta/tbr	5:1
35	7+490	7+885	405	GRUPO TACAIZA RF	PN-ta/tbr	5:1
38	8+420	8+570	150	GRUPO TACAIZA RF	PN-ta/tbr	5:1
42	8+760	8+850	90	GRUPO TACAIZA RF	PN-ta/tbr	5:1
45	9+070	9+150	80	GRUPO TACAIZA RF	PN-ta/tbr	5:1
49	9+850	10+080	230	GRUPO TACAIZA RF	PN-ta/tbr	5:1
53	10+520	10+580	60	GRUPO TACAIZA RF	PN-ta/tbr	5:1
57	10+800	10+940	140	GRUPO TACAIZA RF	PN-ta/tbr	5:1
59	11+680	11+690	10	GRUPO TACAIZA RF	PN-ta/tbr	5:1
61	11+930	12+060	130	GRUPO TACAIZA RF	PN-ta/tbr	5:1
63	12+240	12+405	165	GRUPO TACAIZA RF	PN-ta/tbr	5:1
65	12+440	12+570	130	GRUPO TACAIZA RF	PN-ta/tbr	5:1
68	12+810	13+060	250	BRECHA RF	Rx-b	5:1
70	13+435	14+000	565	BRECHA RF	Rx-b	5:1
72	14+050	14+240	190	GRUPO TACAIZA RF	PN-ta/tbr	5:1
74	14+300	14+670	370	GRUPO TACAIZA RF	PN-ta/tbr	5:1
76	15+130	15+150	20	GRUPO TACAIZA RF	PN-ta/tbr	5:1
80	15+650	16+200	550	GRUPO TACAIZA RF	PN-ta/tbr	5:1
83	16+320	16+525	205	GRUPO TACAIZA RF	PN-ta/tbr	5:1
84	16+525	16+620	95	BRECHA RF	Rx-b	5:1
87	17+380	17+430	50	BRECHA RF	Rx-b	5:1
88	17+430	18+620	1,190	GRUPO TACAIZA RF	PN-ta/tbr	5:1
90	19+530	19+890	360	GRUPO TACAIZA RF	PN-ta/tbr	5:1
92	20+450	20+880	430	BRECHA RF	Rx-b	5:1
96	22+020	22+315	295	GRUPO TACAIZA RF	PN-ta/tbr	5:1
100	23+670	23+890	220	GRUPO TACAIZA RF	PN-ta/tbr	5:1
102	24+160	24+580	420	BRECHA RF	Rx-b	5:1
104	28+130	28+370	240	GRUPO TACAIZA RF	PN-ta/tbr	5:1
106	28+560	28+670	110	GRUPO TACAIZA RF	PN-ta/tbr	5:1
112	33+900	33+900	100	GRUPO TACAIZA RF	PN-ta/tbr	5:1
114	34+300	34+435	135	GRUPO TACAIZA RF	PN-ta/tbr	5:1
116	34+820	34+920	100	GRUPO TACAIZA RF	PN-ta/tbr	5:1
118	35+130	35+220	90	GRUPO TACAIZA RF	PN-ta/tbr	5:1
120	36+020	36+170	150	GRUPO TACAIZA RF	PN-ta/tbr	5:1
122	37+645	38+590	945	GRUPO TACAIZA RF	PN-ta/tbr	5:1
124	38+820	38+900	80	GRUPO TACAIZA RF	PN-ta/tbr	5:1
129	41+035	41+165	130	GRUPO TACAIZA RF	PN-ta/tbr	5:1
131	41+260	41+280	20	GRUPO TACAIZA RF	PN-ta/tbr	5:1
153	45+670	45+815	145	GRUPO TACAIZA RF	PN-ta/tbr	5:1
TOTAL - mt			12,058	45,961		
%			26.27	106		

Fuente: Elaboración Propia (Modelo a utilizar proporcionado por Ing. Walter Ciprian GRTC)



Cuadro 69: Unidades lito estratigráficas locales.

UNIDADES DE GEOLOGIA_LOCAL	
	Br, BRECHAS
	Qh-al, DEPOSITO ALUVIAL
	Qh-co, DEPOSITO COLUVIAL
	RF, ROCA FIJA
	RS, ROCA SUELTA

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 70: Resumen de la clasificación de materiales

CLASIFICACION DE MATERIALES			
N°	Tipo de Material	mt	%
1	Roca Fija	12,058.00	26.27
2	Roca Suelta	3,721.00	8.11
3	Material Compacto	30,122.00	65.62
TOTAL		45,901.00	100.00

Fuente: Elaboración Propia



Fuente: Elaboración Propia



CONCLUSIONES

1. Se ha verificado que para garantizar el cumplimiento de la vida útil de diseño del mejoramiento del camino vecinal es vital la realización del estudio geológico geotécnico con la finalidad de prevenir posibles fallas en el suelo de fundación. La geología del camino vecinal de la Carretera Departamental Cu – 118 en el Tramo: Puente Huacaychaca – Ccapi – Pampahuata Distrito de Ccapi – Provincia de Paruro - Departamento de Cusco”, en su recorrido atraviesa que van desde el mesozoico hasta el cenozoico, brechas, rocas fijas y rocas sueltas de material arenas, arcillas y limos areniscas.
2. En los procesos de geodinámica externa se evidenciaron deslizamientos y desmoronamiento de rocas antes expuesto, la cual al realizar el mejoramiento de la carretera en el proceso constructivo del ensanche de la carretera, se realizó obras de sostenimiento como banquetas (estabilidad de taludes), gaviones; así como obras de drenaje para la evacuación de las aguas pluviales y de escorrentía.
3. Se determinó que las características geotécnicas al evaluar se llegaron que CBR al 100% se encuentran en un rango de 21% al 71% lo cual indican que son excelentes en las calicatas muestreadas, y según el Ministerio de Transportes y Comunicaciones admite que aquellos mayores al 6% son la adecuados.
1. En la zona de estudio se realizaron estudios hidrológicos de las cuencas, donde se proyectan puentes y/o pontones, para conocer el comportamiento erosivo de sus aguas para que de esa manera mitigar con obras de ingeniería dando como resultado: Antahuayco: equilibrada con tendencia a erosiva; Casani: equilibrada con tendencia a erosiva; Jollpay: equilibrada con fuerte tendencia a erosiva.

Los caudales de diseño se han estimado como se muestra a continuación:

Cuenca Antahuayco (T=70 años): 7.39 m³/s, Cuenca Casani (T=150 años): 17.45 m³/s, Cuenca Casani (T=500 años): 28.74 m³/s, Cuenca Jollpay (T=150 años): 17.76 m³/s, Cuenca Jollpay (T=500 años): 28.41 m³/s. y que de acuerdo a dichos resultados se ha determinado que la luz mínima de puentes en las cuencas en estudio según se muestra en el siguiente detalle: Casani: 23.75 m en la progresiva 28+450 del eje del proyecto, y 1.50m de gálibo. Jollpay: 16.88 m en la progresiva 45+483 del eje del proyecto, y 2.50m de gálibo. Se ha determinado que la socavación de puentes en las cuencas en estudio según se muestra en el siguiente detalle: Casani: 2.29 m en la progresiva 28+450 del eje del proyecto, Jollpay: 1.59 m en la progresiva 45+483 del eje del proyecto.



RECOMENDACIONES

1. Se recomienda al finalizar el aprovechamiento de las canteras, se realice un adecuado trabajo de restauración de canteras para evitar deslizamientos de tierra que puedan afectar la plataforma, toda vez que las canteras forman parte de los taludes superiores de la carretera departamental.
1. Realizar otras pruebas de laboratorio como la porosidad y permeabilidad de suelos para tener mayor soporte en el estudio de vías.
2. Se recomienda la ejecución de un CBR por Km., para la exploración de la sub rasante cuyas características del material de base (CBR, granulometría, límites de consistencia, abrasión y compactación Proctor Modificado) deberán ser verificadas por medio de muestras del material al momento de emplear en obra, puesto que el material tiende a cambiar ligeramente según la zona de donde es extraído, para que de esa manera se obtendrá un mayor control de las propiedades físicas mecánicas del suelo.
3. Re perfilado de taludes de corte, en caso de taludes muy altos esto se deberán efectuarse con el diseño de banquetas, las cuales no deberán tener más de 7 metros de altura por 3 de berma.



BIBLIOGRAFIA

- Acuña Chavarría, L. M., & García Muñoz, C. E. (2017). *Caracterización geológica-geotécnica del tramo I de la carretera Comején-Waslala (Matagalpa-RACN)*. Managua - Nicaragua.
- Alca, P. (2015).
- Aliaga Vito, S. (1983). *Hidrología tratamiento de datos hidrometeorológicos INAF*. Lima- Perú.
- Bowles. (1992). *Propiedades de la Geología y Geotecnia para ingenieros*.
- Boza Jurado, R. W. (2018). *Evaluacion Geotecnica enel mejoramiento de la carretera departamentla Tapo Rican Yauli Jauja Rejion Junin* . Junin - Perú.
- Cabrera, S. (2010).
- Chereque, W. (1989). *Hidrología para estudiantes de ingeniería civil*.
- Crespo, C. (1998). *Mecánica de Suelos y Cimentaciones*. Mexico: Limusa.
- Gallegos, V. (2015).
- INEI. (2007). *Censos Nacionales: XI de Poblacion y VI de Vivienda*.
- Juarez, B., & Rodriguez, R. (1984). *Mecánica de Suelos. Tomo I y II*.
- Martinez, A. (1990). *Geotecnia para Ingenieros, Volumen I - Principios Básicos*. Lima.
- Mba Lozano y Tabares Gonzáles. (2005).
- Mejia Maecacuzco, A. (2006). *Hidrologia Aplicada* . Universidad Nacional Agraria. Lima-Peru.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2018). *Manual de Carreteras: Diseño Geometrico DG - 2018*. Lima - Peru.
- MINISTERIO DE TRANSPORTES, COMUNICACIONES, VIVIENDA Y CONSTRUCCION. (1999). *Especificaciones Técnicas Generales para construcción de Carreteras (EG-99)*.
- Pasapaera Chacaliza, M. J. (2016). *Influencia de los problemas geotectonicos sobre las obras viales en la ciudad de Ica* . Ica - Perú.
- Pecho Gutierrez, V. (1981). *Geologia de los cuadrangulos de Challhuanca, Antabamba y Santo Tomas*. Lima - Peru: Fimart S.A.
- Pérez, R. (2014).
- Peru, I. G. (1982). *Observaciones acerca de la Geotectonica en el Peru*.
- Piñella, E., & Scipion. (1999). *Normas DG - 99 CAMINOS I*. Lima - Peru.



Reglamneto Nacional de Construcciones . (1997). *Norma Técnica de Edificación E-50" SUELOS Y CIMENTACIONES*.

Rivera, Macías. (2011). *Baba-La Estrella*. Ecuador.

Sagástegui, C. (2017).

Tumillan, P. (1998). *Coordillera de los Andes*.

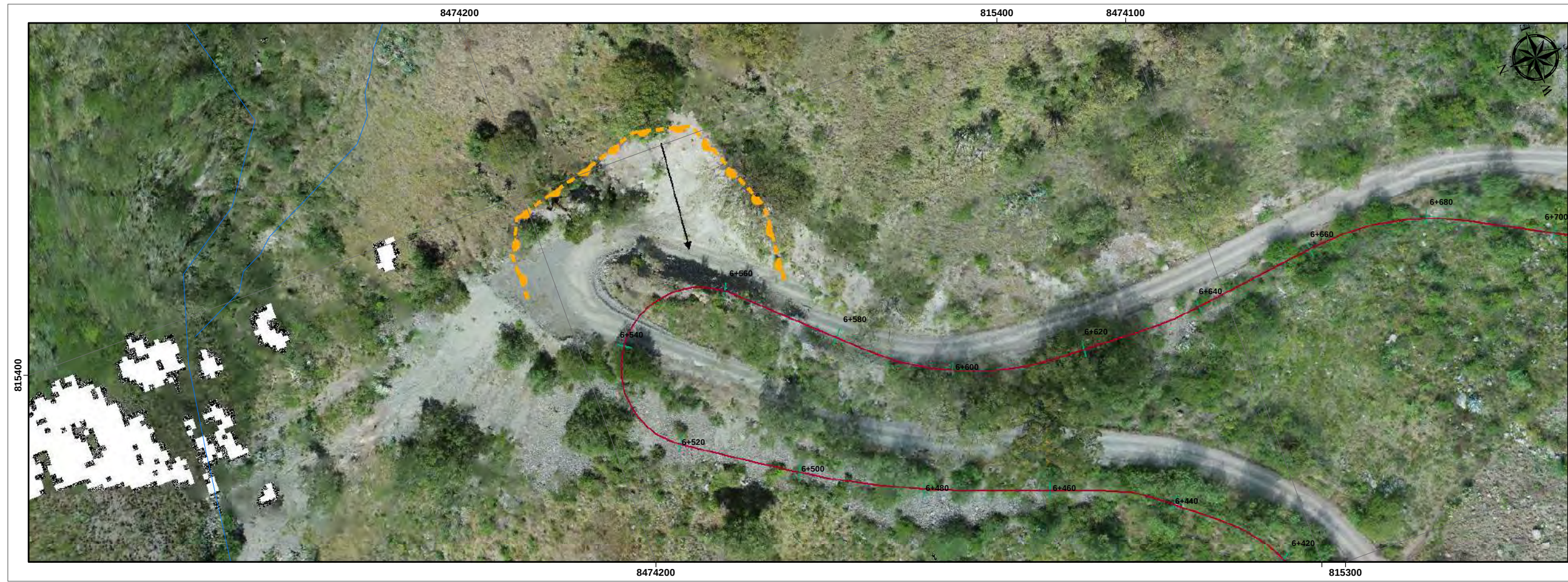


ANEXOS

MATRIZ DE CONSISTENCIA

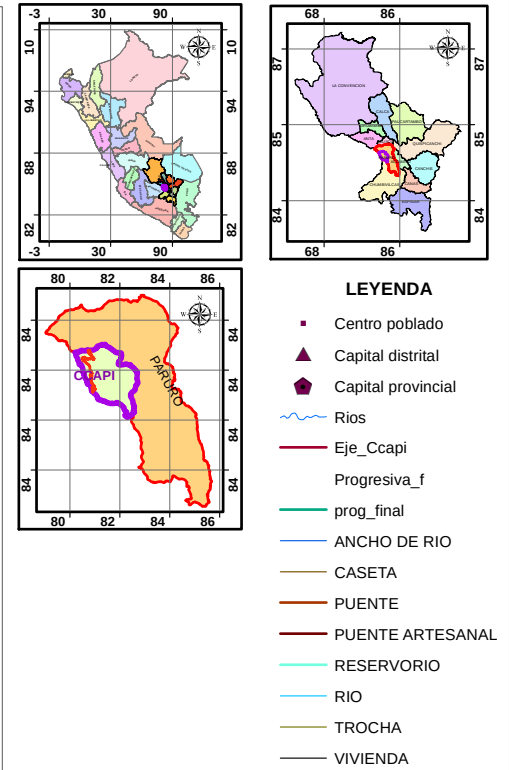
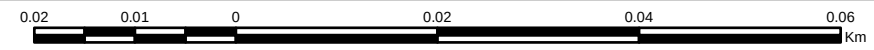


MATRIZ DE CONSISTENCIA DE LA INVESTIGACIÓN				
Título: "ESTUDIO GEOLOGICO - GEOTECNICO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR DE LA CARRETERA DEPARTAMENTAL CU-118 EN EL TRAMO: "PUENTE HUACAYCHACA-CCAPI- PAMPAHUATA-DISTRITO DE CCAPI-PROVINCIA DE PARURO-DEPARTAMENTO DEL CUSCO"				
Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variables / Dimensiones	Metodología – Plan de Trabajo
General	General	General	Variable Independiente	
❖ ¿Cuáles son los peligros Geológico – Geotécnicos existentes que comprometen la transitabilidad vehicular de la carretera departamental Cu-118 En El Tramo: "Puente Huacaychaca-Ccapi-Pampahuata - distrito de Ccapi - provincia de Paruro - departamento del Cusco?	❖ Evaluar los aspectos geológico – geotécnicos en el tramo "Puente Huacaychaca – Ccapi - Pampahuata del Distrito de Ccapi (Prog. 0+000 Km – 45+901 Km), con la finalidad de garantizar la seguridad física de la vía a través de obras propuestas como medio de solución a los problemas de riesgos latentes en la zona.	❖ La información básica del estudio geológico - geotécnico en el tramo "Puente Huacaychaca – Ccapi - Pampahuata del Distrito de Ccapi (Prog. 0+000 Km – 45+901 Km), servirá para la interpretación y posterior análisis o solucionar los aspectos que impiden la fluidez de transitabilidad en el tramo "Puente Huacaychaca – Ccapi - Pampahuata, lo cual se utilizará como base para poder desarrollar la forma de trabajo con su respectivo tratamiento en la presente ejecución del tramo "Puente Huacaychaca-Ccapi-Pampahuata". Así como las respectivas medidas de prevención y/o mitigación a los supuestos impactos generados.	❖ Geología y Geotecnia.	La metodología que nos permitió lograr el presente trabajo, se dividió en tres etapas, que son: ➤ ETAPA DE GABINETE En esta etapa se realizaron las siguientes actividades: • En esta etapa se ha realizado la recopilación de datos, análisis bibliográfico existente sobre la zona de estudio. Así mismo el análisis de foto interpretación del área. Luego de las salidas de campo, se elaboraron los planos geológicos y geomorfológicos sobre un plano 1:25,000 de la zona; tomando en cuenta las asociaciones litológicas existentes, con las cuales se hizo las interpretaciones respectivas. ➤ ETAPA DE CAMPO Los trabajos de campo han consistido en: • En la etapa de campo, se ha realizado el cartografiado geológico de las unidades estratigráficas y estructurales sobre el plano base a escala 1:25,000. El levantamiento de columnas estratigráficas en los afloramientos que se observan, tomando en cuenta los detalles de la estratigrafía secuencial, que permitieron establecer su caracterización geológica y geotécnica. Asimismo, se recolectaron muestras de suelos y rocas de calicatas y afloramientos para sus respectivos análisis. ➤ REDACCION DE LA TESIS En gabinete y laboratorio se han desarrollado las siguientes actividades: • Elaborar el informe preliminar y posteriormente el consolidado del informe final, adjuntando todo lo elaborado como planos, cuadros, fotografías y anexos que se consideren convenientes.
Específicos	Específicos	Específicos	Variable Dependiente	
❖ ¿Cuáles son los peligros geodinámicos de mayor potencial que pudiera amenazar al tramo "Puente Huacaychaca – Ccapi - Pampahuata del Distrito de Ccapi (Prog. 0+000 Km – 45+901 Km)? ❖ ¿Puede afectar el grado de intemperismo a los elementos litológicos y cuál es el comportamiento geomorfológico de las áreas adyacentes a la carretera? ❖ ¿Cuáles son las características geotécnicas necesarias para el mejoramiento de la transitabilidad vehicular de la carretera Puente Huacaychaca – Ccapi - Pampahuata del Distrito de Ccapi (Prog. 0+000 Km – 45+901 Km)?	❖ Identificar las áreas susceptibles a peligros geodinámicos de mayor potencial que pudiera amenazar al tramo "Puente Huacaychaca – Ccapi – Pampahuata" del Distrito de Ccapi (Prog. 0+000 Km – 45+901 Km) ❖ Reconocer las diferentes unidades litológicas y geomorfológicas para caracterizarlos y dimensionarlos en las áreas comprendidas del estudio, las que serán representadas y delimitadas en los mapas temáticos respectivos. ❖ Determinar las características geotécnicas necesarios para el mejoramiento de la transitabilidad vehicular de la carretera Puente Huacaychaca – Ccapi - Pampahuata del Distrito de Ccapi (Prog. 0+000 Km – 45+901 Km).	❖ En los sectores inestables y/o de mayor potencial que pudiera amenazar al tramo Puente Huacaychaca – Ccapi – Pampahuata, con el diseño de estabilidad de taludes se dará la seguridad a la transitabilidad vehicular de la carretera. ❖ Con el diseño de las obras de arte y con el tratamiento superficial será necesario para controlar los efectos del intemperismo a los elementos líticos en el tramo "Puente Huacaychaca – Ccapi - Pampahuata del Distrito de Ccapi (Prog. 0+000 Km – 45+901 Km). ❖ Con los estudios de mecánica de suelos en las zonas o sectores inestables se dará a conocer la capacidad portante y otros resultados que será para mejorar los sectores inestables con diseños de estabilización de taludes en el tramo "Puente Huacaychaca – Ccapi - Pampahuata del Distrito de Ccapi (Prog. 0+000 Km – 45+901 Km).	❖ Mejoramiento de la Transitabilidad Vehicular de la Carretera.	



LAMINA N° 01 PROG. 6+040 Km - 6+070 Km

ESC.:1:750

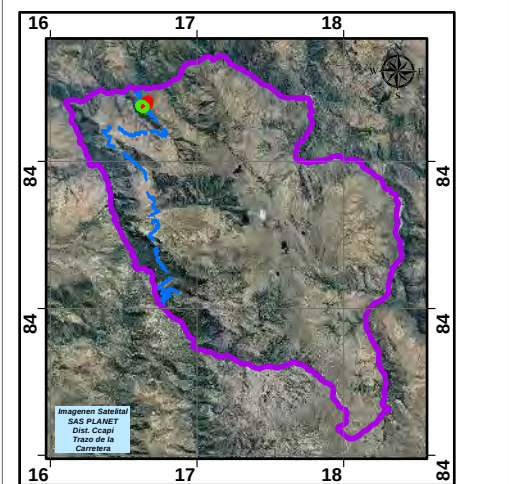


SIMBOLOGIA

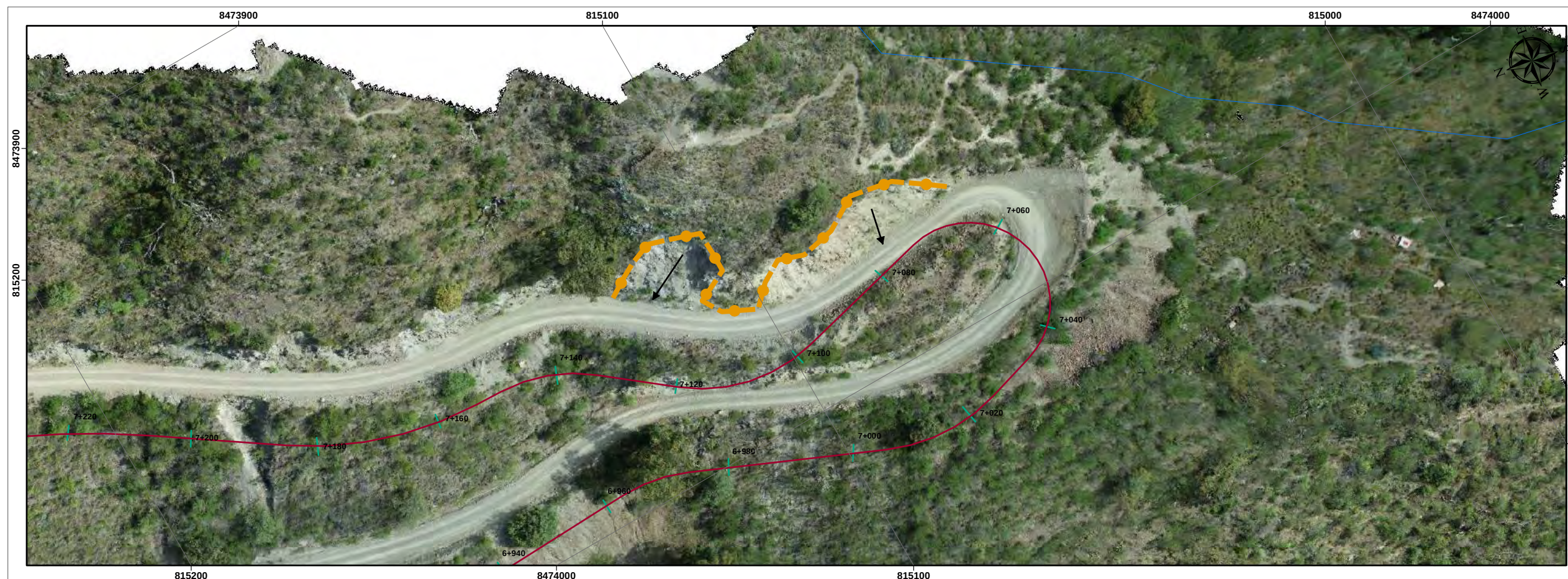
- FALLA INFERIDA
- EJE ANTICLINAL
- EJE SINCLINAL
- EJE SINCLINAL ECHADO
- BUZAMIENTO
- RUMBO Y BUZAMIENTO DE FOLIACION
- RUMBO Y BUZAMIENTO DE ESTRATOS INVERTIDOS
- RUMBO Y BUZAMIENTO VERTICAL

GEODINAMICA EXTERNA

- CANTERA INESTABLE DESLIZAMIENTO
- DERRUMBE
- DESGLIZAMIENTO ANTIGUO
- DESGLIZAMIENTO DE ESCARPE
- DESGLIZAMIENTO DE ESCOMBROS
- DESMORRONAMIENTO
- DIRECCION
- PLATAFORMA AFECTADA

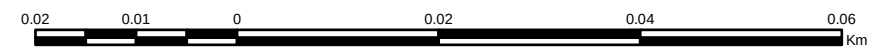


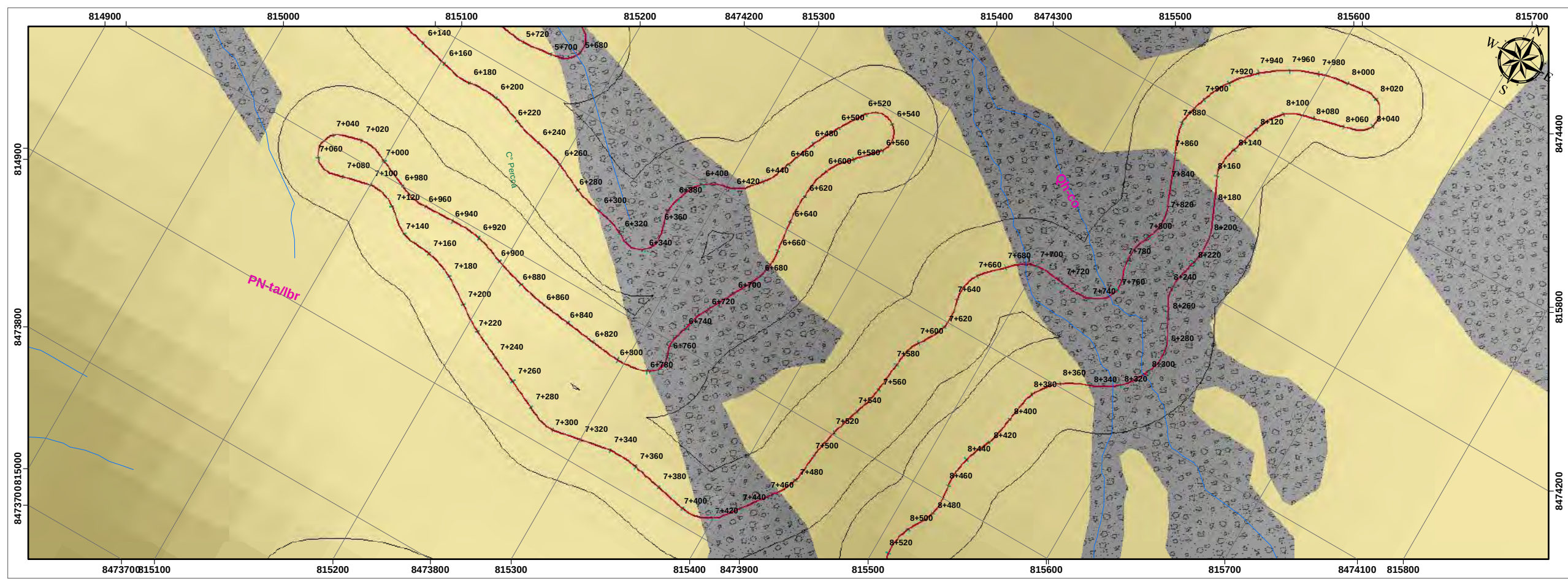
Instituto Geografico Nacional (IGN), Red Vial Nacional (RVN),
FUENTE: Instituto Nacional de Estadística e Informatica (INEI)
PROYECCION:UTM Zona 18 Sur Datum Horizontal de Referencia WGS84



LAMINA N° 02 PROG. 7+060 Km - 7+140 Km

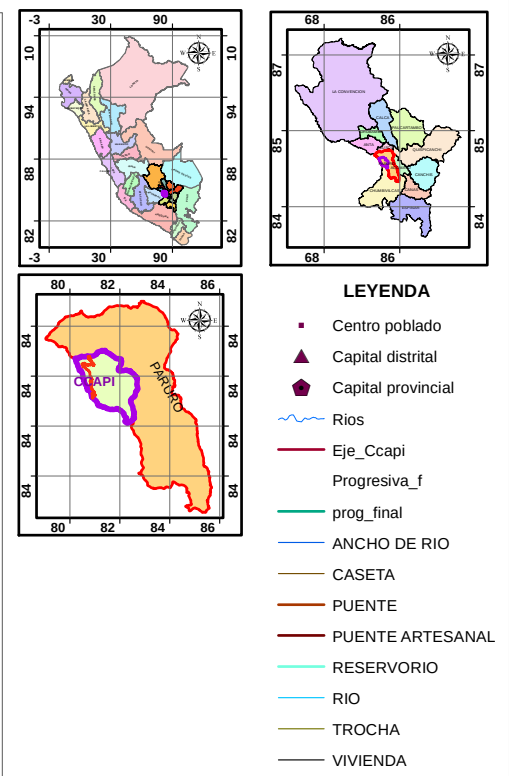
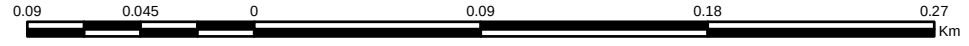
ESC.:1:750





LAMINA N° 05
PROG. 6+200 Km - 8+500 Km

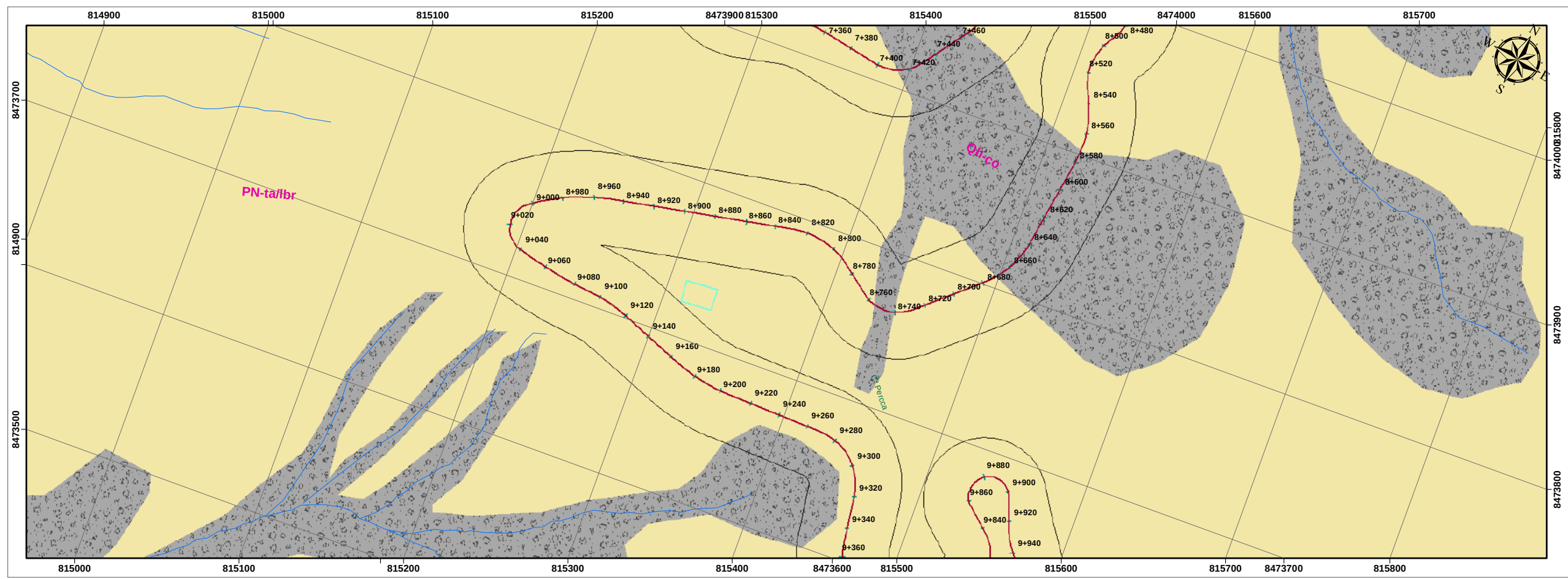
ESC.:1:3,000



SIMBOLOGIA

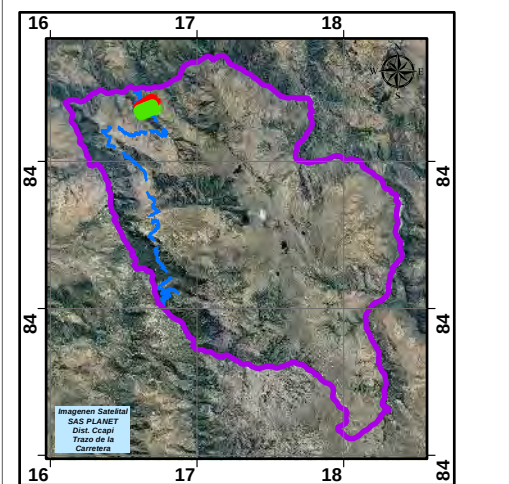
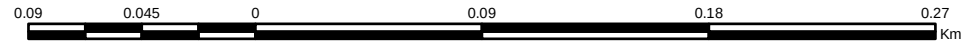
- FALLA INFERIDA
- EJE ANTICLINAL
- EJE SINCLINAL
- EJE SINCLINAL ECHADO
- BUZAMIENTO
- RUMBO Y BUZAMIENTO DE FOLIACION
- RUMBO Y BUZAMIENTO DE ESTRATOS INVERTIDOS
- RUMBO Y BUZAMIENTO VERTICAL

ERA	SISTEMA	SERIE	UNIDADES LITOSTRATIGRAFICAS
CUATERNARIO	Holoceno	Aluvial	Depositos aluviales, afloran rellenando cuencas morfológicas actuales.
		Deposito Coluvial	Depositos conformados por planas empinadas, a su vez, generalmente formando laderas de caídas.
		Grupos Talud	Talud: bloques con manto taludoso, con componentes pedregosos en hasta 25 cm de diámetro, cementado a su base.
CUATERNARIO	Holoceno	Grupos Talud	Secuencia progradada formada por conchales y fajas conchales.
		Grupos Talud	Secuencia de lavas alternadas por lavas intrusivas con lavas y lavas lavas, regularmente alternadas.
CUATERNARIO	Holoceno	Formaciones Antiguas	Secuencia de lavas melancólicas de lavas melancólicas.
		Formaciones Antiguas	Secuencia de lavas de lavas melancólicas intrusivas con lavas melancólicas y lavas de lavas melancólicas con lavas melancólicas.

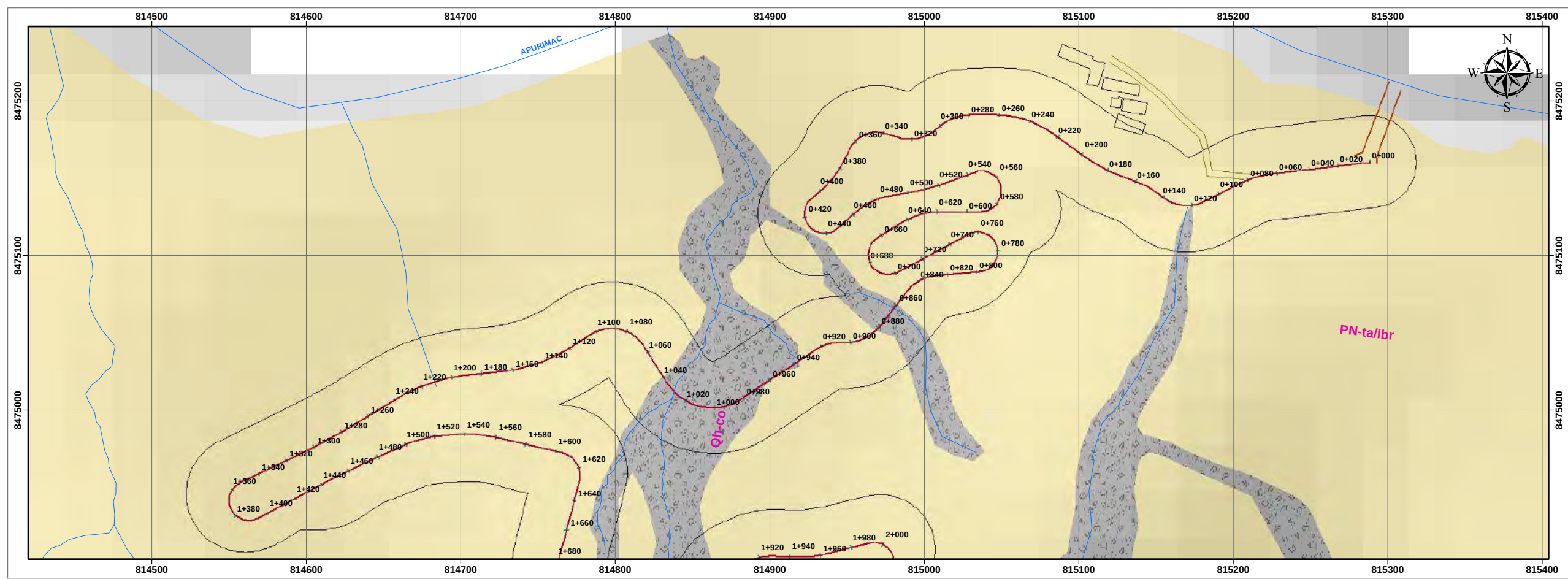


LAMINA N° 06
PROG. 8+500 Km - 9+300 Km

ESC.:1:3,000

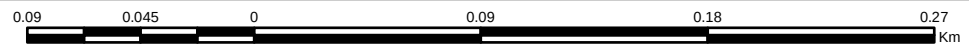


Instituto Geográfico Nacional (IGN), Red Vial Nacional (RVN),
FUENTE: Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI)
PROYECCION: UTM Zona 18 Sur Datum Horizontal de Referencia WGS84



LAMINA N° 01 PROG. 0+000 Km - 1+660 Km

ESC.:1:3,000



LEYENDA

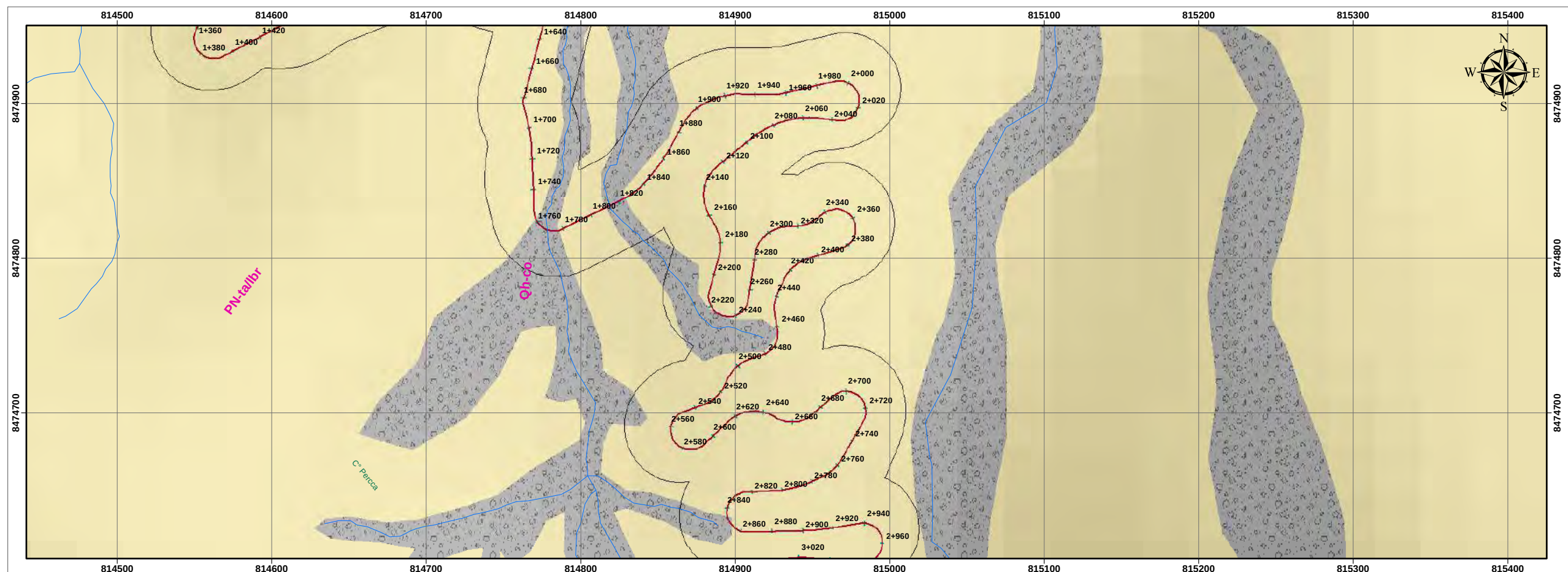
- Centro poblado
- Capital distrital
- Capital provincial
- Rios
- Eje_Ccapi
- Progresiva_f
- prog_final
- ANCHO DE RIO
- CASETA
- PUENTE
- PUENTE ARTESANAL
- RESERVORIO
- RIO
- TROCHA
- VIVIENDA

SIMBOLOGIA

- FALLA INFERIDA
- EJE ANTICLINAL
- EJE SINCLINAL
- EJE SINCLINAL ECHADO
- BUZAMIENTO
- RUMBO Y BUZAMIENTO DE FOLIACION
- RUMBO Y BUZAMIENTO DE ESTRATOS INVERTIDOS
- RUMBO Y BUZAMIENTO VERTICAL

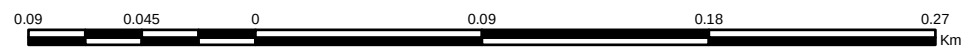
ERA	SISTEMA	SERIE	UNIDADES LITOESTRATIGRAFICAS
CUATERNARIO	Aluvial	Huacaychaca	Depositos aluviales, arcillosos, relacionados a cuencas hidrográficas actuales.
		Chilipi	Depositos conformados por lavas, lapilli y cenizas, generalmente formando laderas de conchas.
PERUANO	Aluvial	Huacaychaca	Talud. Rocas con matriz tabacosa, con comportamiento posteroso de hasta 50 cm de diámetro, localizada a 150 m de la carretera.
		Chilipi	Depositos conformados por lavas, lapilli y cenizas, generalmente formando laderas de conchas.
PERUANO	Aluvial	Huacaychaca	Depositos conformados por lavas, lapilli y cenizas, generalmente formando laderas de conchas.
		Chilipi	Depositos conformados por lavas, lapilli y cenizas, generalmente formando laderas de conchas.

Imágenes Satelitales
SAS PLANET
Dist. Ccapi
Trazo de la Carretera



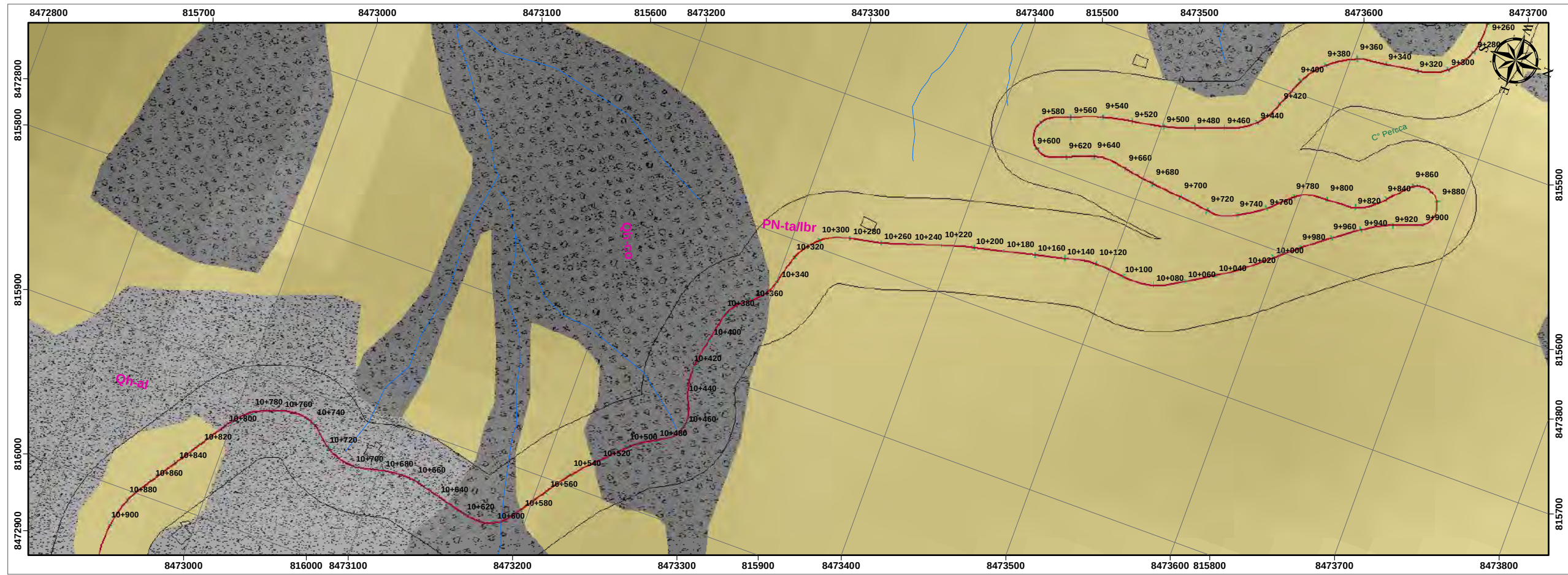
LAMINA N° 02 PROG. 1+660 Km - 2+960 Km

ESC.:1:3,000



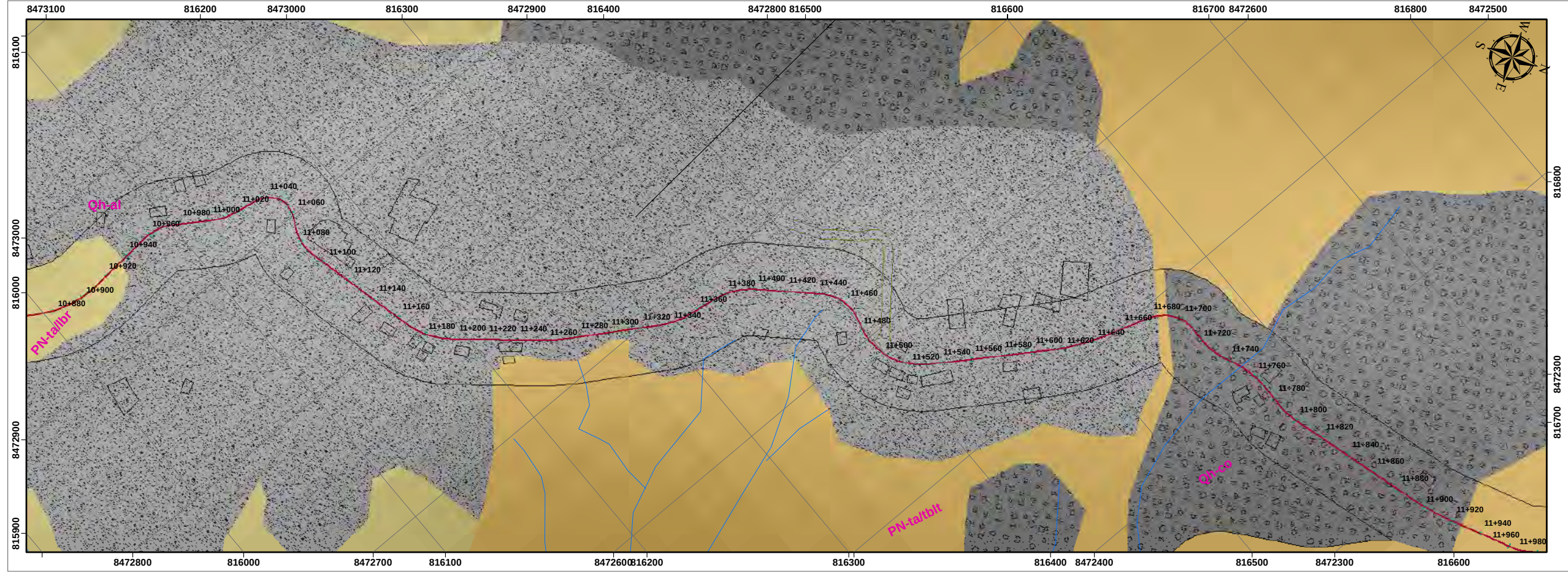
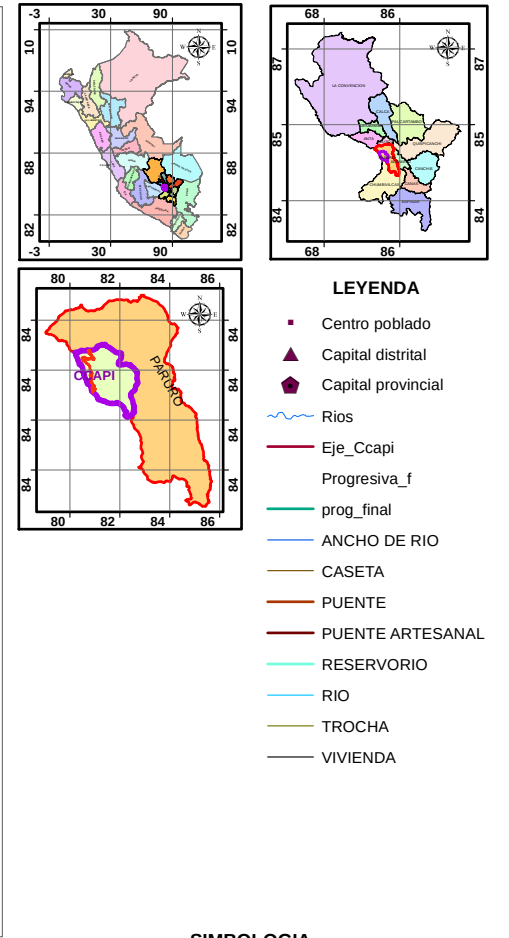
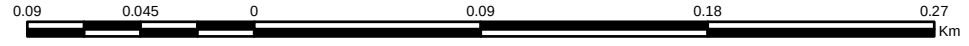
Instituto Geográfico Nacional (IGN), Red Vial Nacional (RVN),
FUENTE: Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI)
PROYECCION: UTM Zona 18 Sur Datum Horizontal de Referencia WGS84

Imágenes Satelitales
SAS PLANET
Dist. Ccapi
Trazo de la Carretera



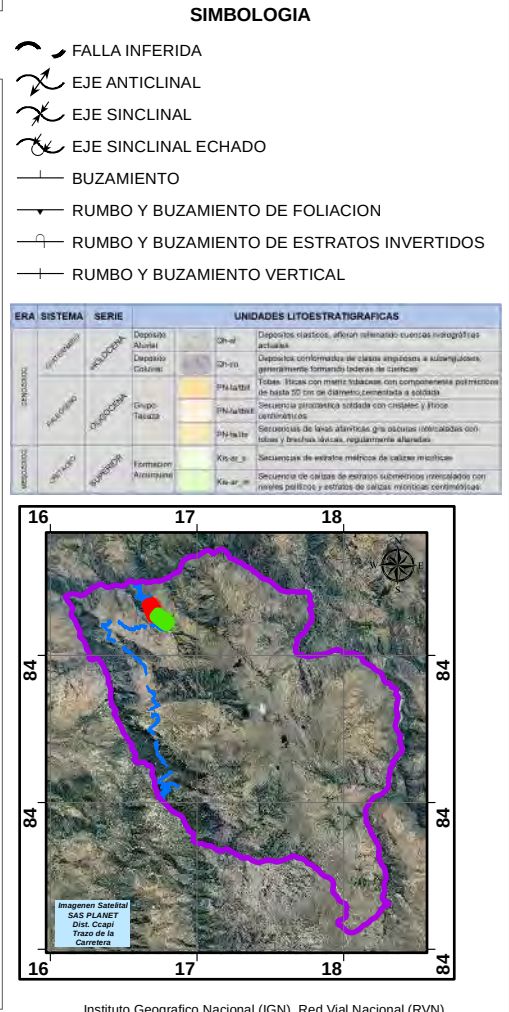
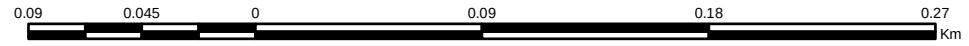
LAMINA N° 07 PROG. 9+300 Km - 10+900 Km

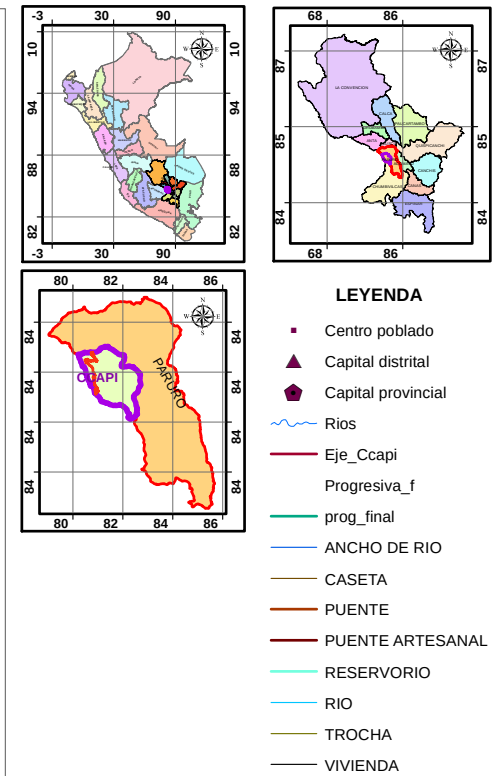
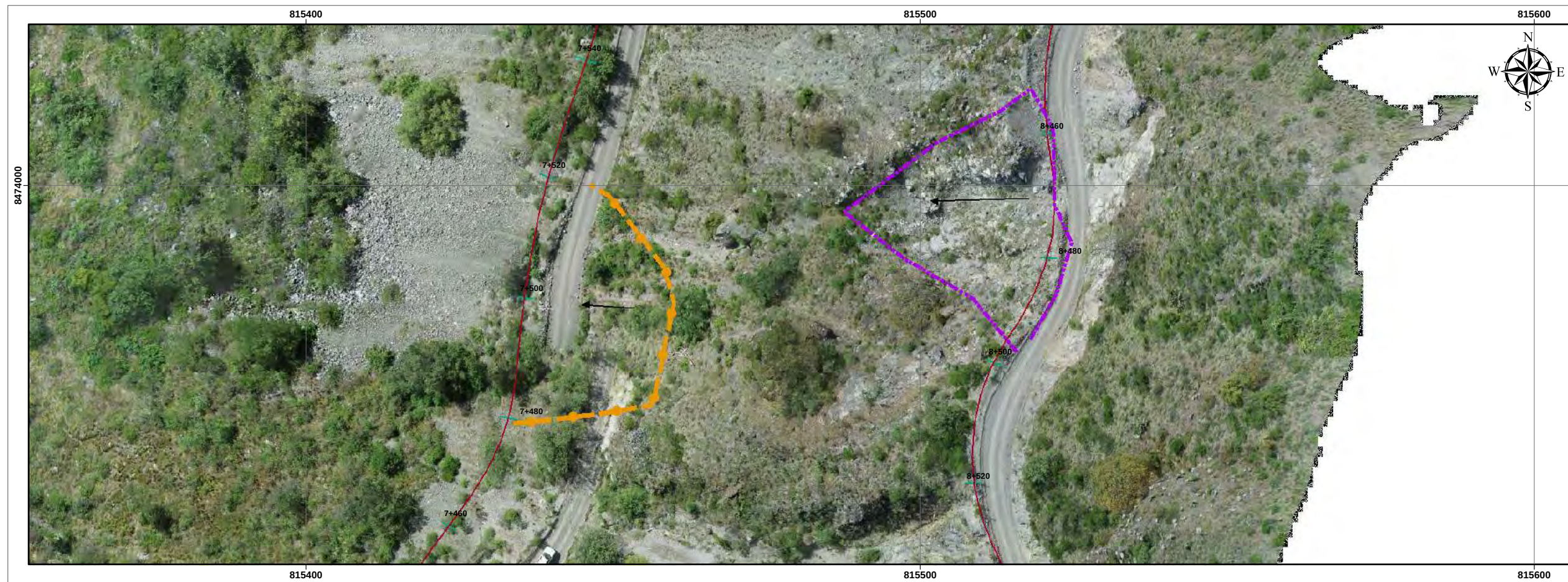
ESC.:1:3,000



LAMINA N° 08 PROG. 10+900 Km - 11+900 Km

ESC.:1:3,000

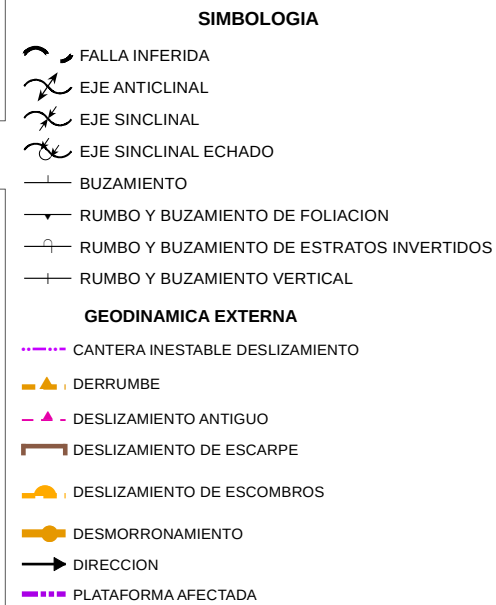
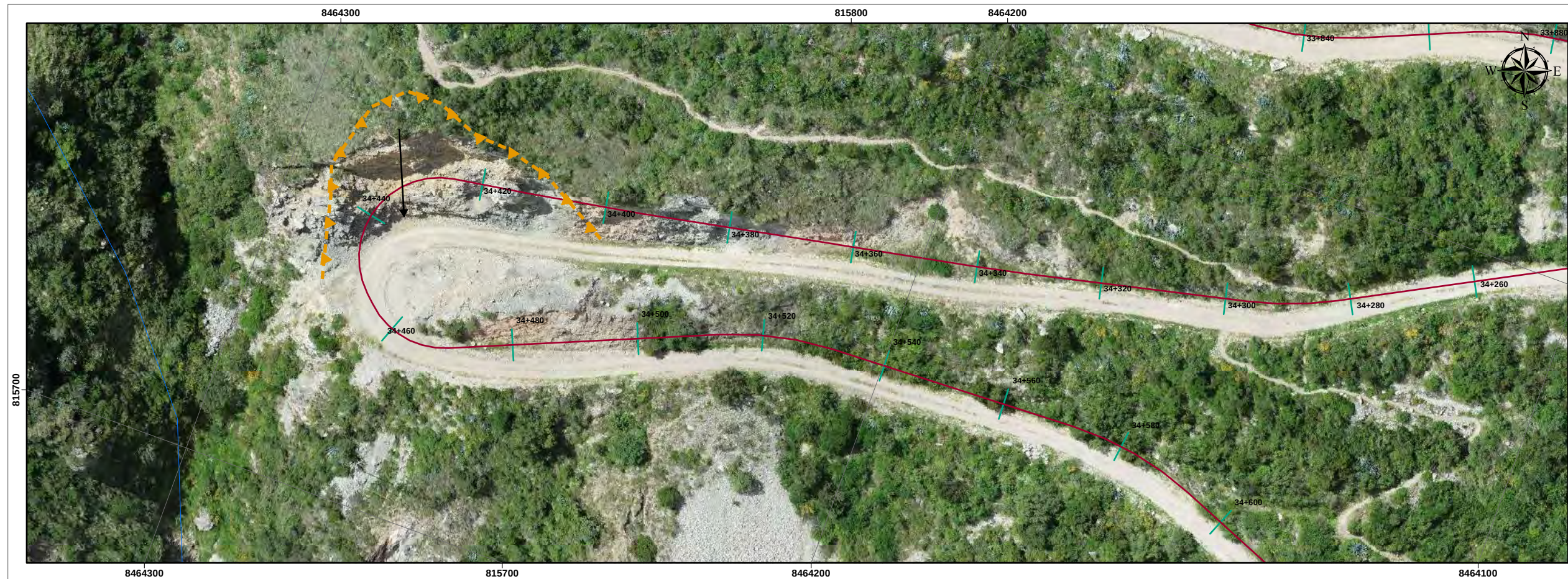
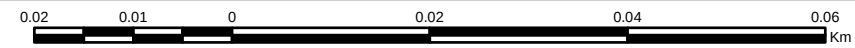




LAMINA N° 03

PROG. 7+480 Km - 7+520 Km
PROG. 8+450 Km - 8+500 Km

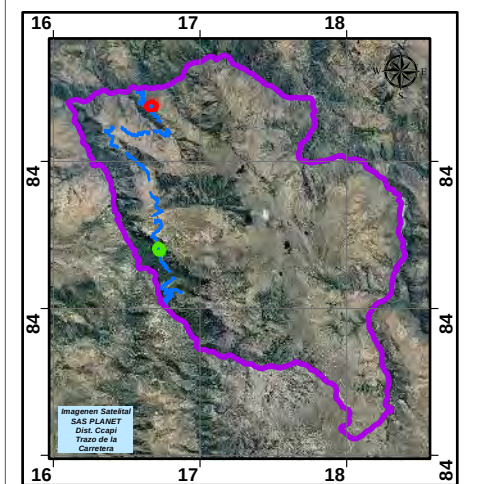
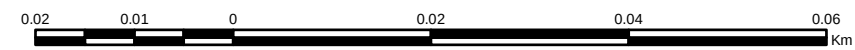
ESC.:1:764



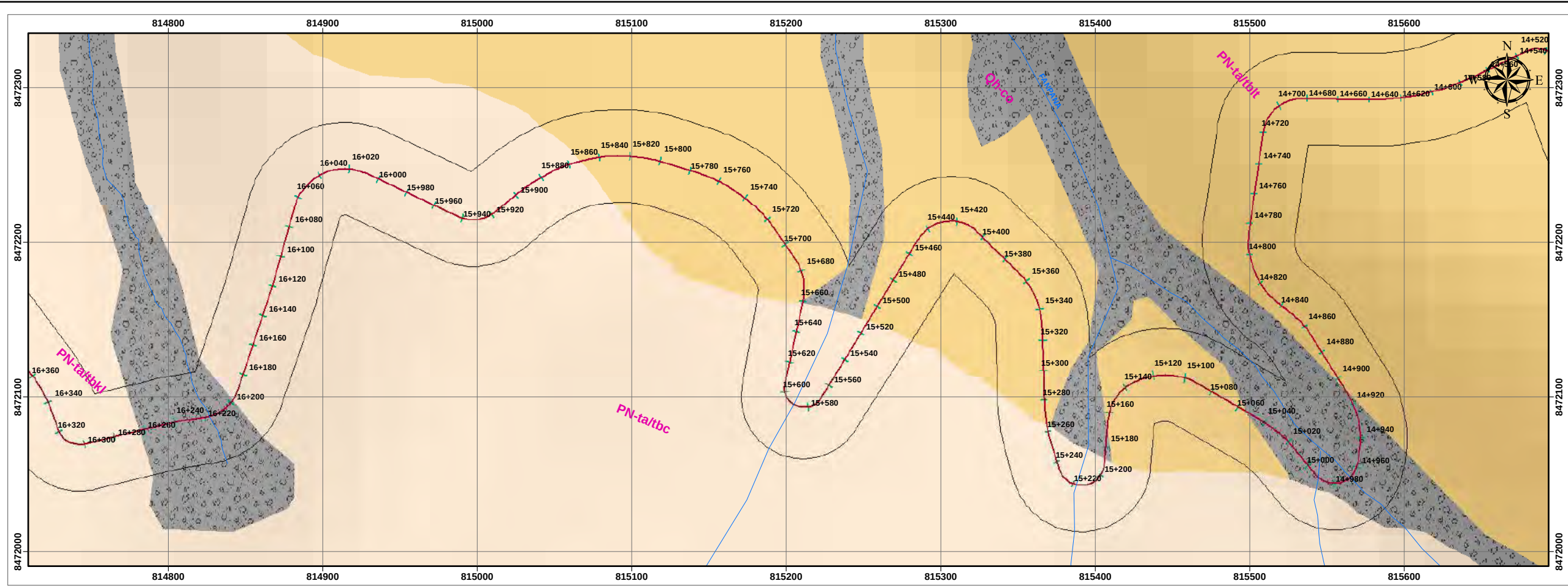
LAMINA N° 04

PROG. 34+340 Km - 34+380 Km

ESC.:1:750



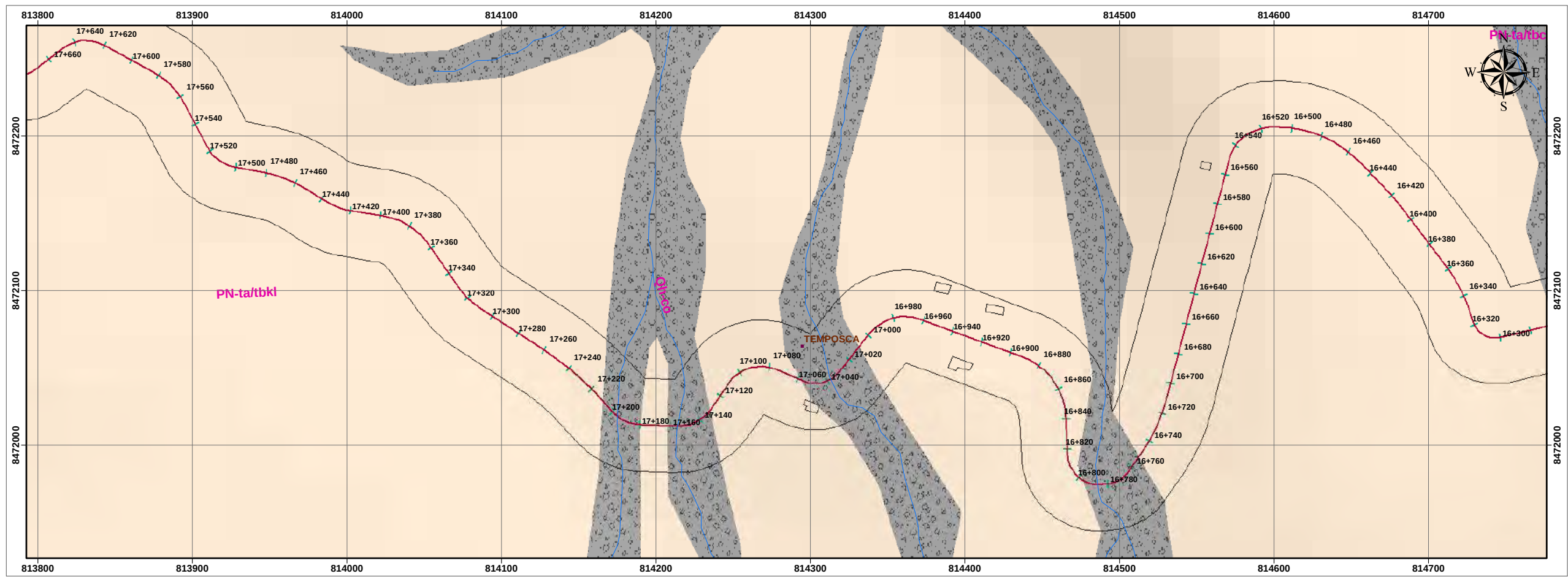
Instituto Geografico Nacional (IGN), Red Vial Nacional (RVN),
FUENTE: Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI)
PROYECCION:UTM Zona 18 Sur Datum Horizontal de Referencia WGS84



LEYENDA

- Centro poblado
- Capital distrital
- Capital provincial
- Rios
- Eje_Ccapi
- Progresiva_f
- prog_final
- ANCHO DE RIO
- CASETA
- PUENTE
- PUENTE ARTESANAL
- RESERVORIO
- RIO
- TROCHA
- VIVIENDA

LAMINA N° 11 PROG.14+500 Km - 16+300 Km ESC.:1:3,000

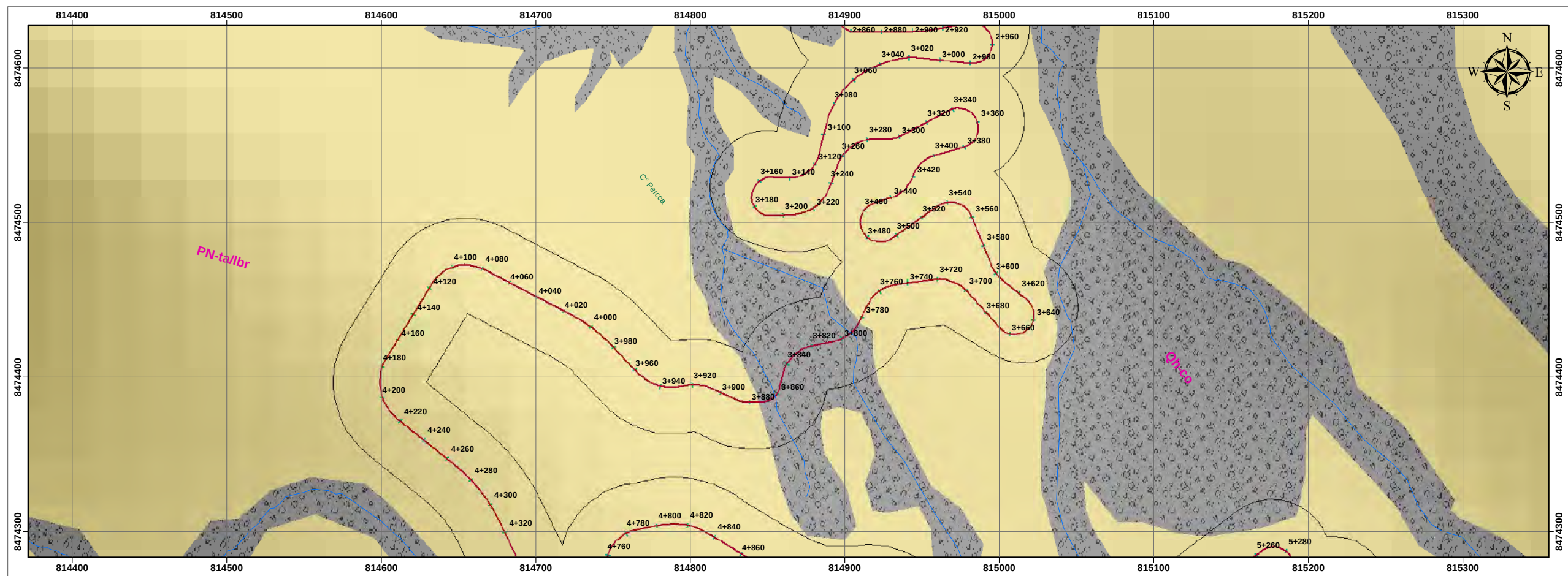


SIMBOLOGIA

ERA	SISTEMA	SERIE	UNIDADES LITOESTRATIGRAFICAS
CENozoico	CUARZO	Deposito Aluvial	Chal
		Deposito Coluvial	Chal
CENozoico	CUARZO	Grupo Tachal	Chal
		Grupo Tachal	Chal
CENozoico	CUARZO	Formacion Andesita	Chal
		Formacion Andesita	Chal

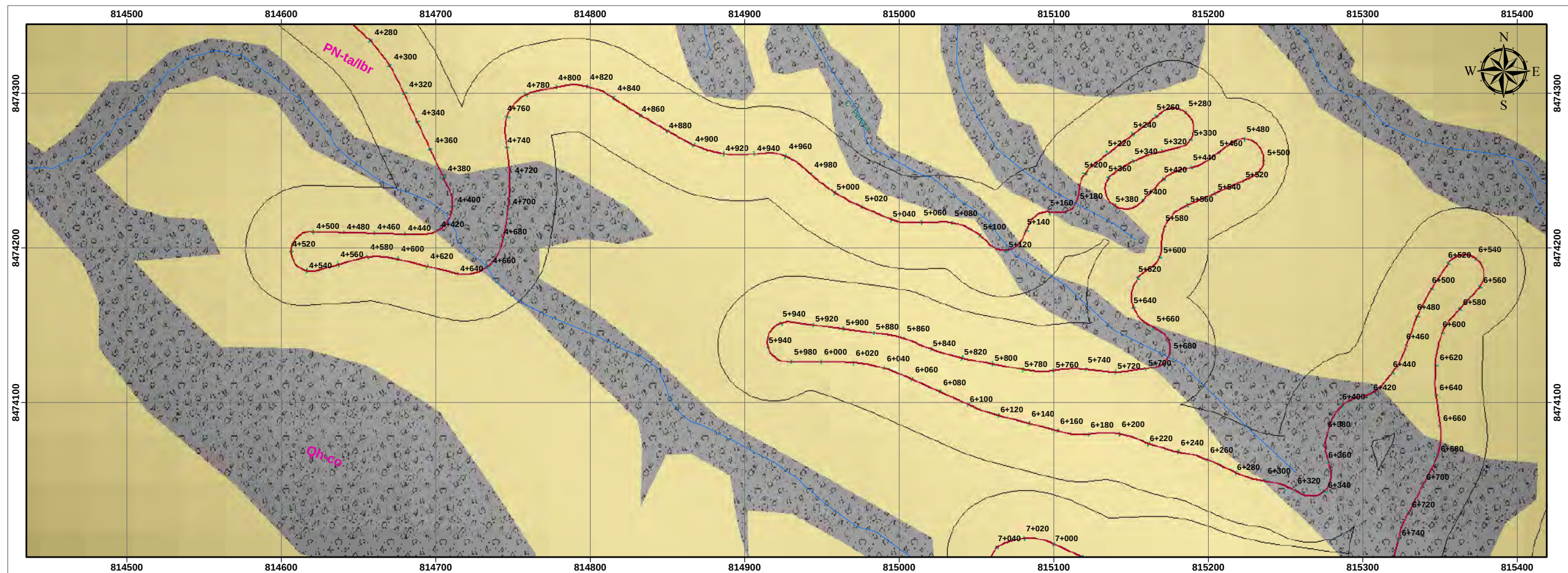
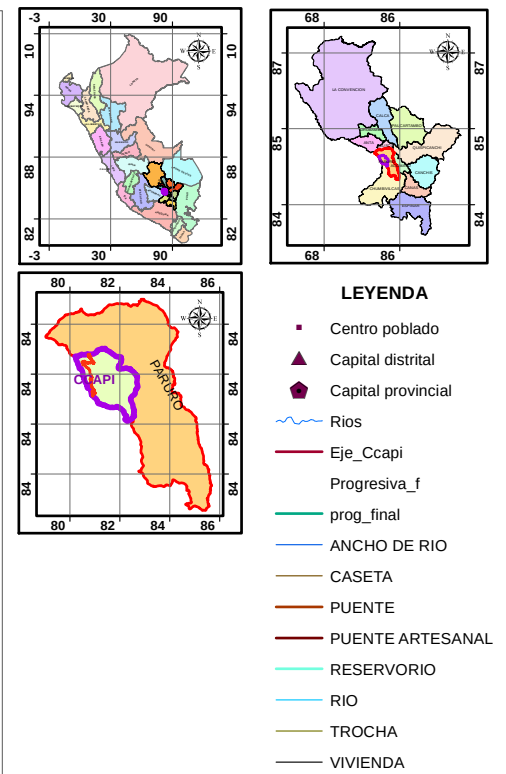
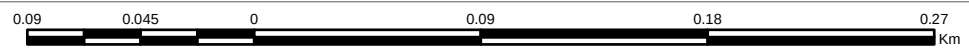
Imagen Satelital
SAS PLANET
Dist. Ccapi
Trazo de la Carretera

LAMINA N° 12 PROG. 16+300 Km - 17+600 Km ESC.:1:3,000



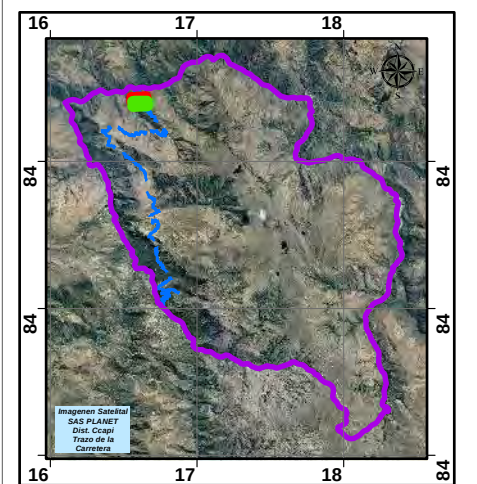
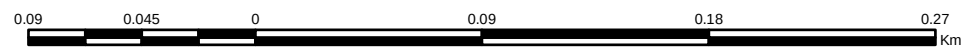
LAMINA N° 03 PROG. 2+960 Km - 4+800 Km

ESC.:1:3,000

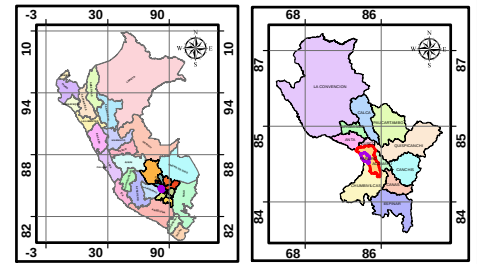
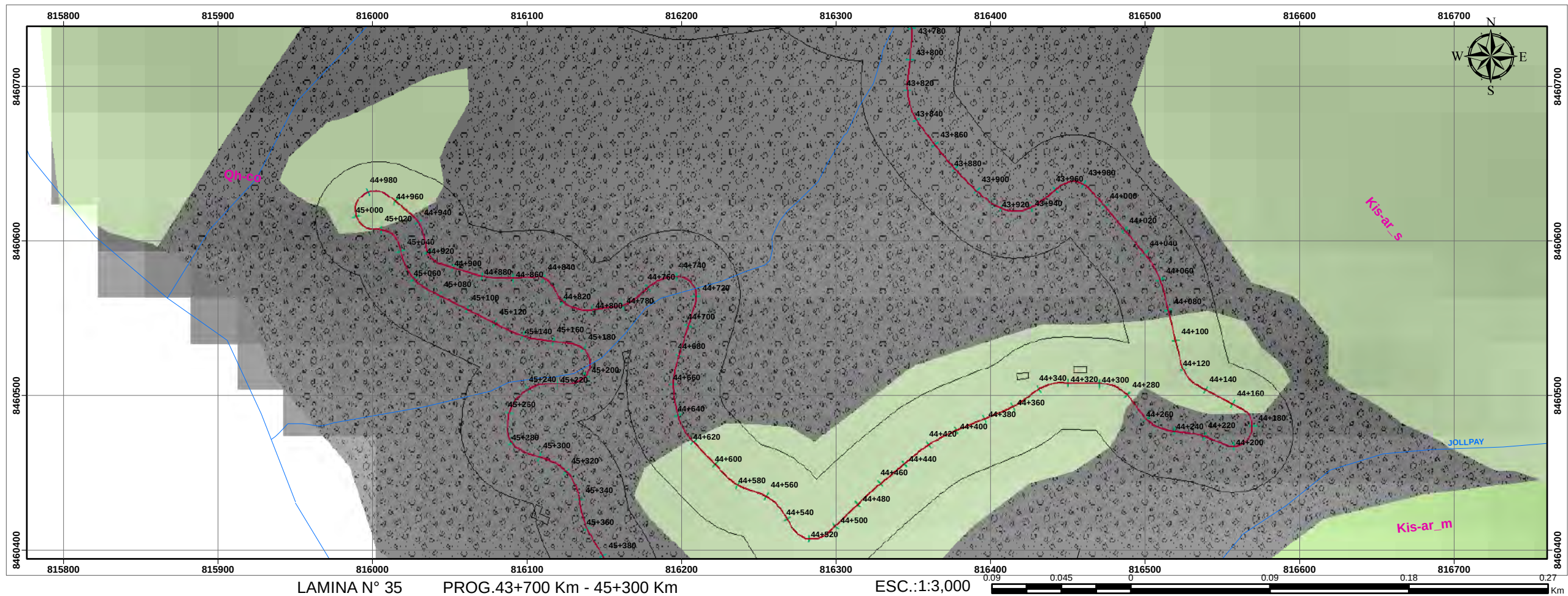


LAMINA N° 04 PROG. 4+800 Km - 6+700 Km

ESC.:1:3,000



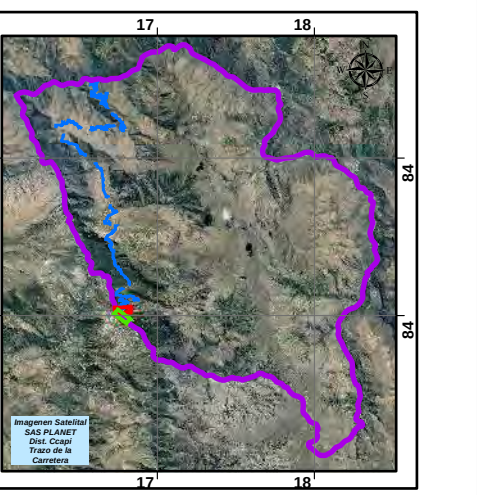
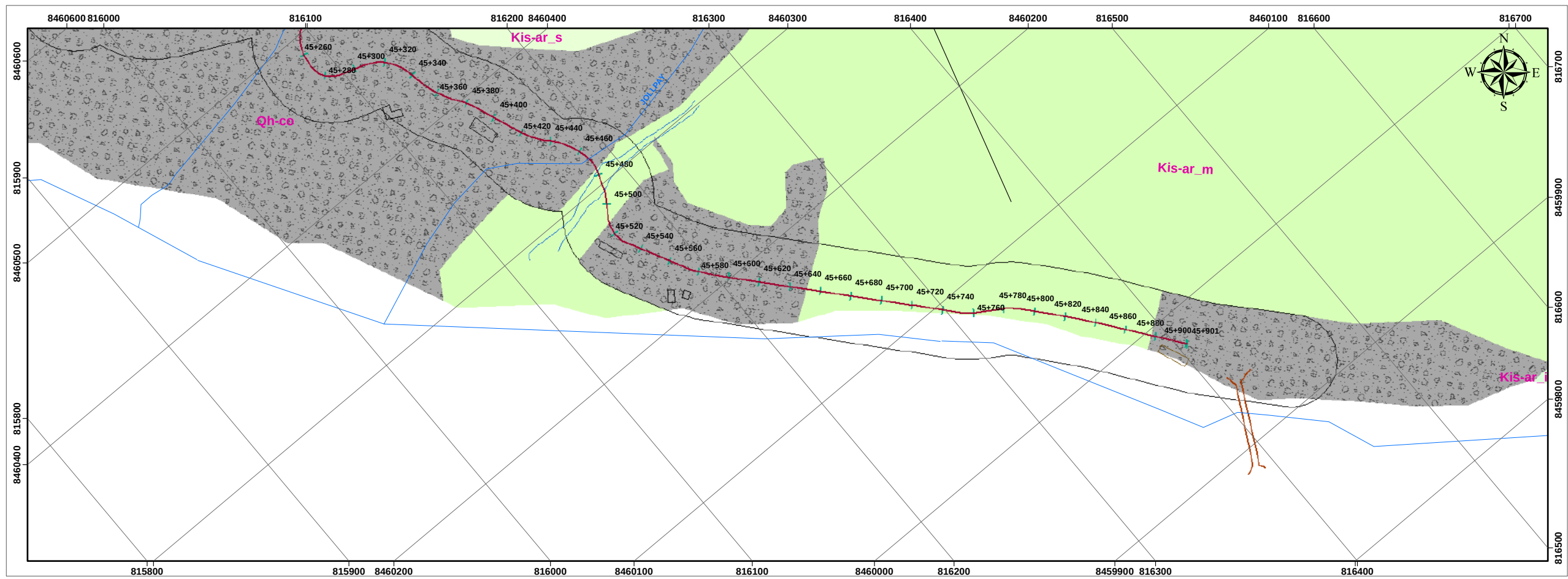
Instituto Geográfico Nacional (IGN), Red Vial Nacional (RVN), FUENTE: Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) PROYECCION:UTM Zona 18 Sur Datum Horizontal de Referencia WGS84



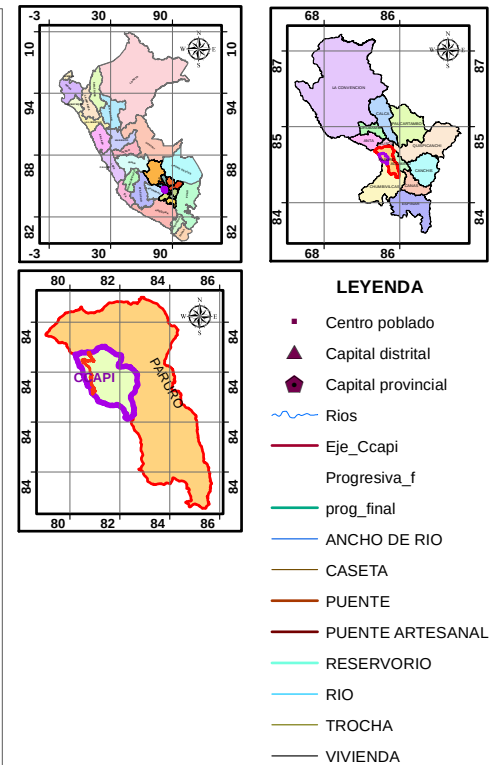
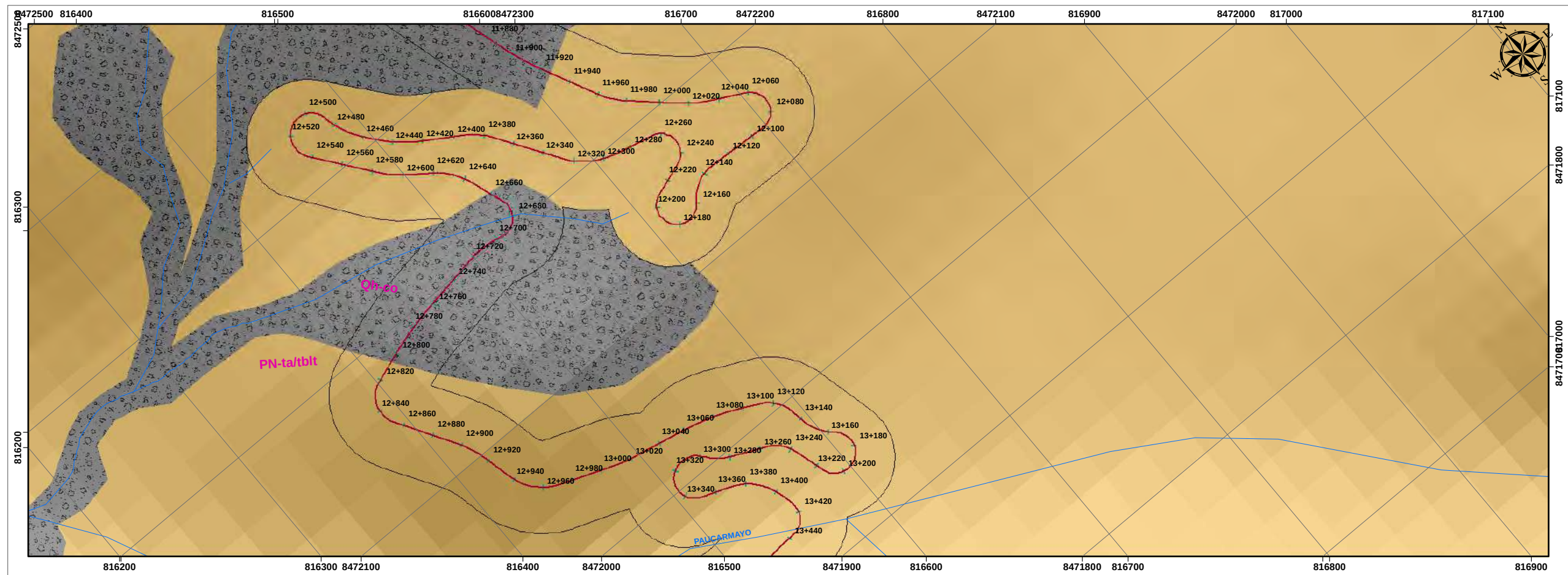
- LEYENDA**
- Centro poblado
 - Capital distrital
 - Capital provincial
 - Rios
 - Eje_Ccapi
 - Progresiva_f
 - prog_final
 - ANCHO DE RIO
 - CASETA
 - PUENTE
 - PUENTE ARTESANAL
 - RESERVORIO
 - RIO
 - TROCHA
 - VIVIENDA

- SIMBOLOGIA**
- FALLA INFERIDA
 - EJE ANTICLINAL
 - EJE SINCLINAL
 - EJE SINCLINAL ECHADO
 - BUZAMIENTO
 - RUMBO Y BUZAMIENTO DE FOLIACION
 - RUMBO Y BUZAMIENTO DE ESTRATOS INVERTIDOS
 - RUMBO Y BUZAMIENTO VERTICAL

ERA	SISTEMA	SERIE	UNIDADES LITOESTRATIGRAFICAS
Cuaternario	Holoceno	Deposito Aluvial	Depositos aluviales, aluviales rellenos de cuencas hidrográficas locales.
		Deposito Coluvial	Depositos conformados de cráteres angulosos a subangulosos, generalmente formados aluviales de cráteres.
		Deposito Glacial	Depositos de cráteres angulosos a subangulosos, generalmente formados aluviales de cráteres.
Terciario	Mioceno	Deposito Fluvial	Depositos de cráteres angulosos a subangulosos, generalmente formados aluviales de cráteres.
		Deposito Glacial	Depositos de cráteres angulosos a subangulosos, generalmente formados aluviales de cráteres.
		Deposito Glacial	Depositos de cráteres angulosos a subangulosos, generalmente formados aluviales de cráteres.

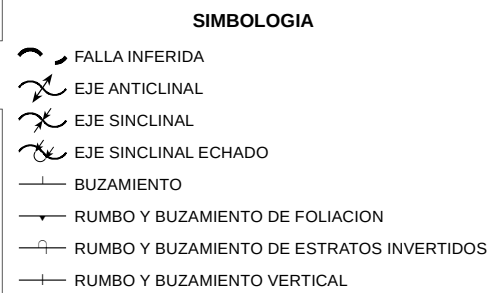
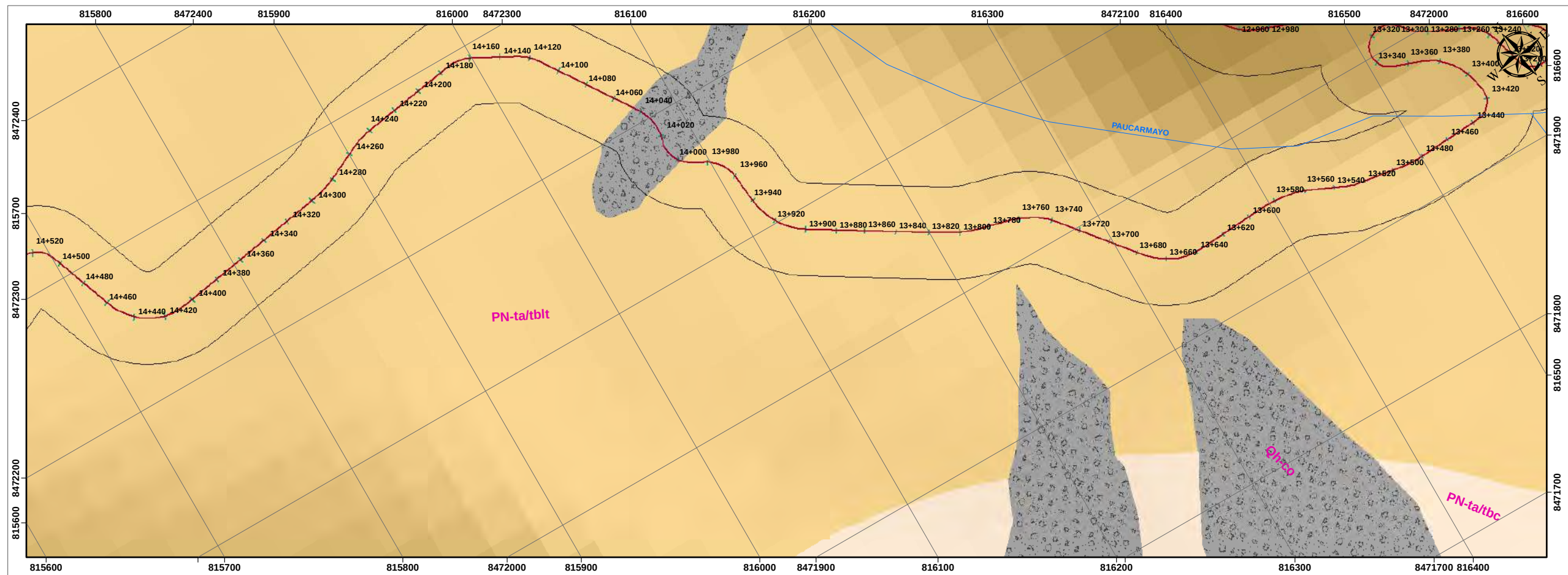
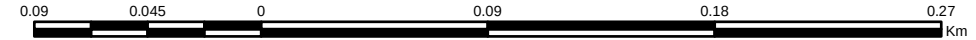


Instituto Geografico Nacional (IGN), Red Vial Nacional (RVN), FUENTE: Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) PROYECCION: UTM Zona 18 Sur Datum Horizontal de Referencia WGS84

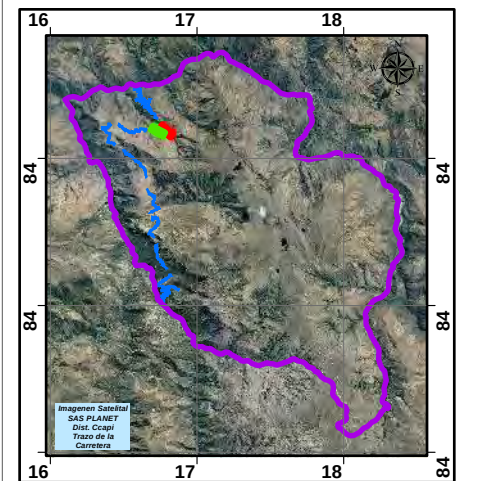


LAMINA N° 09 PROG.11+900 Km - 13+400 Km

ESC.:1:3,000

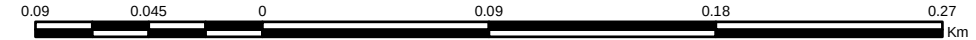


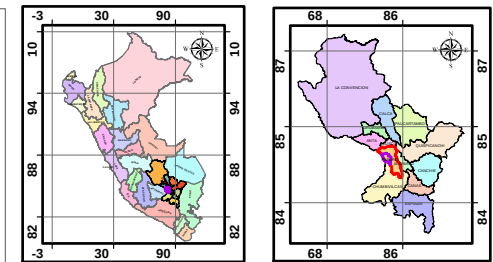
ERA	SISTEMA	SERIE	UNIDADES LITOESTRATIGRAFICAS
CUARZO	CUARZO	Deposito Aluvial	Depositos cuarzosos, afloran referenciando cuencas hidrográficas actuales.
		Deposito Coluvial	Depositos conformados por clases angulosas a subangulosas, generalmente formando laderas de canchales.
CUARZO	CUARZO	Deposito Talud	Talud: Bloques con matriz silíceas con componentes polimícticos de hasta 20 cm de diámetro, cementada a soldada.
		Deposito Talud	Secuencia granítica soldada con canchales y litos cuarzosos.
CUARZO	CUARZO	Deposito Talud	Secuencias de lavas alternadas con canchales y litos cuarzosos.
		Deposito Talud	Secuencias de lavas alternadas con canchales y litos cuarzosos.
CUARZO	CUARZO	Deposito Talud	Secuencias de lavas alternadas con canchales y litos cuarzosos.
		Deposito Talud	Secuencias de lavas alternadas con canchales y litos cuarzosos.



LAMINA N° 10 PROG. 13+400 Km - 14+500 Km

ESC.:1:3,000

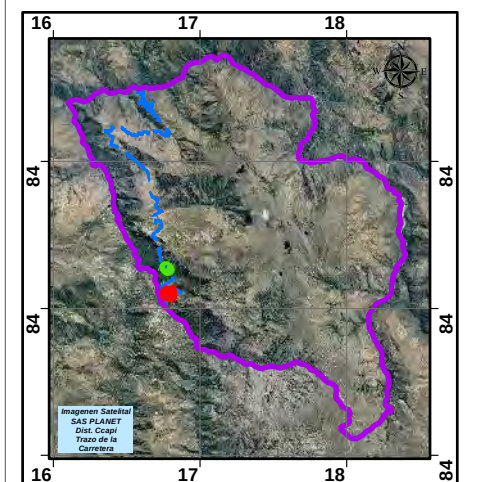




- LEYENDA**
- Centro poblado
 - Capital distrital
 - Capital provincial
 - Rios
 - Eje_Ccapi
 - Progresiva_f
 - prog_final
 - ANCHO DE RIO
 - CASETA
 - PUENTE
 - PUENTE ARTESANAL
 - RESERVORIO
 - RIO
 - TROCHA
 - VIVIENDA

- GEODINAMICA**
- DESPLAZAMIENTO ACTIVO
 - DESPLAZAMIENTO ANTIGUO
 - ESCARPE

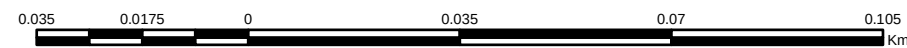
- SIMBOLOGIA**
- FALLA INFERIDA
 - EJE ANTICLINAL
 - EJE SINCLINAL
 - EJE SINCLINAL ECHADO
 - BUZAMIENTO
 - RUMBO Y BUZAMIENTO DE FOLIACION
 - RUMBO Y BUZAMIENTO DE ESTRATOS INVERTIDOS
 - RUMBO Y BUZAMIENTO VERTICAL
 - GEODINAMICA EXTERNA
 - CANTERA INESTABLE DESLIZAMIENTO
 - DERRUMBE
 - DESPLAZAMIENTO ACTIVO
 - DESPLAZAMIENTO ANTIGUO
 - DESPLAZAMIENTO DE ESCARPE
 - DESPLAZAMIENTO DE ESCOMBROS
 - DESMORRONAMIENTO
 - DIRECCION
 - PLATAFORMA AFECTADA



Instituto Geografico Nacional (IGN), Red Vial Nacional (RVN),
FUENTE: Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI)
PROYECCION: UTM Zona 18 Sur Datum Horizontal de Referencia WGS84

LAMINA N° 07 PROG. 41+650 Km - 41+820 Km

ESC:1:750



FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA

DEPARTAMENTO: CUSCO PROVINCIA: PARURO DISTRITO: CCAPI

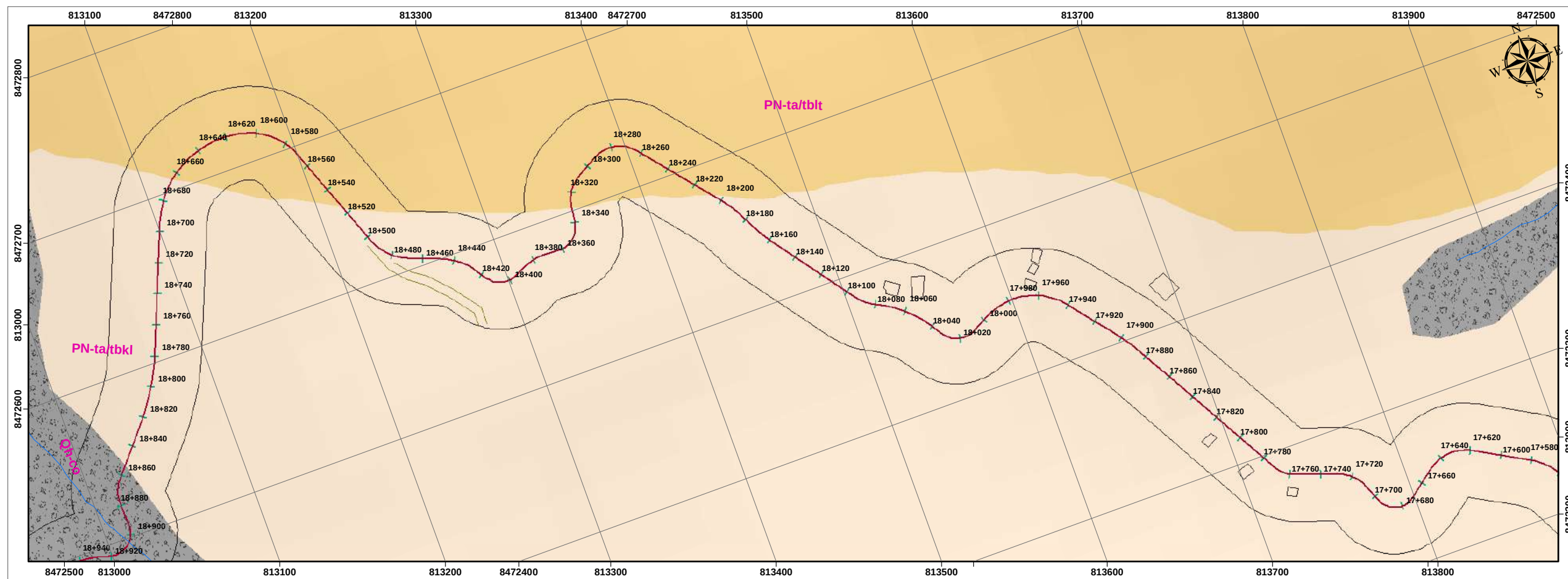


UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABADEL CUSCO

TESIS:
"ESTUDIO GEOLOGICO - GEOTECNICO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR DE LA CARRETERA DEPARTAMENTAL CU-118 EN EL TRAMO: PUENTE HUACAYCHACA-CCAPI-PAMPAHUATA-DISTRITO DE CCAPI-PROVINCIA DE PARURO-DEPARTAMENTO DEL CUSCO"

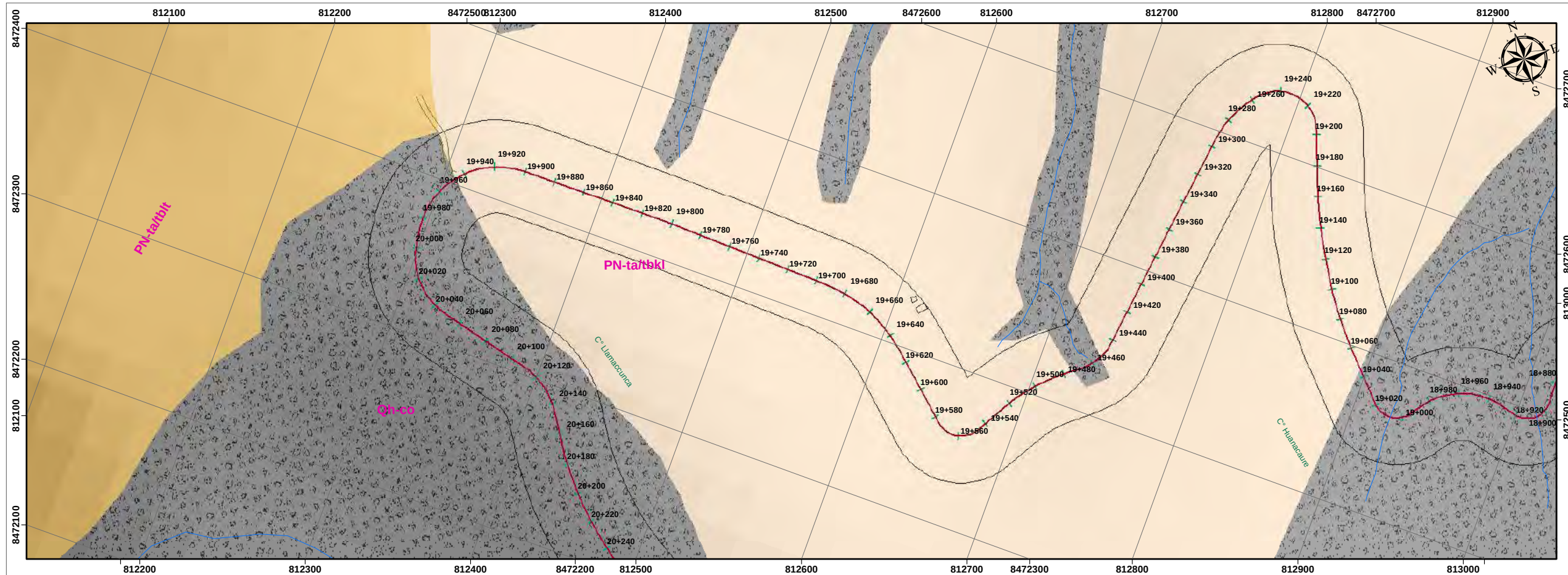
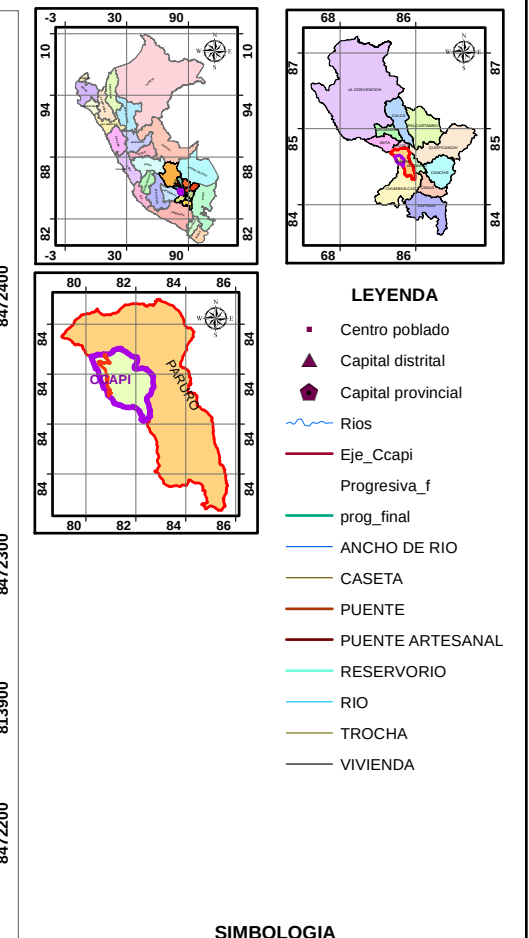
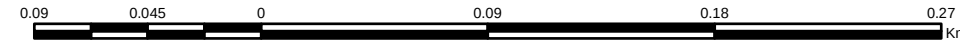
PLANO:
GEODINAMICA EXTERNA

INDICADAS
MAYO DEL 2022
BACH. JOSÉ ANTONIO ALCA VÁSQUEZ



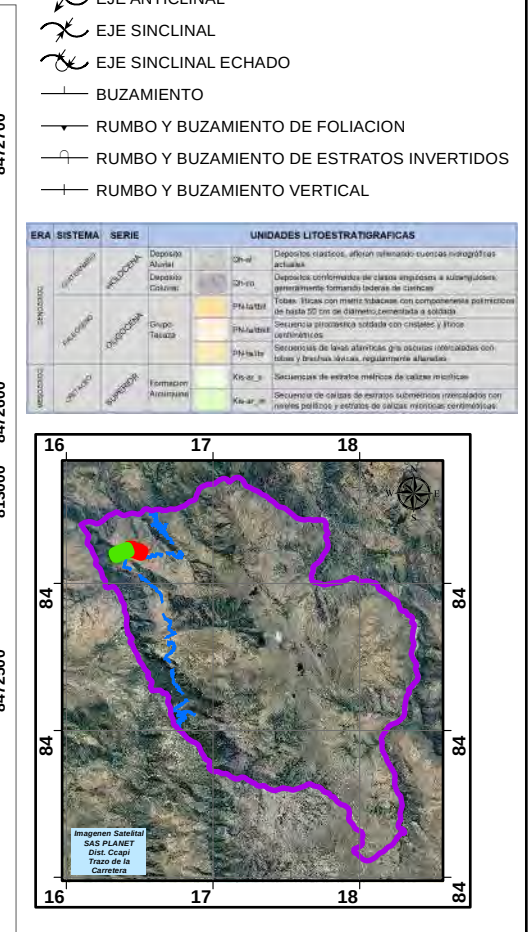
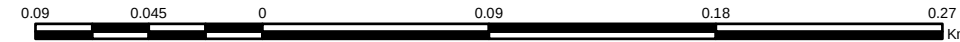
LAMINA N° 13 PROG.17+600 Km - 18+900 Km

ESC.:1:3,000



LAMINA N° 14 PROG. 18+900 Km - 20+200 Km

ESC.1:3,000



FUENTE: Instituto Geografico Nacional (IGN), Red Vial Nacional (RVN),
Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI)
PROYECCION: UTM Zona 18 Sur Datum Horizontal de Referencia WGS84



FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA

DEPARTAMENTO:
CUSCO

PROVINCIA:
PARURO

DISTRITO:
CCAPI



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN
ANTONIO ABAD DEL CUSCO**

TESIS:
"ESTUDIO GEOLOGICO - GEOTECNICO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR DE LA CARRETERA DEPARTAMENTAL CU-118 EN EL TRAMO: PUENTE HUACAYCHACA-CCAPI-PAMPAHUATA-DISTRITO DE CCAPI-PROVINCIA DE PARURO-DEPARTAMENTO DELCUSCO"

PLANO:

GEOLOGICO LOCAL

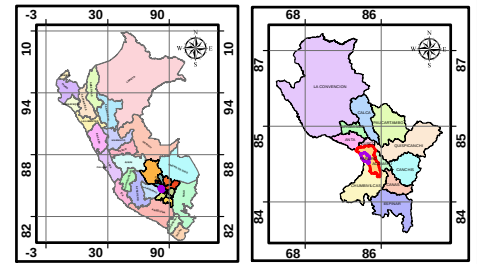
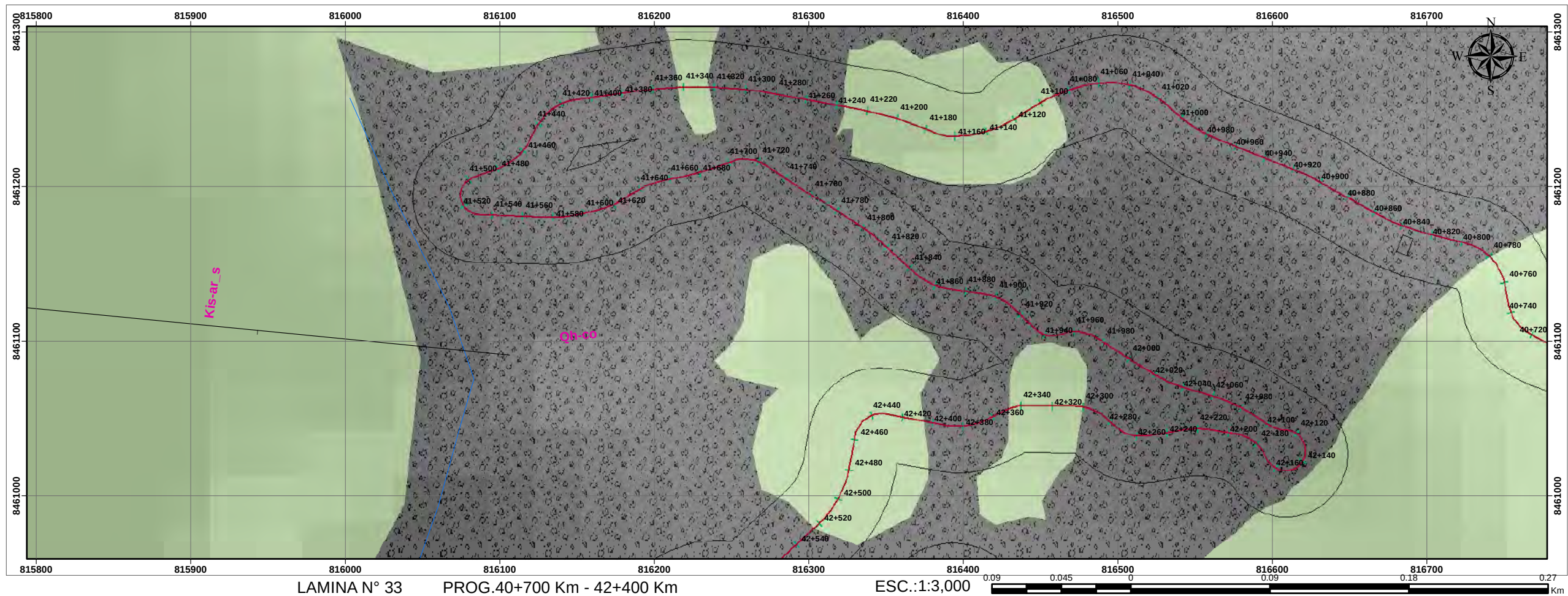
ESCALA: INDICADAS

FECHA:

MAYO DEL 20

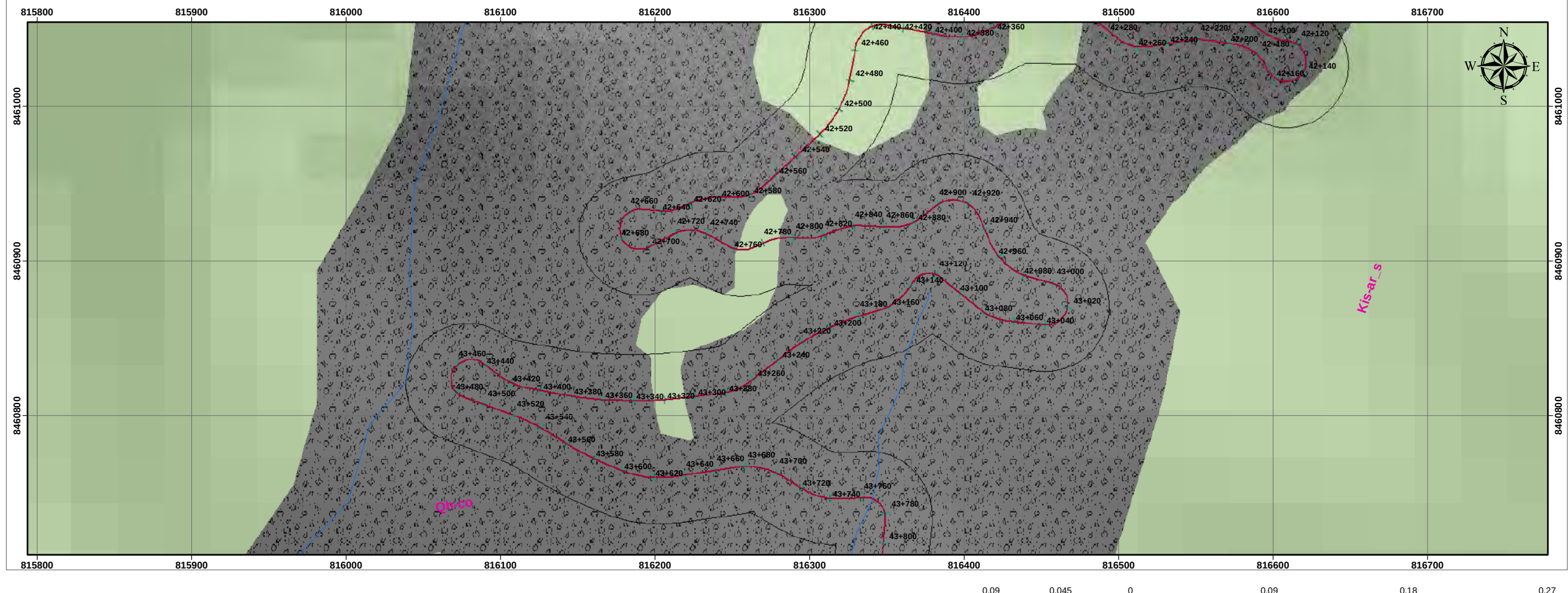
ELABORADO POR:

BACH. JOSÉ AN

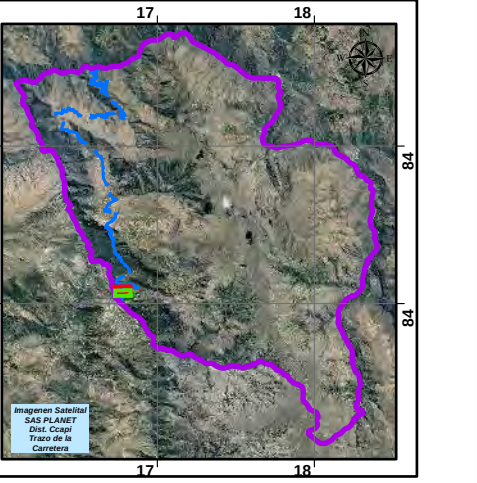


- LEYENDA**
- Centro poblado
 - Capital distrital
 - Capital provincial
 - Rios
 - Eje_Ccapi
 - Progresiva_f
 - prog_final
 - ANCHO DE RIO
 - CASETA
 - PUENTE
 - PUENTE ARTESANAL
 - RESERVORIO
 - RIO
 - TROCHA
 - VIVIENDA

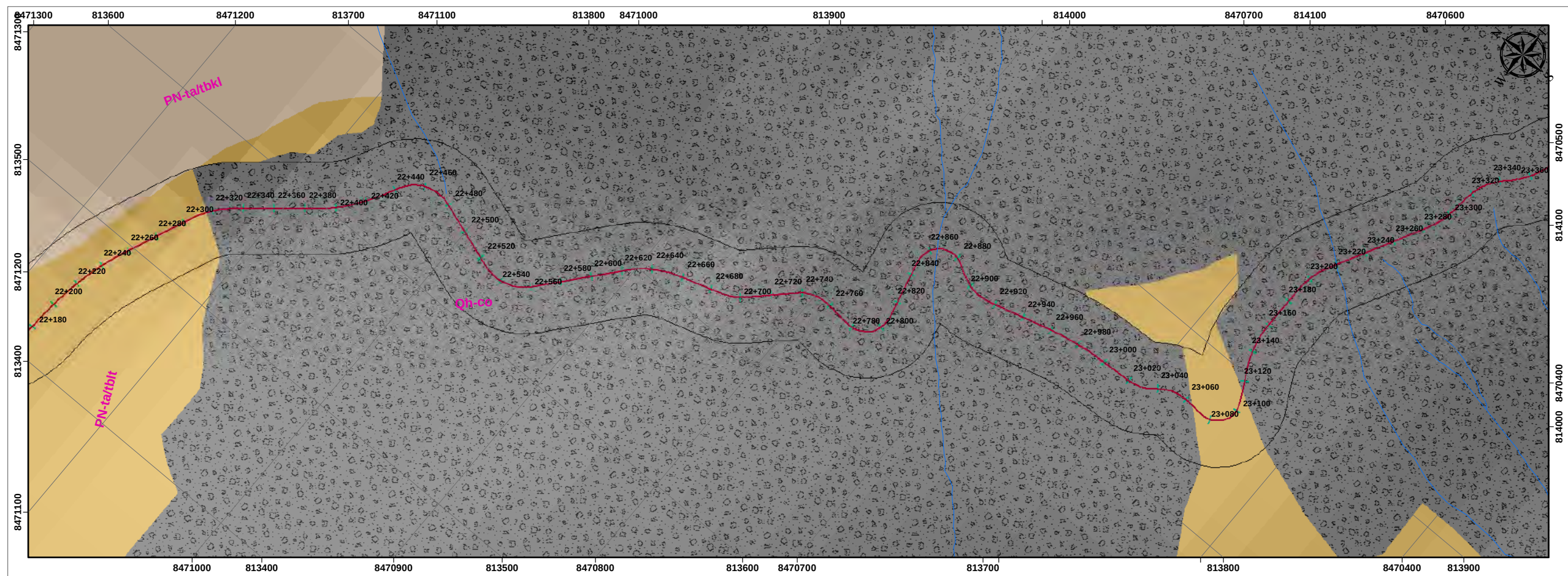
- SIMBOLOGIA**
- FALLA INFERIDA
 - EJE ANTICLINAL
 - EJE SINCLINAL
 - EJE SINCLINAL ECHADO
 - BUZAMIENTO
 - RUMBO Y BUZAMIENTO DE FOLIACION
 - RUMBO Y BUZAMIENTO DE ESTRATOS INVERTIDOS
 - RUMBO Y BUZAMIENTO VERTICAL



ERA	SISTEMA	SERIE	UNIDADES LITOESTRATIGRAFICAS
PERUOZCO	Cuzco	Deposito Aluvial	Q1a1
		Deposito Coluvial	Q1a2
		Deposito Glacial	Q1a3
PERUOZCO	Cuzco	Deposito Aluvial	Q1a1
		Deposito Coluvial	Q1a2
		Deposito Glacial	Q1a3
PERUOZCO	Cuzco	Deposito Aluvial	Q1a1
		Deposito Coluvial	Q1a2
		Deposito Glacial	Q1a3

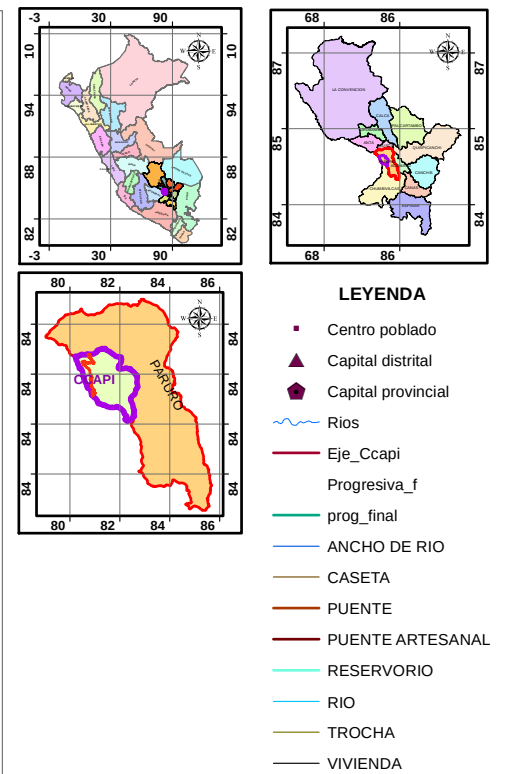
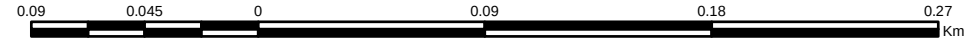


Instituto Geografico Nacional (IGN), Red Vial Nacional (RVN), FUENTE: Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) PROYECCION:UTM Zona 18 Sur Datum Horizontal de Referencia WGS84



LAMINA N° 17 PROG.22+200 Km - 23+300 Km

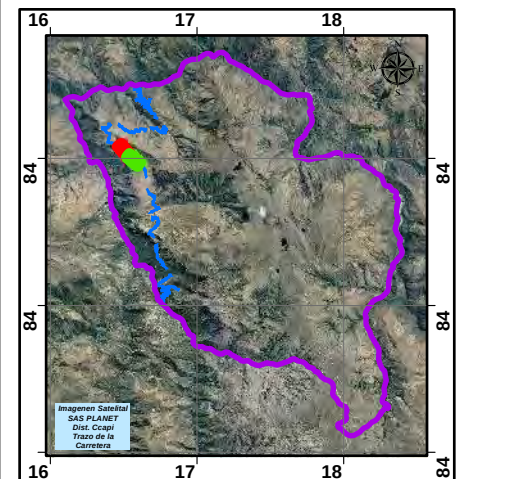
ESC.:1:3,000



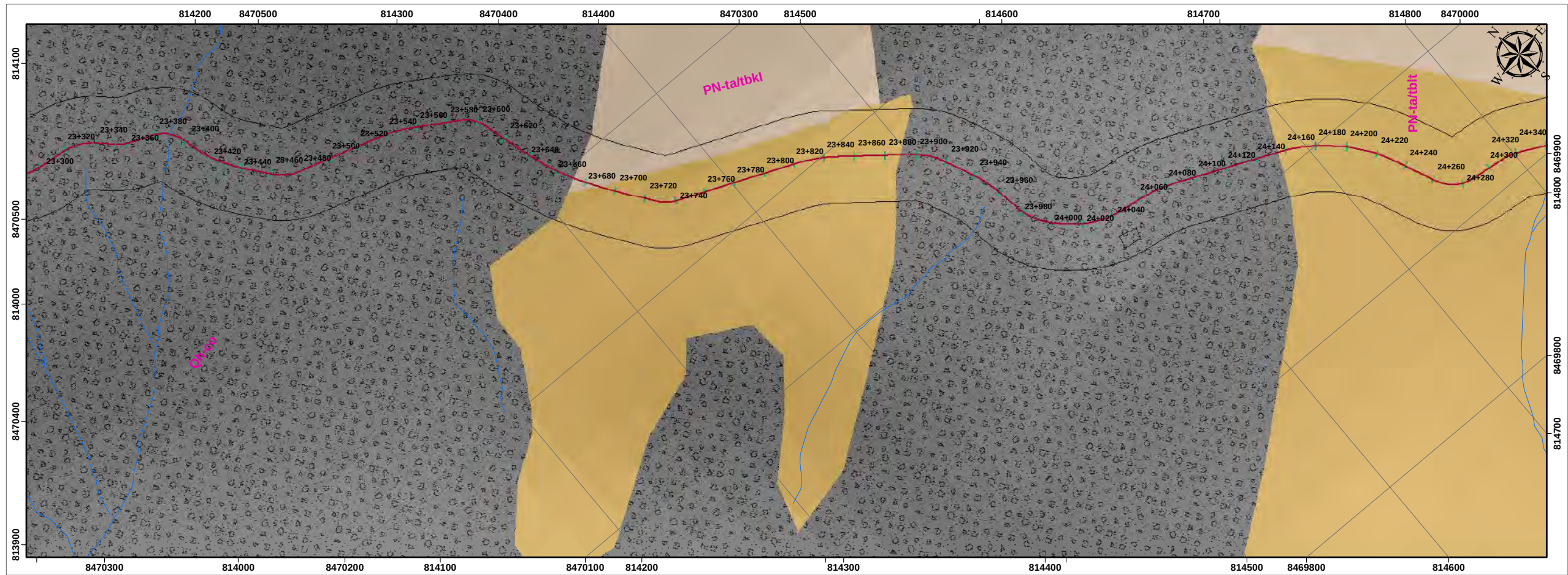
SIMBOLOGIA

- FALLA INFERIDA
- EJE ANTICLINAL
- EJE SINCLINAL
- EJE SINCLINAL ECHADO
- BUZAMIENTO
- RUMBO Y BUZAMIENTO DE FOLIACION
- RUMBO Y BUZAMIENTO DE ESTRATOS INVERTIDOS
- RUMBO Y BUZAMIENTO VERTICAL

ERA	SISTEMA	SERIE	UNIDADES LITOESTRATIGRAFICAS
CENozoico	CUATERNARIO	Deposito Aluvial	Depositos aluviales, afloran referenciados en las unidades litologicas
		Deposito Coluvial	Depositos conformados por clastos angulosos a subangulosos, generalmente formando laderas de canchales
		Deposito Glacial	Talud. Hacia con manto de nieve, con componentes periglaciales de hasta 50 cm de espesor, con componentes de nieve
CENozoico	CUATERNARIO	Grupo Tacaño	Secuencia progradada formada por conglomerados y arenas, con componentes de arena y brechas de calizas, generalmente alineadas
		Grupo Tacaño	Secuencia progradada formada por conglomerados y arenas, con componentes de arena y brechas de calizas, generalmente alineadas
		Grupo Tacaño	Secuencia progradada formada por conglomerados y arenas, con componentes de arena y brechas de calizas, generalmente alineadas
CENozoico	CUATERNARIO	Formacion Aucorani	Secuencia de estratos melcos de calizas melcos
		Formacion Aucorani	Secuencia de estratos melcos de calizas melcos
		Formacion Aucorani	Secuencia de estratos melcos de calizas melcos

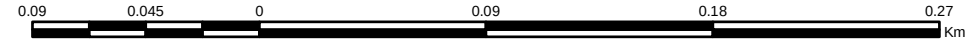


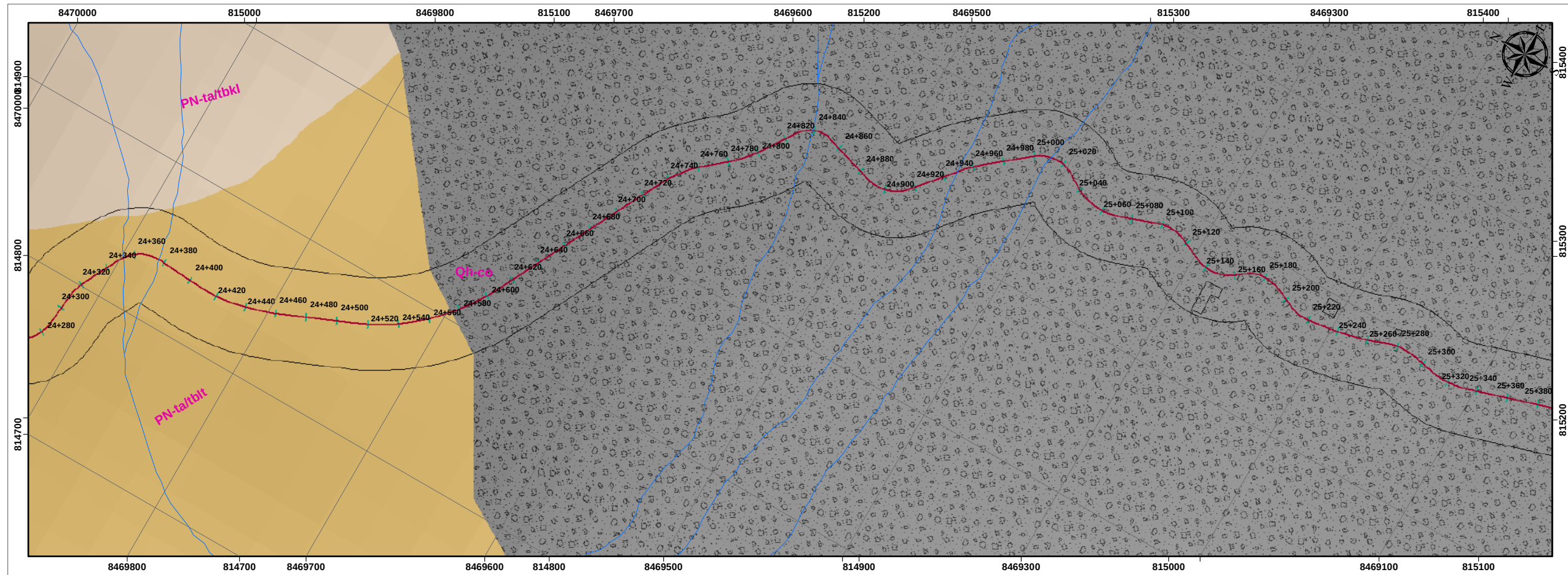
Instituto Geografico Nacional (IGN), Red Vial Nacional (RVN), FUENTE: Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) PROYECCION:UTM Zona 18 Sur Datum Horizontal de Referencia WGS84



LAMINA N° 18 PROG. 23+300 Km - 24+300 Km

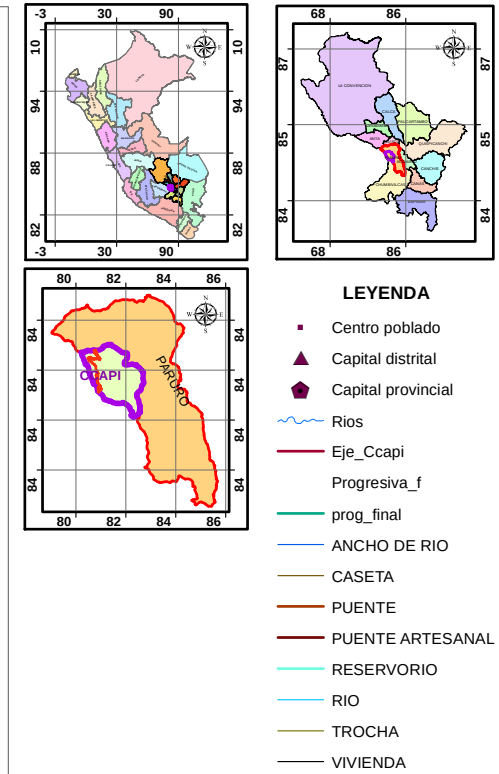
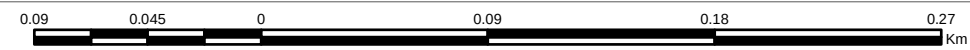
ESC.:1:3,000



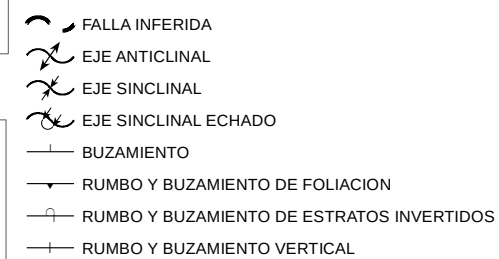


LAMINA N° 19 PROG.24+300 Km - 25+300 Km

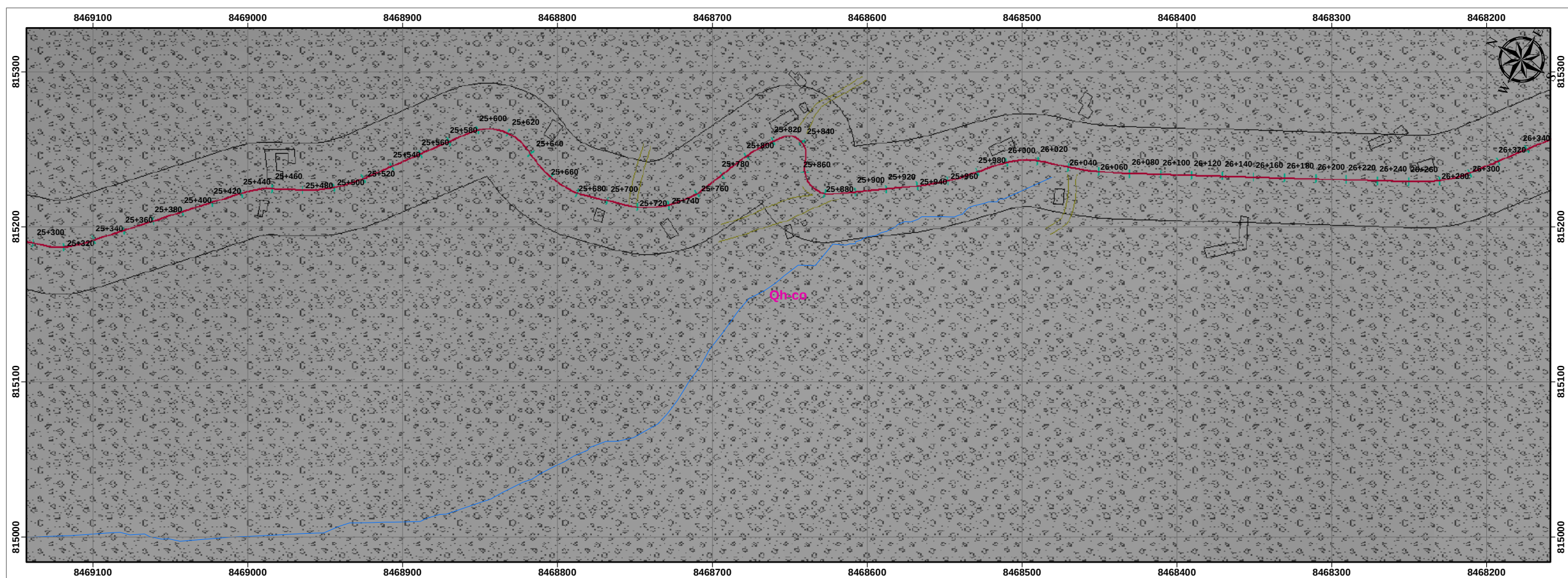
ESC.:1:3,000



SIMBOLOGIA

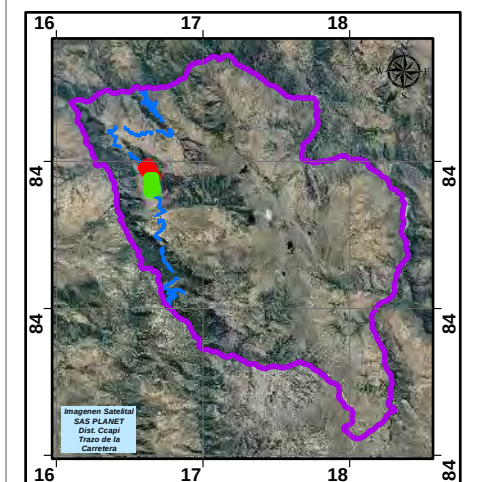
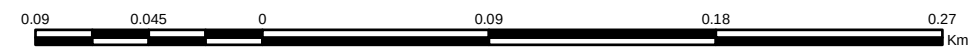


ERA	SISTEMA	SERIE	UNIDADES LITOESTRATIGRAFICAS
CENozoico	Cuaternario	Deposito Aluvial	Qh-al
		Deposito Coluvial	Qh-co
CENozoico	Pleistoceno	Grupo Tapaiz	PTa-ta
		Formacion Huacaychaca	Qh-co
CENozoico	Cuaternario	Formacion Huacaychaca	Qh-co
		Formacion Huacaychaca	Qh-co

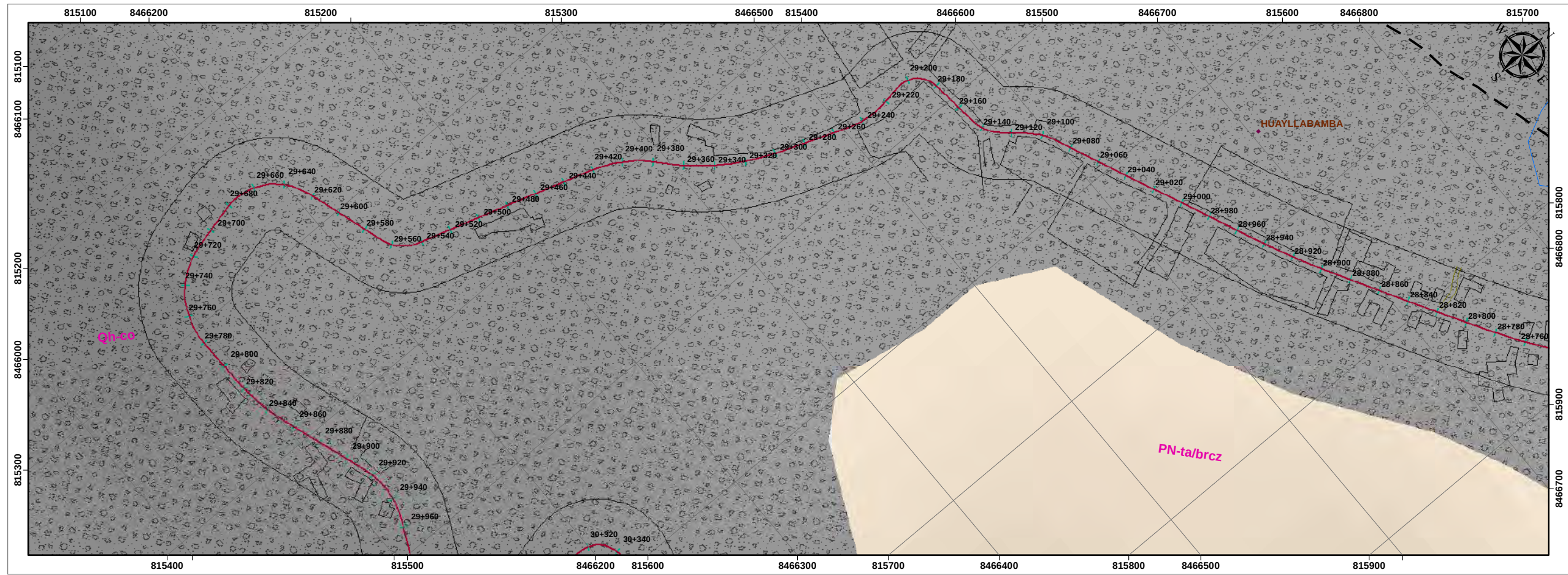


LAMINA N° 20 PROG. 25+300 Km - 26+300 Km

ESC.:1:3,000

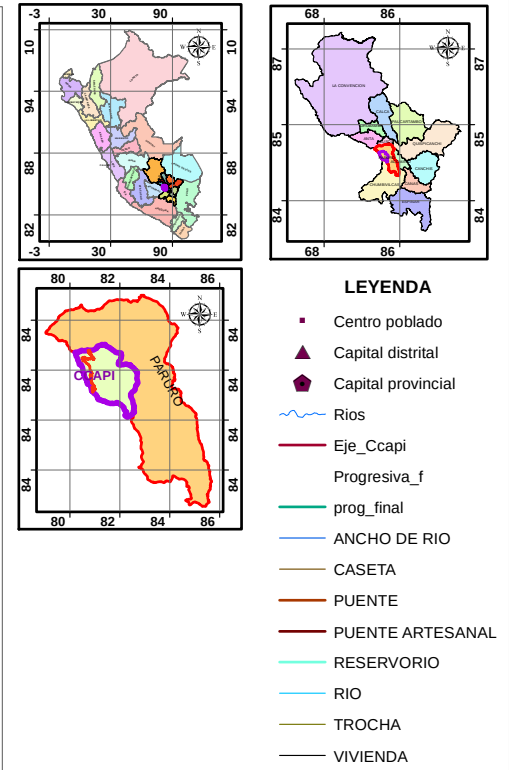
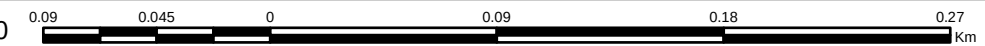


Instituto Geografico Nacional (IGN), Red Vial Nacional (RVN), FUENTE: Instituto Nacional de Estadística e Informatica (INEI) PROYECCION:UTM Zona 18 Sur Datum Horizontal de Referencia WGS84



LAMINA N° 23 PROG.28+700 Km - 29+900 Km

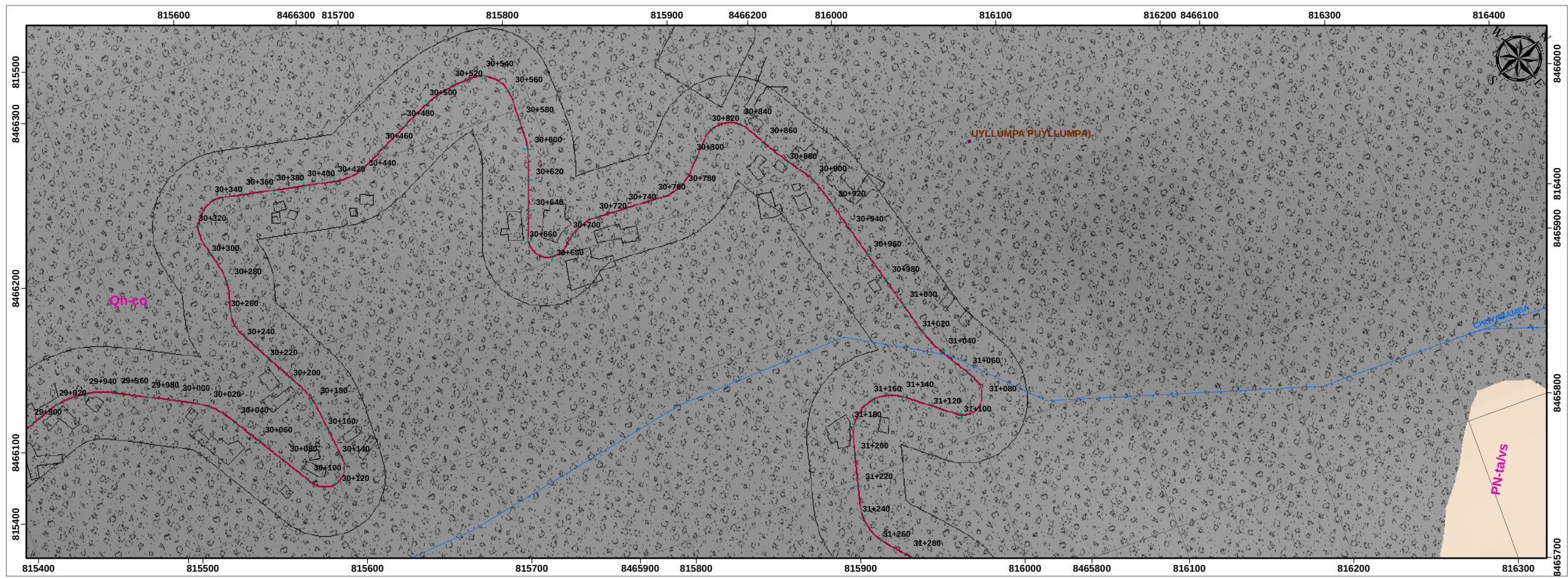
ESC.:1:3,000



SIMBOLOGIA

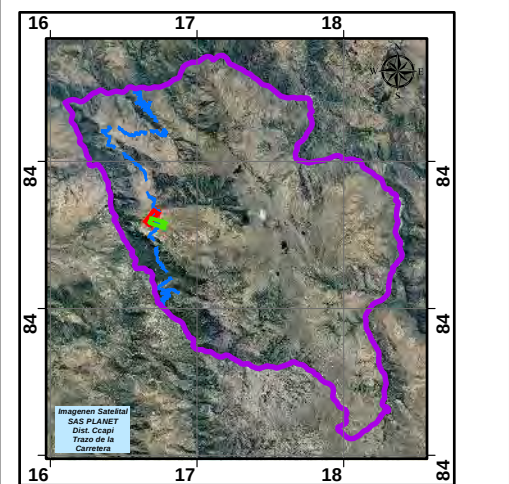
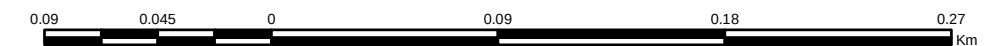
- FALLA INFERIDA
- EJE ANTICLINAL
- EJE SINCLINAL
- EJE SINCLINAL ECHADO
- BUZAMIENTO
- RUMBO Y BUZAMIENTO DE FOLIACION
- RUMBO Y BUZAMIENTO DE ESTRATOS INVERTIDOS
- RUMBO Y BUZAMIENTO VERTICAL

ERA	SISTEMA	SERIE	UNIDADES LITOESTRATIGRAFICAS
Precámbrico	Gneiss	Granito	Depositos volcánicos, alterados y metamorfizados por procesos hidrotermales.
		Granito	Depositos conformados de arena angulosa a subangulosa, generalmente formados aluviales de lavas.
		Granito	Depositos conformados de arena angulosa a subangulosa, generalmente formados aluviales de lavas.
Cuaternario	Aluvial	Aluvial	Depositos conformados de arena angulosa a subangulosa, generalmente formados aluviales de lavas.
		Aluvial	Depositos conformados de arena angulosa a subangulosa, generalmente formados aluviales de lavas.
		Aluvial	Depositos conformados de arena angulosa a subangulosa, generalmente formados aluviales de lavas.

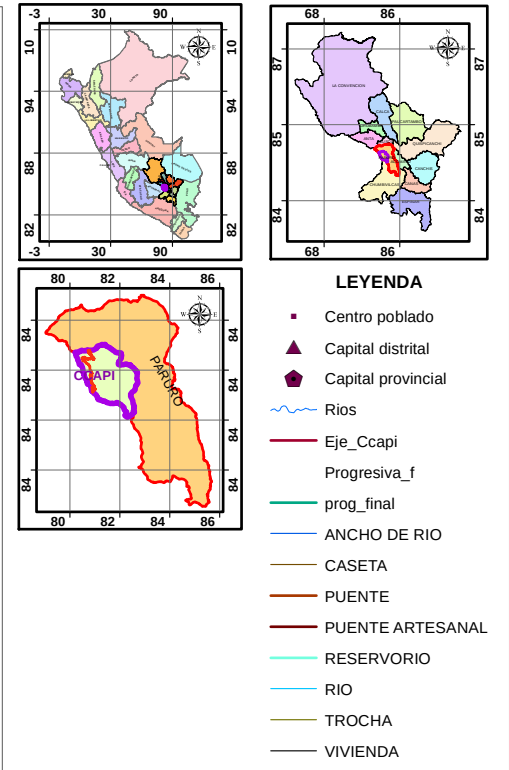
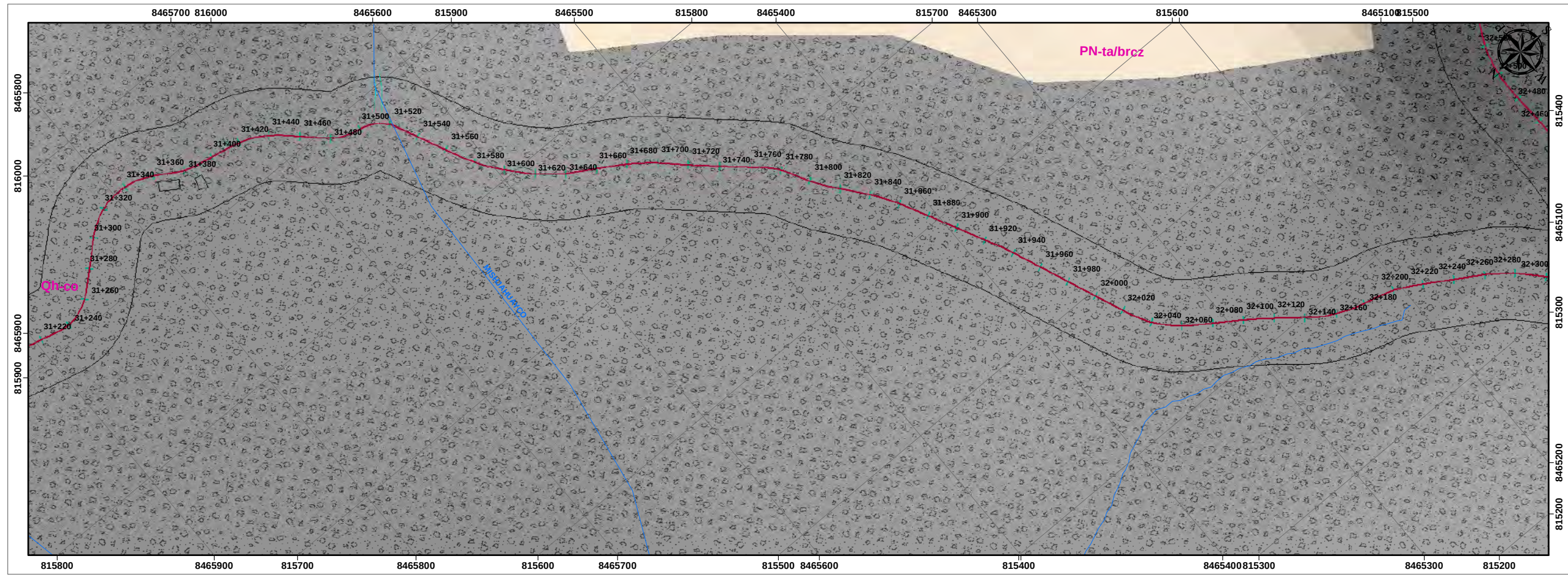


LAMINA N° 24 PROG. 29+900 Km - 31+200 Km

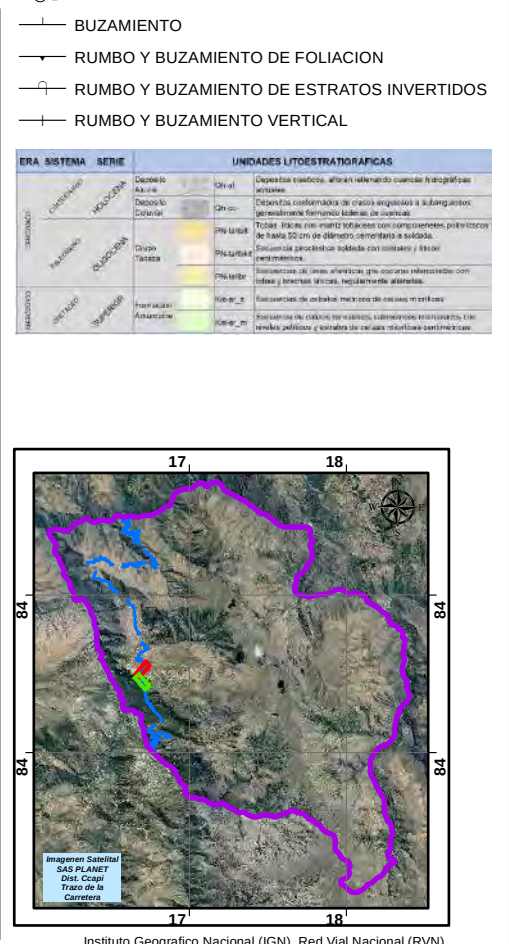
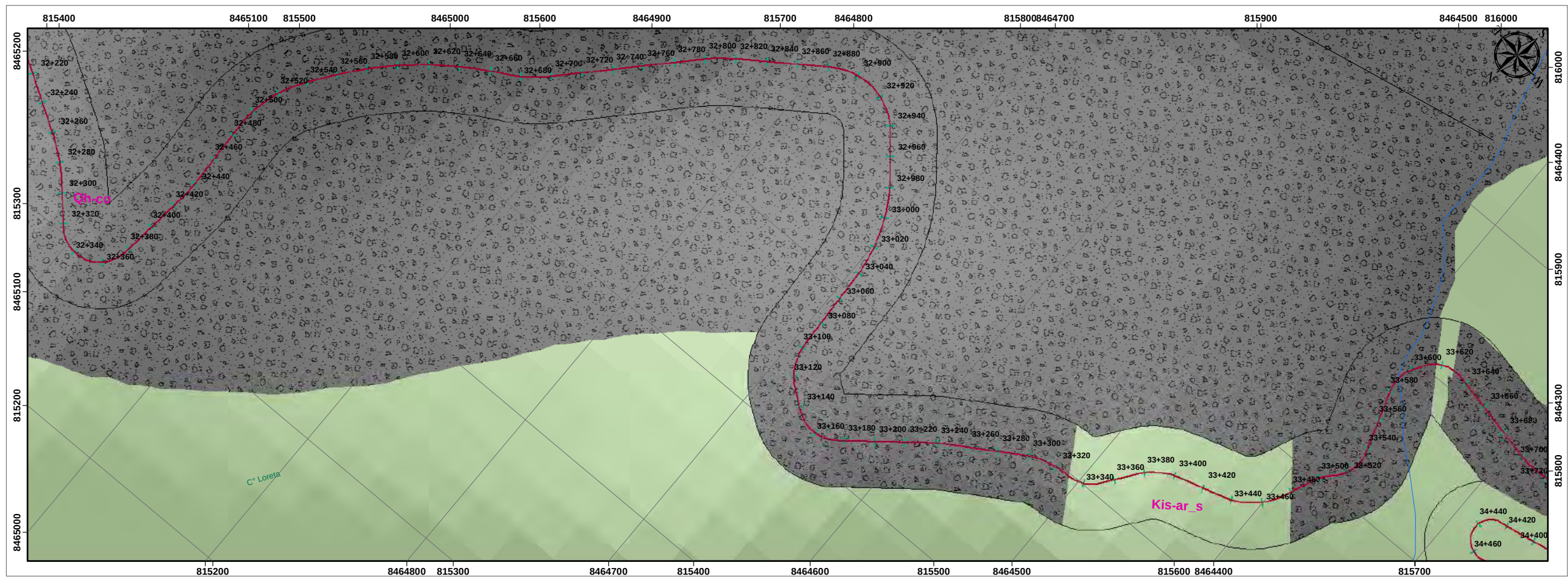
ESC.:1:3,000



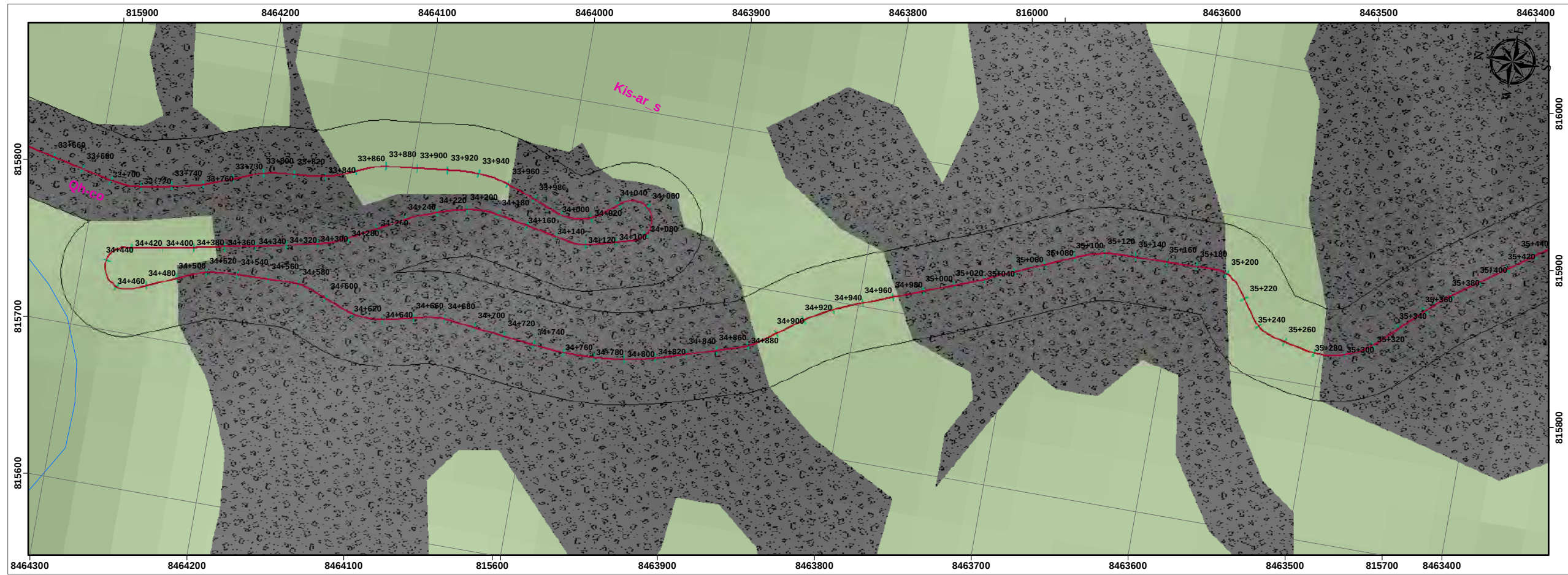
Instituto Geográfico Nacional (IGN), Red Vial Nacional (RVN).
FUENTE: Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI)
PROYECCION:UTM Zona 18 Sur Datum Horizontal de Referencia WGS84



LAMINA N° 25 PROG.31+200 Km - 32+200 Km ESC.:1:3,000



LAMINA N° 26 PROG. 32+200 Km - 33+600 Km ESC.:1:3,000



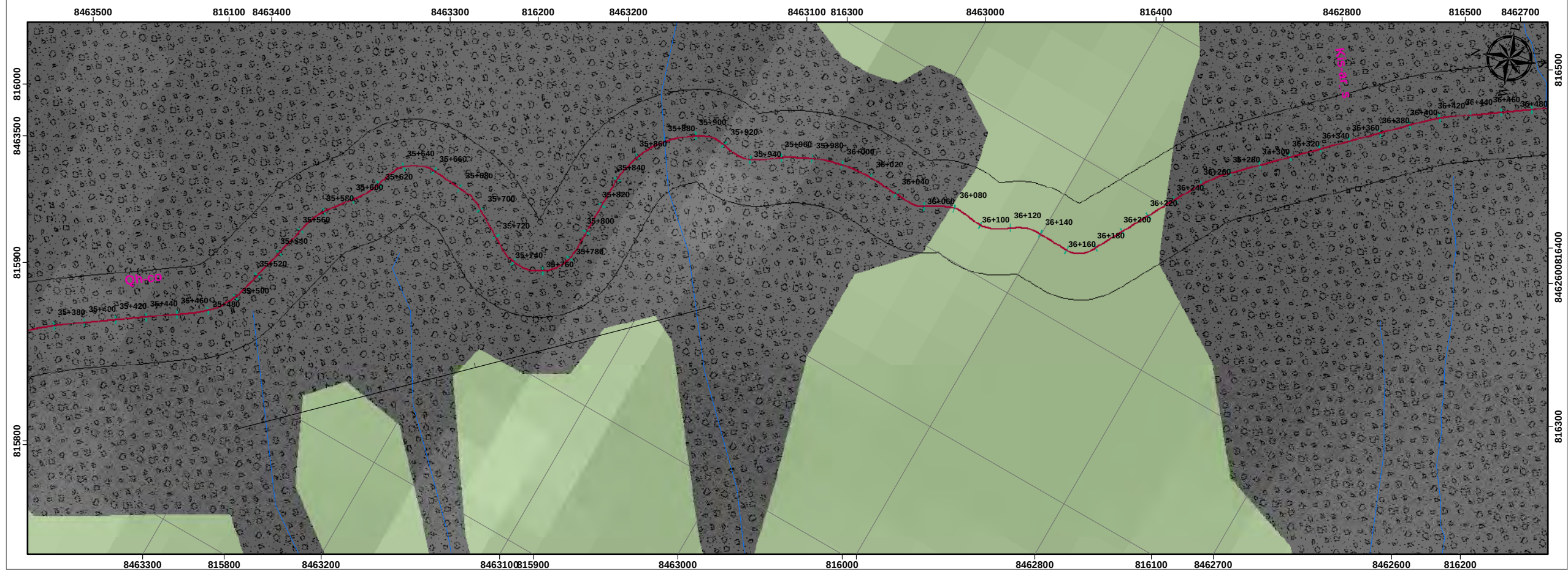
LEYENDA

- Centro poblado
- Capital distrital
- Capital provincial
- Rios
- Eje_Ccapi
- Progresiva_f
- prog_final
- ANCHO DE RIO
- CASETA
- PUENTE
- PUENTE ARTESANAL
- RESERVORIO
- RIO
- TROCHA
- VIVIENDA

SIMBOLOGIA

- FALLA INFERIDA
- EJE ANTICLINAL
- EJE SINCLINAL
- EJE SINCLINAL ECHADO
- BUZAMIENTO
- RUMBO Y BUZAMIENTO DE FOLIACION
- RUMBO Y BUZAMIENTO DE ESTRATOS INVERTIDOS
- RUMBO Y BUZAMIENTO VERTICAL

ERA	SISTEMA	SERIE	UNIDADES LITOESTRATIGRAFICAS
Cuaternario	Aluvial	Deposito Aluvial	Depositos aluviales, aluviales rellenos, cuencas litologicas aluviales
		Deposito Coluvial	Depositos conformados de cracas angulosas a subangulosas, generalmente formados de lavas de lavas
Terciario	Aluvial	Deposito Coluvial	Depositos conformados de cracas angulosas a subangulosas, generalmente formados de lavas de lavas
		Deposito Coluvial	Depositos conformados de cracas angulosas a subangulosas, generalmente formados de lavas de lavas
Terciario	Aluvial	Deposito Coluvial	Depositos conformados de cracas angulosas a subangulosas, generalmente formados de lavas de lavas
		Deposito Coluvial	Depositos conformados de cracas angulosas a subangulosas, generalmente formados de lavas de lavas



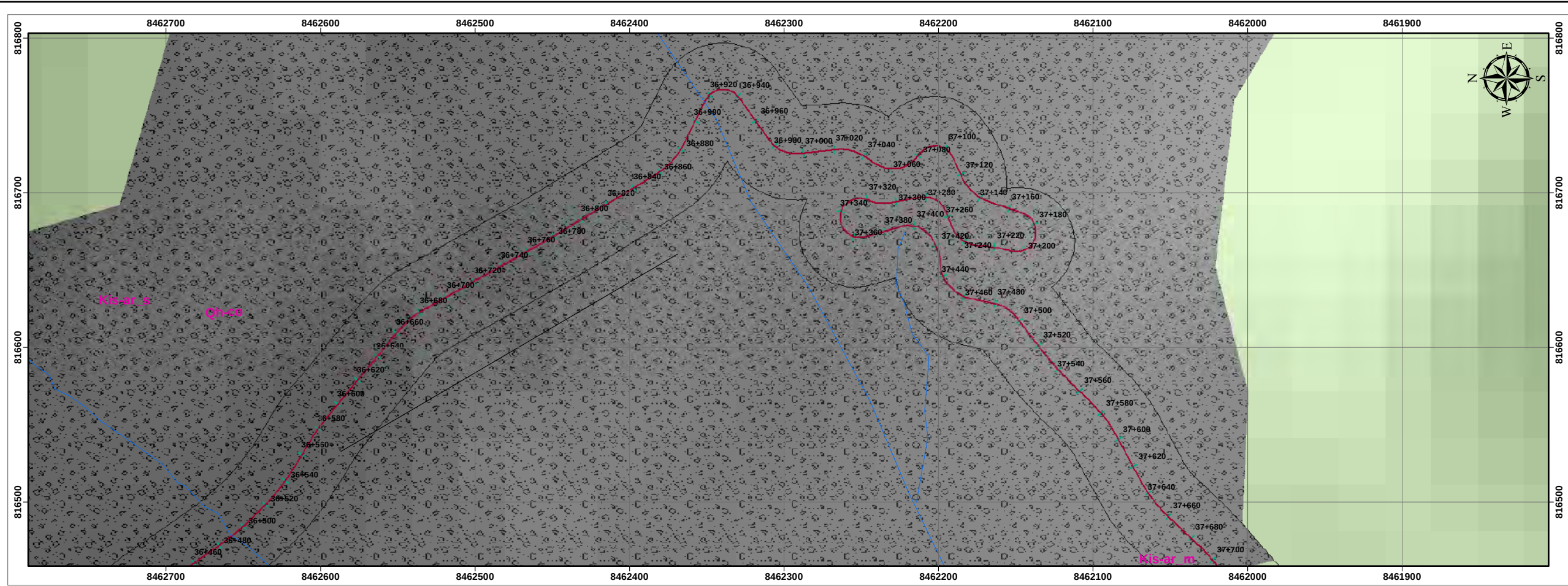
LEYENDA

- Centro poblado
- Capital distrital
- Capital provincial
- Rios
- Eje_Ccapi
- Progresiva_f
- prog_final
- ANCHO DE RIO
- CASETA
- PUENTE
- PUENTE ARTESANAL
- RESERVORIO
- RIO
- TROCHA
- VIVIENDA

SIMBOLOGIA

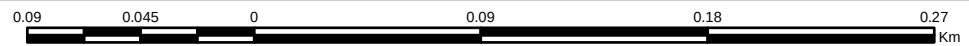
- FALLA INFERIDA
- EJE ANTICLINAL
- EJE SINCLINAL
- EJE SINCLINAL ECHADO
- BUZAMIENTO
- RUMBO Y BUZAMIENTO DE FOLIACION
- RUMBO Y BUZAMIENTO DE ESTRATOS INVERTIDOS
- RUMBO Y BUZAMIENTO VERTICAL

ERA	SISTEMA	SERIE	UNIDADES LITOESTRATIGRAFICAS
Cuaternario	Aluvial	Deposito Aluvial	Depositos aluviales, aluviales rellenos, cuencas litologicas aluviales
		Deposito Coluvial	Depositos conformados de cracas angulosas a subangulosas, generalmente formados de lavas de lavas
Terciario	Aluvial	Deposito Coluvial	Depositos conformados de cracas angulosas a subangulosas, generalmente formados de lavas de lavas
		Deposito Coluvial	Depositos conformados de cracas angulosas a subangulosas, generalmente formados de lavas de lavas
Terciario	Aluvial	Deposito Coluvial	Depositos conformados de cracas angulosas a subangulosas, generalmente formados de lavas de lavas
		Deposito Coluvial	Depositos conformados de cracas angulosas a subangulosas, generalmente formados de lavas de lavas



LAMINA N° 29 PROG.36+400 Km - 37+600 Km

ESC.:1:3,000



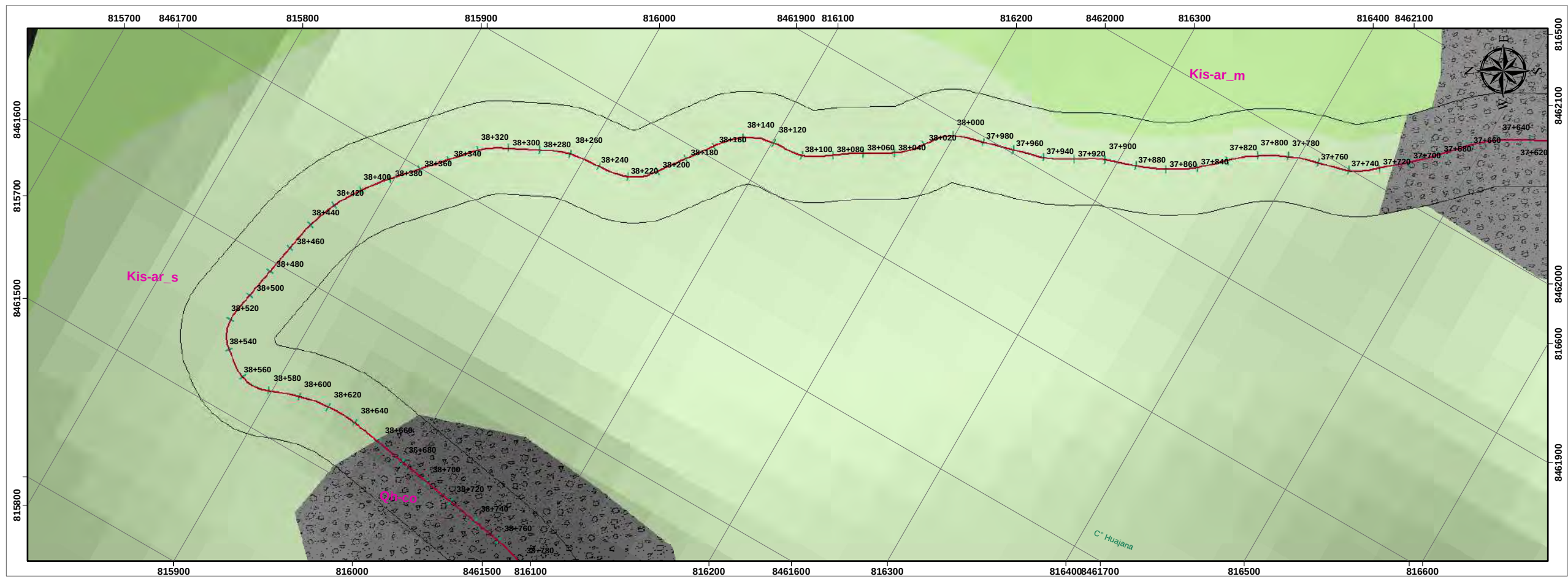
LEYENDA

- Centro poblado
- Capital distrital
- Capital provincial
- Rios
- Eje_Ccapi
- Progresiva_f
- prog_final
- ANCHO DE RIO
- CASETA
- PUENTE
- PUENTE ARTESANAL
- RESERVORIO
- RIO
- TROCHA
- VIVIENDA

SIMBOLOGIA

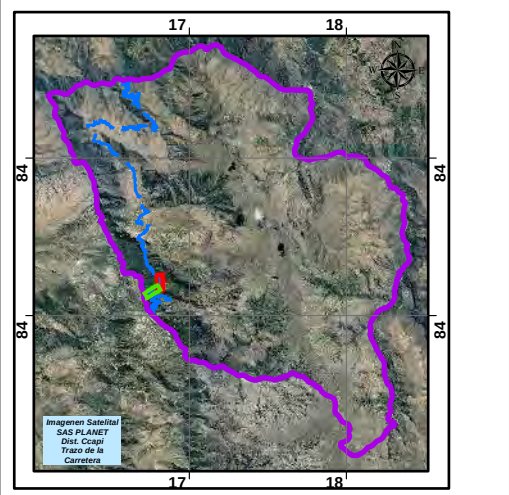
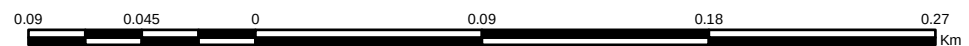
- FALLA INFERIDA
- EJE ANTICLINAL
- EJE SINCLINAL
- EJE SINCLINAL ECHADO
- BUZAMIENTO
- RUMBO Y BUZAMIENTO DE FOLIACION
- RUMBO Y BUZAMIENTO DE ESTRATOS INVERTIDOS
- RUMBO Y BUZAMIENTO VERTICAL

ERA	SISTEMA	SERIE	UNIDADES LITOESTRATIGRAFICAS
Cuaternario	Aluvial	Deposito Aluvial	Depositos cuaternarios, aluviales y aluviales cuaternarios
		Deposito Coluvial	Depositos conformados de crudos angulosos a subangulosos, generalmente formados por lavas de lavas.
Terciario	Aluvial	Deposito Aluvial	Depositos conformados de crudos angulosos a subangulosos, generalmente formados por lavas de lavas.
		Deposito Coluvial	Depositos conformados de crudos angulosos a subangulosos, generalmente formados por lavas de lavas.
Terciario	Aluvial	Deposito Aluvial	Depositos conformados de crudos angulosos a subangulosos, generalmente formados por lavas de lavas.
		Deposito Coluvial	Depositos conformados de crudos angulosos a subangulosos, generalmente formados por lavas de lavas.

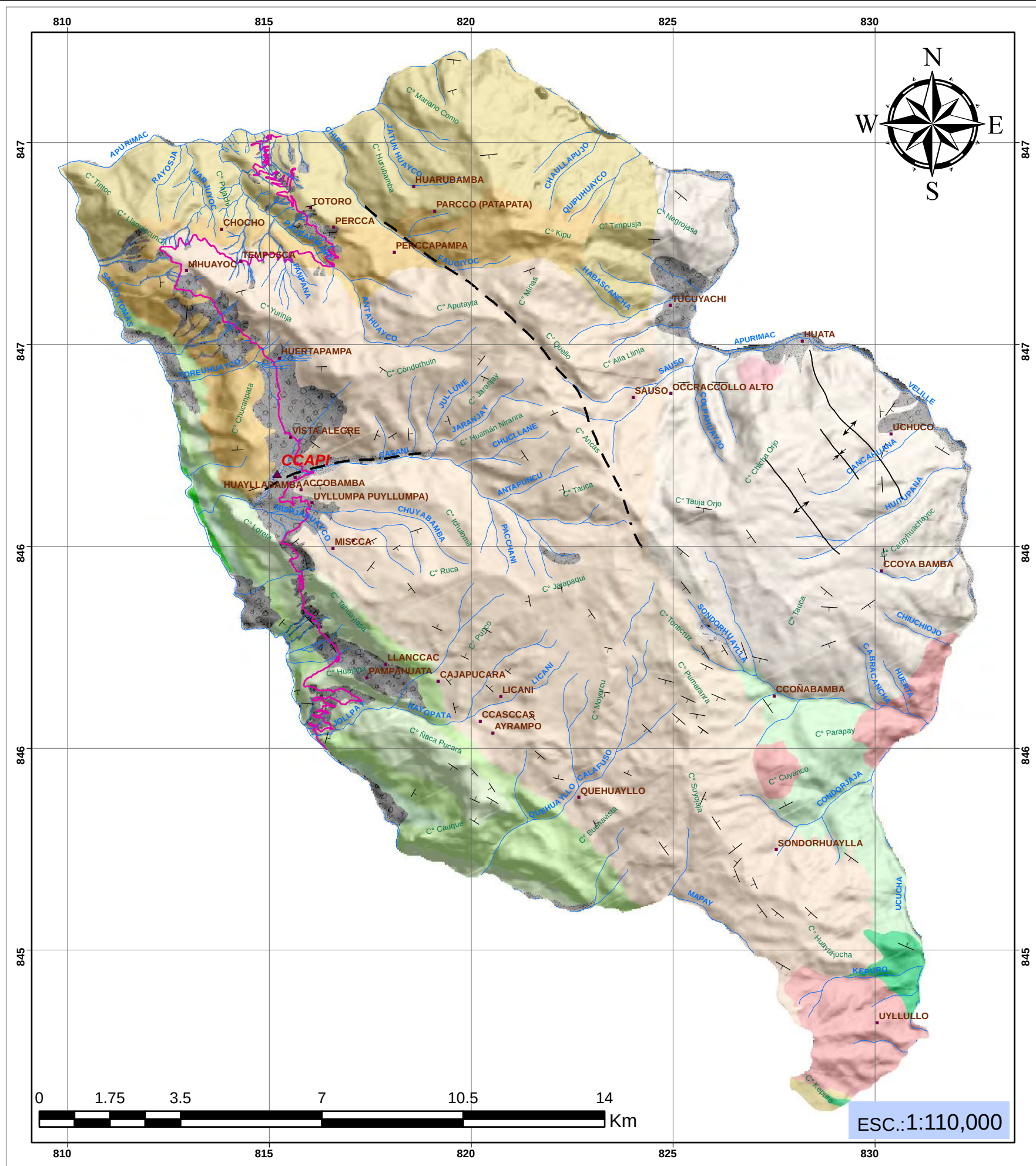


LAMINA N° 30 PROG. 37+600 Km - 38+700 Km

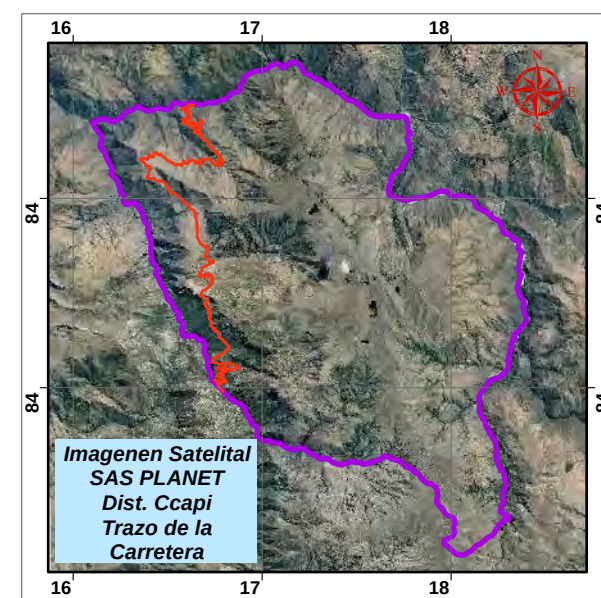
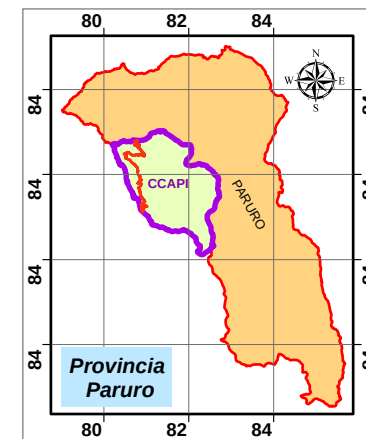
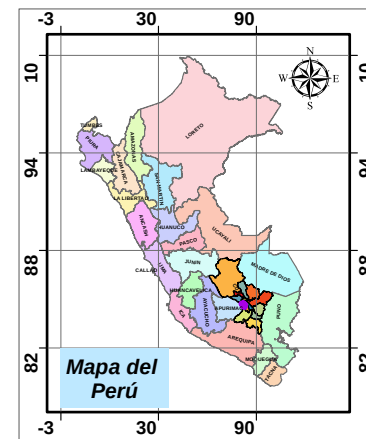
ESC.:1:3,000



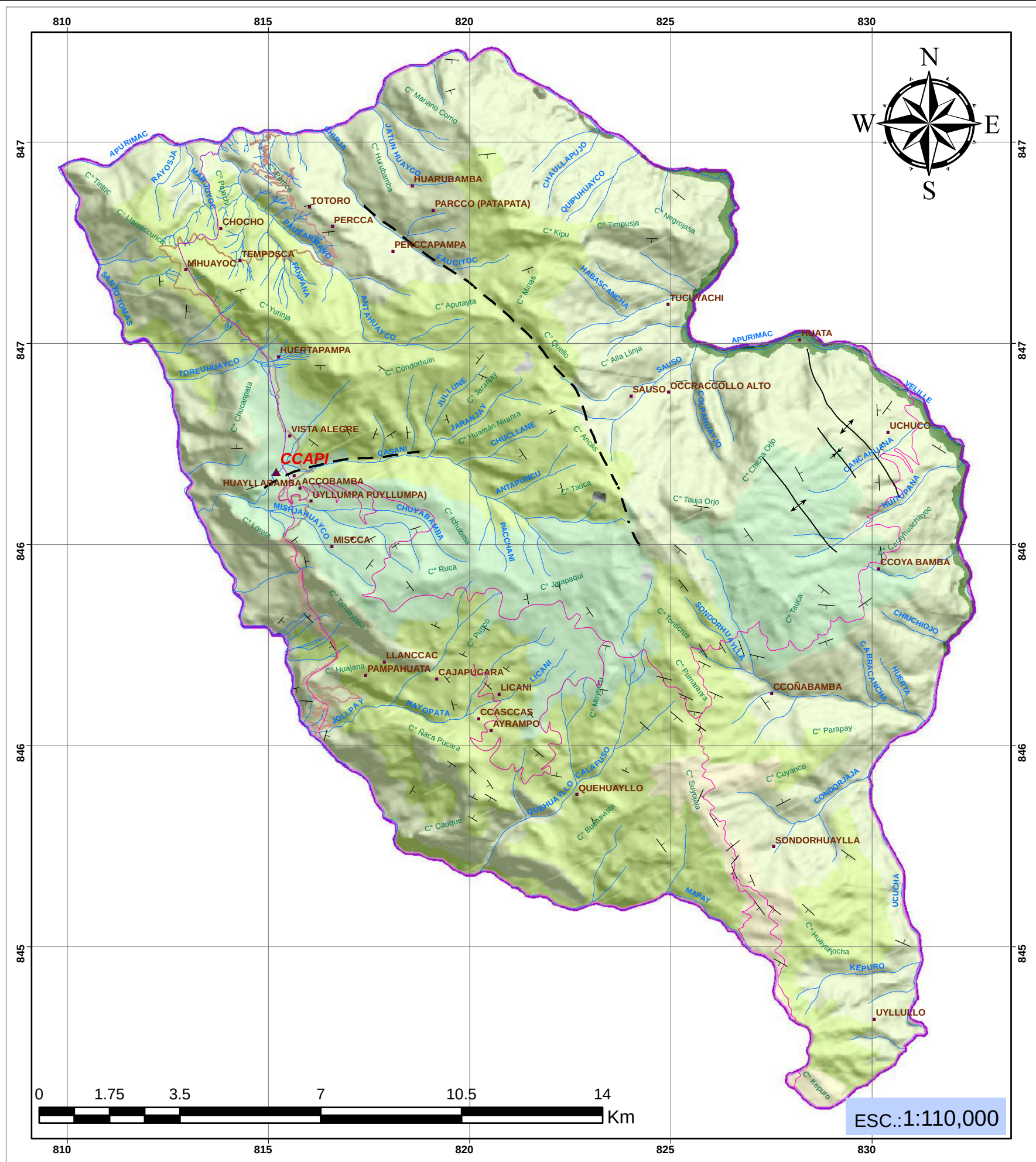
Instituto Geografico Nacional (IGN), Red Vial Nacional (RVN),
FUENTE: Instituto Nacional de Estadística e Informatica (INEI)
PROYECCION:UTM Zona 18 Sur Datum Horizontal de Referencia WGS84



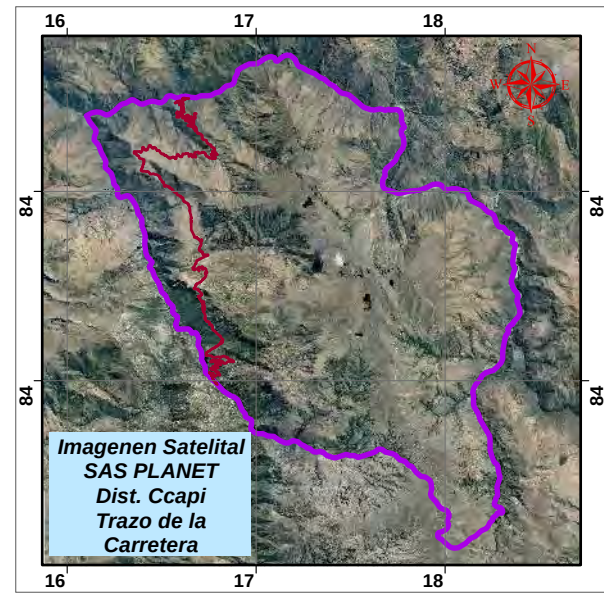
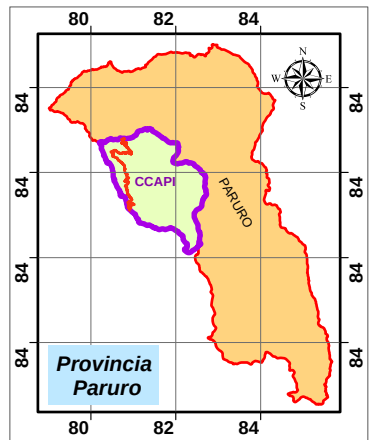
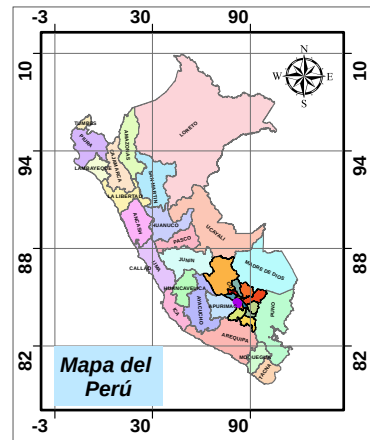
ERA	SISTEMA	SERIE	UNIDADES LITOESTRATIGRAFICAS		ROCAS INTRUSIVAS	
CUATERNARIO	HOLOCENA	Deposito Aluvial	QH-al	Depositos clásticos, afloran rellenando cuencas hidrográficas actuales		
		Deposito Coluvial	QH-co	Depositos conformados de clases angulosos a subangulosos, generalmente formando laderas de cuencas		
		Deposito Glaciar	QH-g	Depositos de origen glaciar, con matriz arenosa conglomeradica, afloran rellenando cuencas en zonas altas		
	PALEOGENO	Grupo Tacaza	PN-ta/vs	Secuencia volcanosedimentaria de color rojo, intercalado con niveles de ceniza de color gris bruno		
			PN-ta/tbt	Tobas líticas con matriz tobáceas con componentes polimicticos de hasta 50 cm de diametro cementada a soldada		
			PN-ta/tbkl	Secuencia piroclástica soldada con cristales y litos centimétricos		
			PN-ta/tbc	Secuencia piroclástica de tobas cementadas intercaladas con sedimentos volcanogénicos y tobas de cenizas		
			PN-ta/tbrvs	Flujo piroclástico, tobas brechas, semientada de color beige claro intercalada con volcanos sedimentarios y en la base lahars color rojo. Con estructura columnar visible	P/di	Dioritas
			PN-ta/tbr	Secuencias de lavas afaníticas oscuras intercaladas con tobas y brechas lavicas, regularmente alteradas, irregular presencia de minerales de cobre	P/ma	Microdioritas
			PN-ta/broz	Volcanos sedimentarios de color rojo, de lahars con bombas lavicas, matriz volcanoterosa con litos hasta de 50 cm, intercalada con conglomerados y volcarenitas		
	EOCENA	Formacion Anta	No-ta	Conglomerados aluviales con matriz tobacea, intercalados con areniscas fluviales, material piroclástico		
			Pao-an_i	Conglomerados de conos aluviales con intercalación de dacitas, andesitas y basaltos andesíticos		
			Pao-an_ii	Lutitas rojas intercaladas con areniscas fluviales y conglomerados. Niveles de calizas lacustres y basaltos		
MESOZOICO	CRETACEO	SUPERIOR	Kis-ar_s	Secuencias de estratos métricos de calizas micriticas		
			Kis-ar_m	Secuencia de calizas de estratos submétricos intercalados con niveles peliticos y estratos de calizas micriticas centimétricas		
			Kis-ar_l	Secuencia de calizas micriticas de estratos submétricos intercalados con niveles esporádicos estratos de dolomita y de aspecto masivo		
	MEDIO	Formacion Arahuay	Ki-ar	Caliza gris marón con niveles de chert laminados intercalados con volcanicos retrabajados		
			Kis-ma	Intercalacion de arcillas, lutitas limoareniscas. De color rojo bruno		
	INFERIOR	Formacion Maras	Ki-mu	Hacia la base intercalaciones de arenas pardo rojas con limoarenas y lutitas. En la parte media estratos submétricos de arenisca cuarzoza. En la parte superior intercalacion de areniscas, limoarcillas y limoareniscas rojas		
			Ki-hu	Areniscas cuarzosas blancas en estratos métricos de grano medio a grueso		
		Formacion Murco				
		Formacion Hualhuani				



- LEYENDA**
- Centro poblado
 - Capital distrital
 - Capital provincial
 - Rios
- SIMBOLOS**
- FALLA INFERIDA
 - EJE ANTICLINAL
 - EJE SINCLINAL
 - BUZAMIENTO
 - RUMBO Y BUZAMIENTO DE FOLIACION
 - RUMBO Y BUZAMIENTO DE ESTRATOS INVERTIDOS
 - RUMBO Y BUZAMIENTO VERTICAL



UNIDAD GEOMORFOLOGICA	SIMBOLOGIA		DESCRIPCION
ALTIPLANICIES ONDULADAS		Ao	Corresponden a los restos de la antigua superficie puna, a veces bastante cubiertos por depósitos aluviales recientes, y principalmente por depósitos morrénicos de las pasadas glaciaciones, que descendieron de los macizos montañosos. Sus estructuras son debidas a la presencia de bancos o capas de rocas duras calizas
FONDOS DE VALLE ALUVIAL MONTAÑOSA		Fvam	Constituidas por bancos estratificados poco o nada consolidados, de gravas, arena, limo y arcilla
VERTIENTES DE MONTAÑA ALLANADA		Vma	Moderadamente empinadas compuesta por rocas del paleozoico, intrusiones terciarias y algunas rocas sedimentarias de terciario
VERTIENTES DE MONTAÑA DISECTADA		Vmd	Conformada en su mayoría por derrubios de esquisto y pizarras y antiguos deslizamientos
VERTIENTE DE MONTAÑA EMPINADA		Vme	Poseen una topografía accidentada, movimientos tectónicos afectaron principalmente a volúmenes rocosos poco resistentes, constituidas por afloramientos pizarrosos y esquistosos y en menor proporción por rocas sedimentarias del terciario y rocas intrusivas y metamórficas



LEYENDA

- Centro poblado
- Capital distrital
- Capital provincial
- EN PROYECTO
- SIN AFIRMAR
- TROCHA CARROZABLE
- Rios

- Dist_Ccapi
- Eje_Ccapi

SÍMBOLOS

- FALLA INFERIDA
- EJE ANTICLINAL
- EJE SINCLINAL
- BUZAMIENTO
- RUMBO Y BUZAMIENTO DE FOLIACION
- RUMBO Y BUZAMIENTO DE ESTRATOS INVERTIDOS
- RUMBO Y BUZAMIENTO VERTICAL
- Eje_Ccapi



FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA

DEPARTAMENTO:
CUSCO

PROVINCIA:
PARURO

DISTRITO:
CCAPI



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN
ANTONIO ABADEL CUSCO

TESIS:

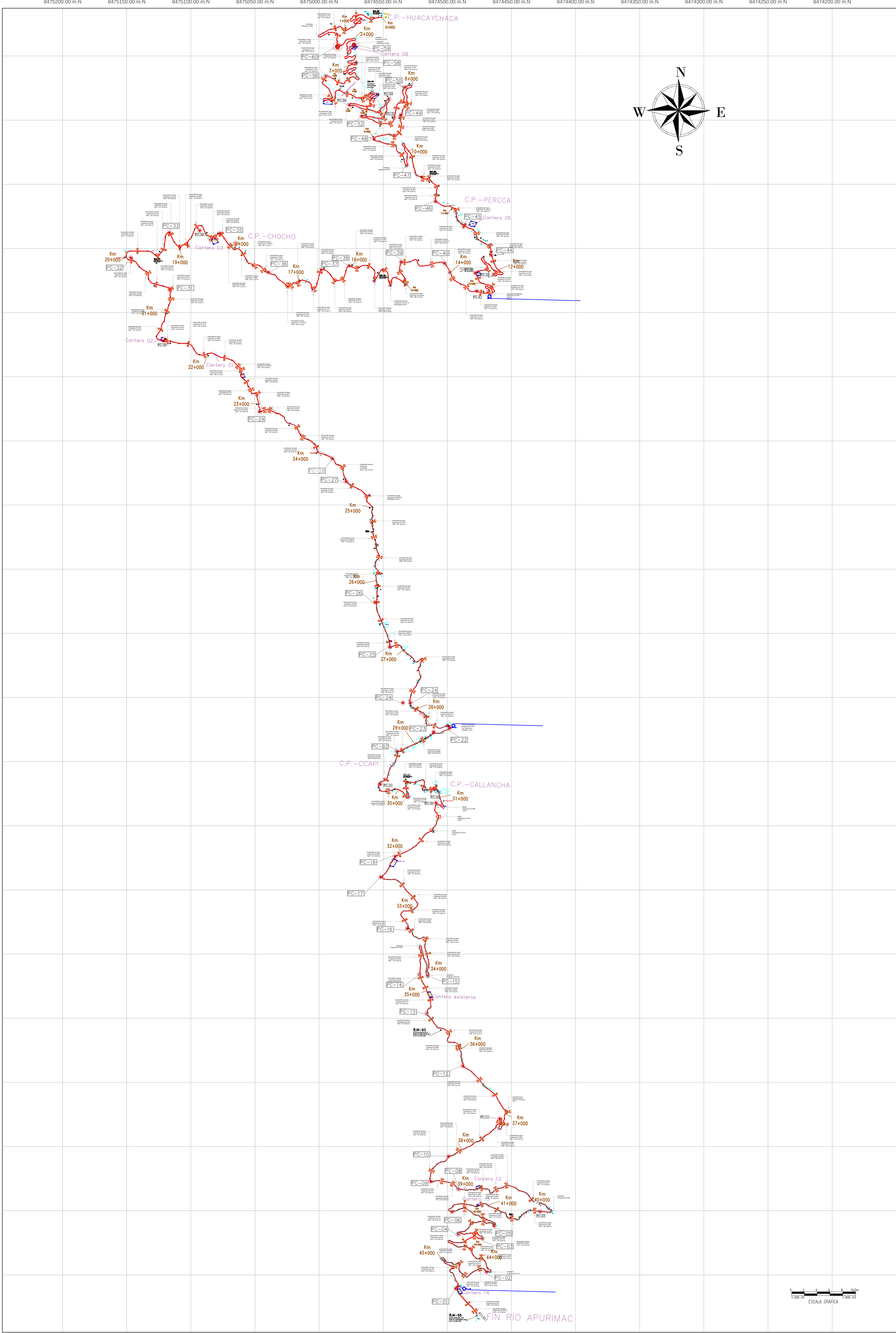
"ESTUDIO GEOLOGICO - GEOTECNICO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR DE LA CARRETERA DEPARTAMENTAL CU-118 EN EL TRAMO: PUENTE HUACAYCHACA-CCAPI-PAMPAHUATA-DISTRITO DE CCAP-PROVINCIA DE PARURO-DEPARTAMENTO DEL CUSCO"

PLANO:

GEOMORFOLOGICO LOCAL

ELABORADO POR:
BACH. JOSÉ ANTONIO ALCA VÁSQUEZ





FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA
DEPARTAMENTO: CUSCO
PROVINCIA: PARURO
DISTRITOS: CCAPI



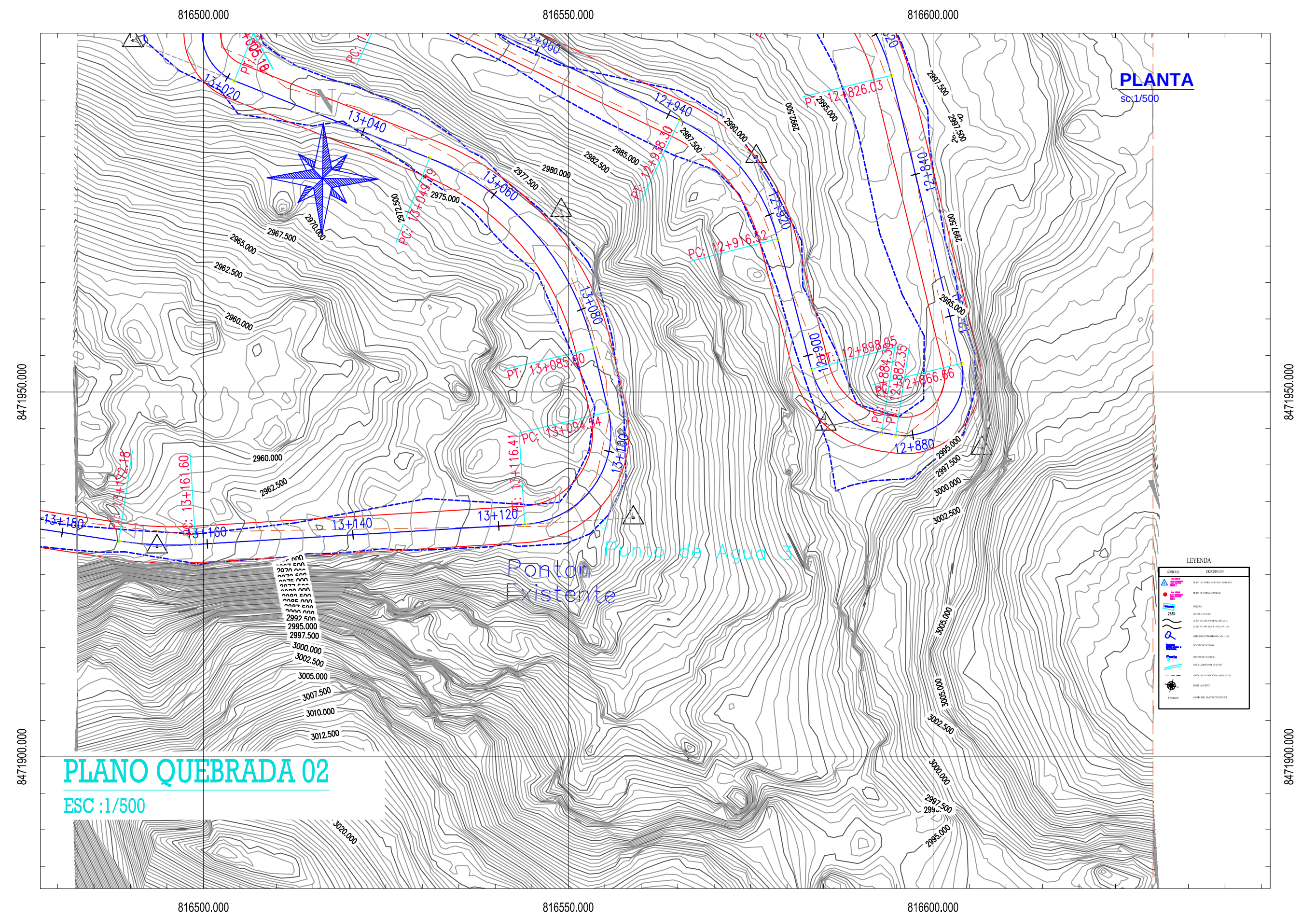
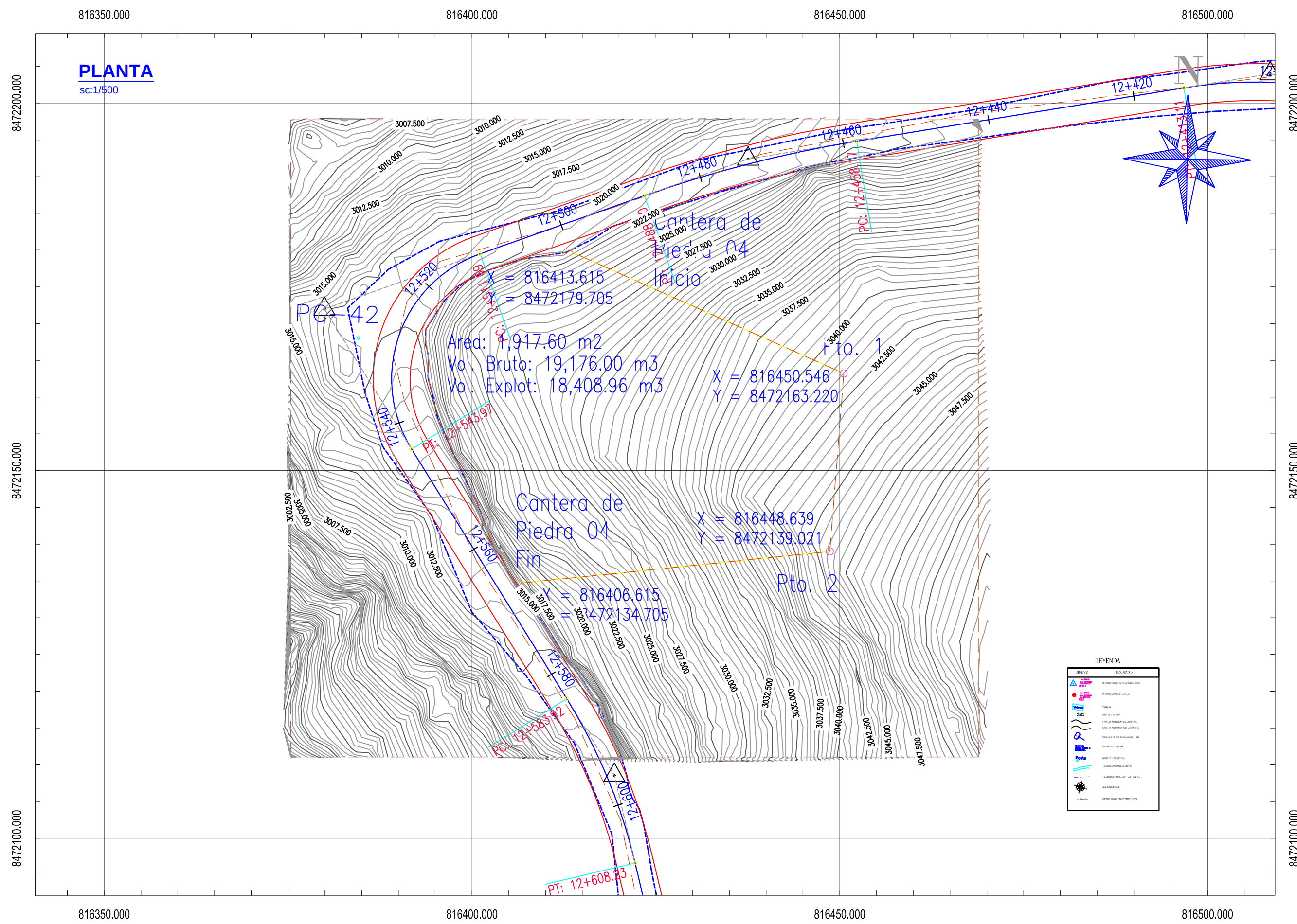
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN
ANTONIO ABAD DEL CUSCO

TESIS:
"ESTUDIO GEOLOGICO - GEOTECNICO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA
TRANSITABILIDAD VEHICULAR DE LA CARRETERA DEPARTAMENTAL CU-118 EN EL
TRAMO: "PUENTE HUACAYCHACA-CCAPI-PAMAHUATA-DISTRITO DE
CCAPI-PROVINCIA DE PARURO-DEPARTAMENTO DEL CUSCO".

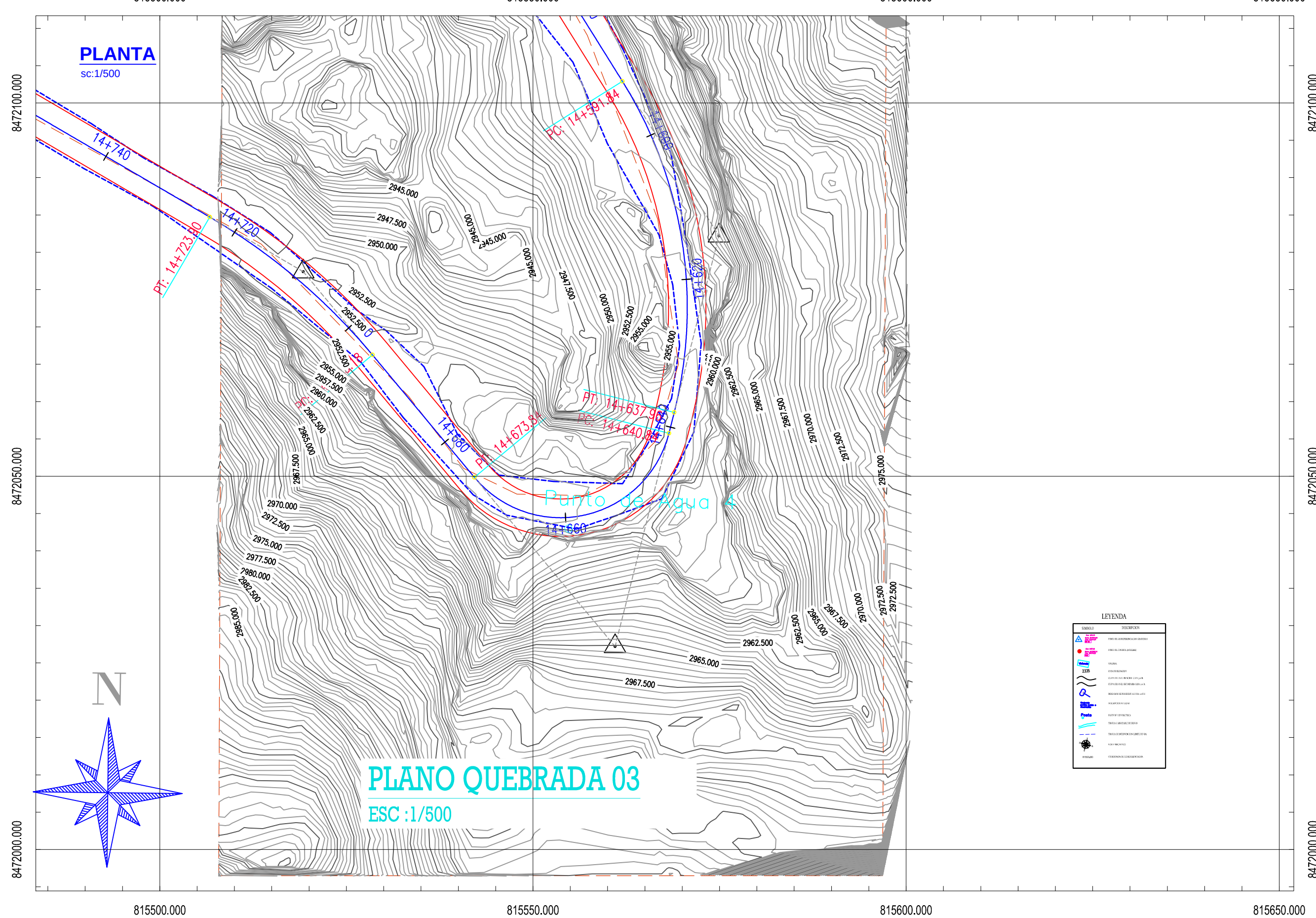
PLANO:
PLANO CLAVE

ESCALA : INDICADAS
FECHA : MAYO DEL 2022
ELABORADO POR:
BACIL JOSÉ ANTONIO ALCCA VÁSQUEZ

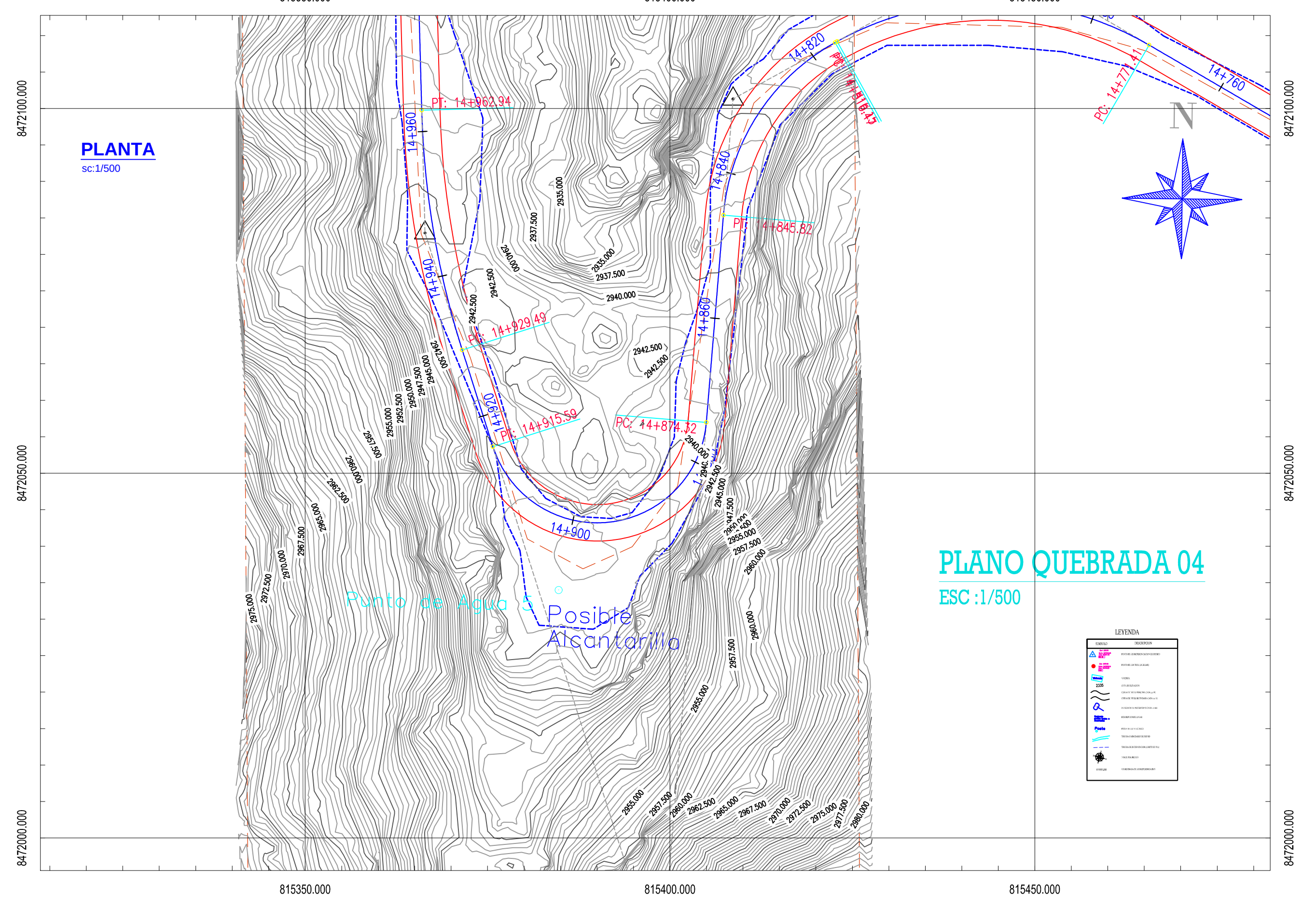
CODIGO:
C-01



PLANO QUEBRADA 02
ESC:1/500



PLANO QUEBRADA 03
ESC:1/500



PLANO QUEBRADA 04
ESC:1/500



FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA
DEPARTAMENTO: CUSCO
PROVINCIA: PARURO
DISTRITOS: CCAPI



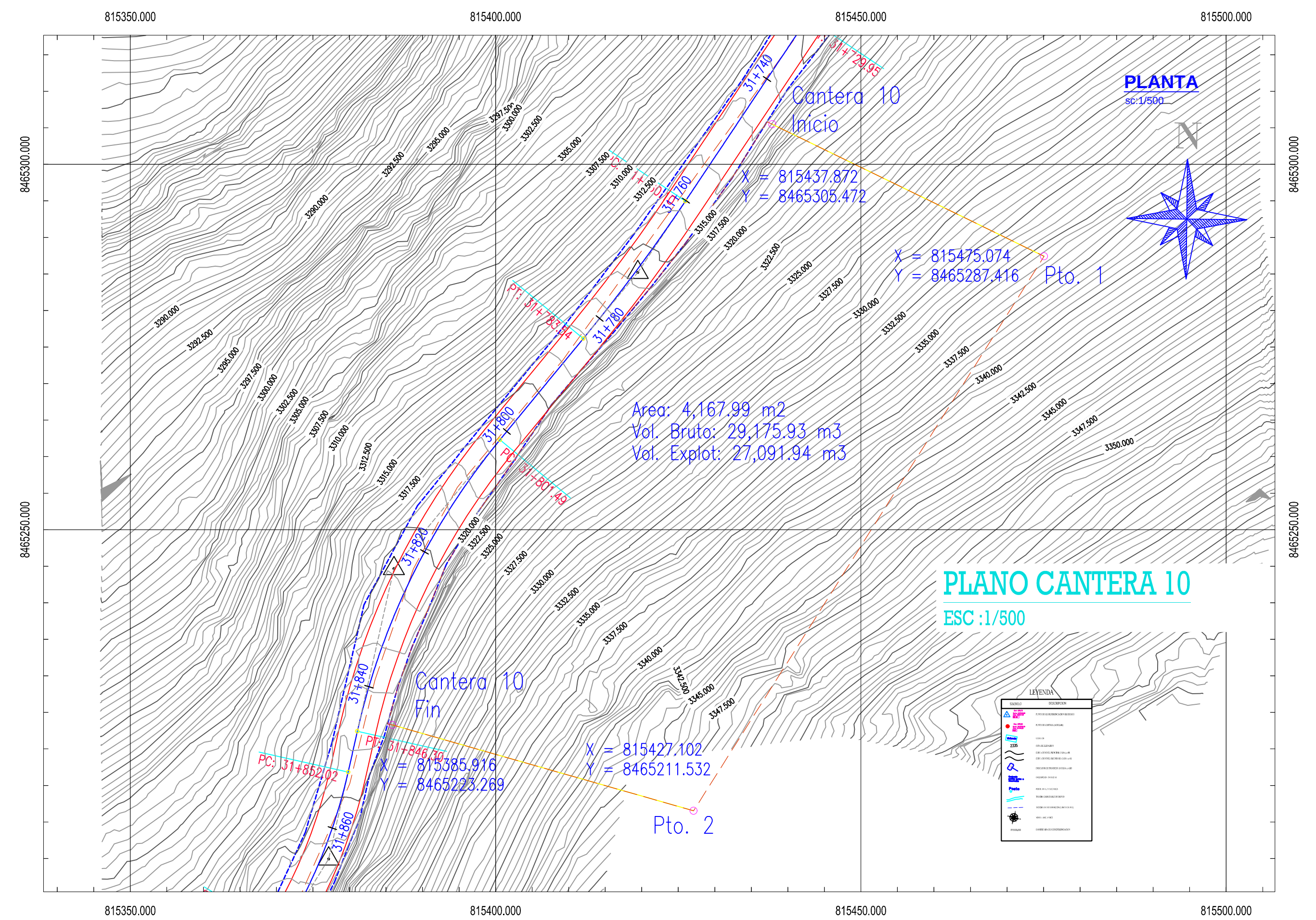
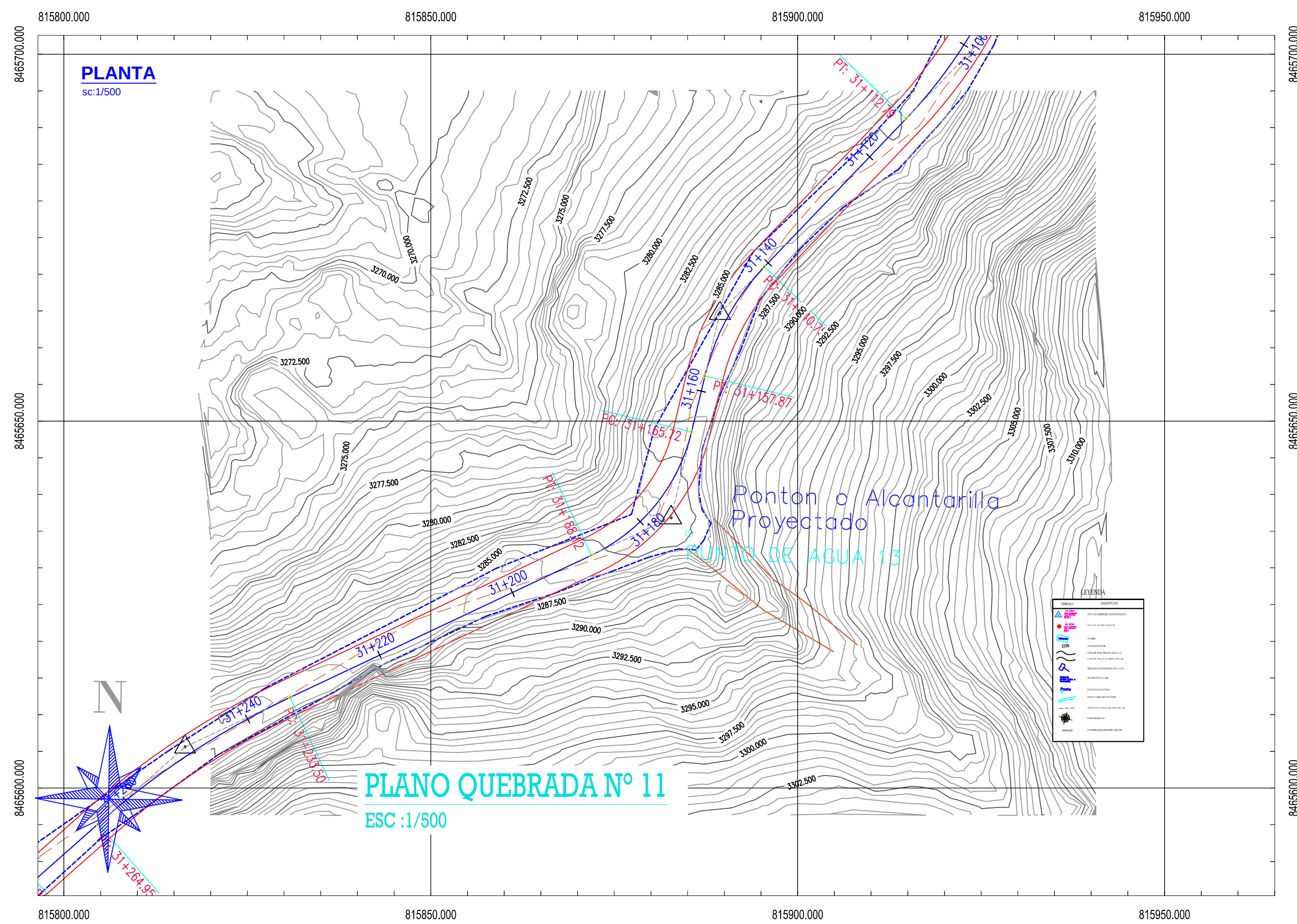
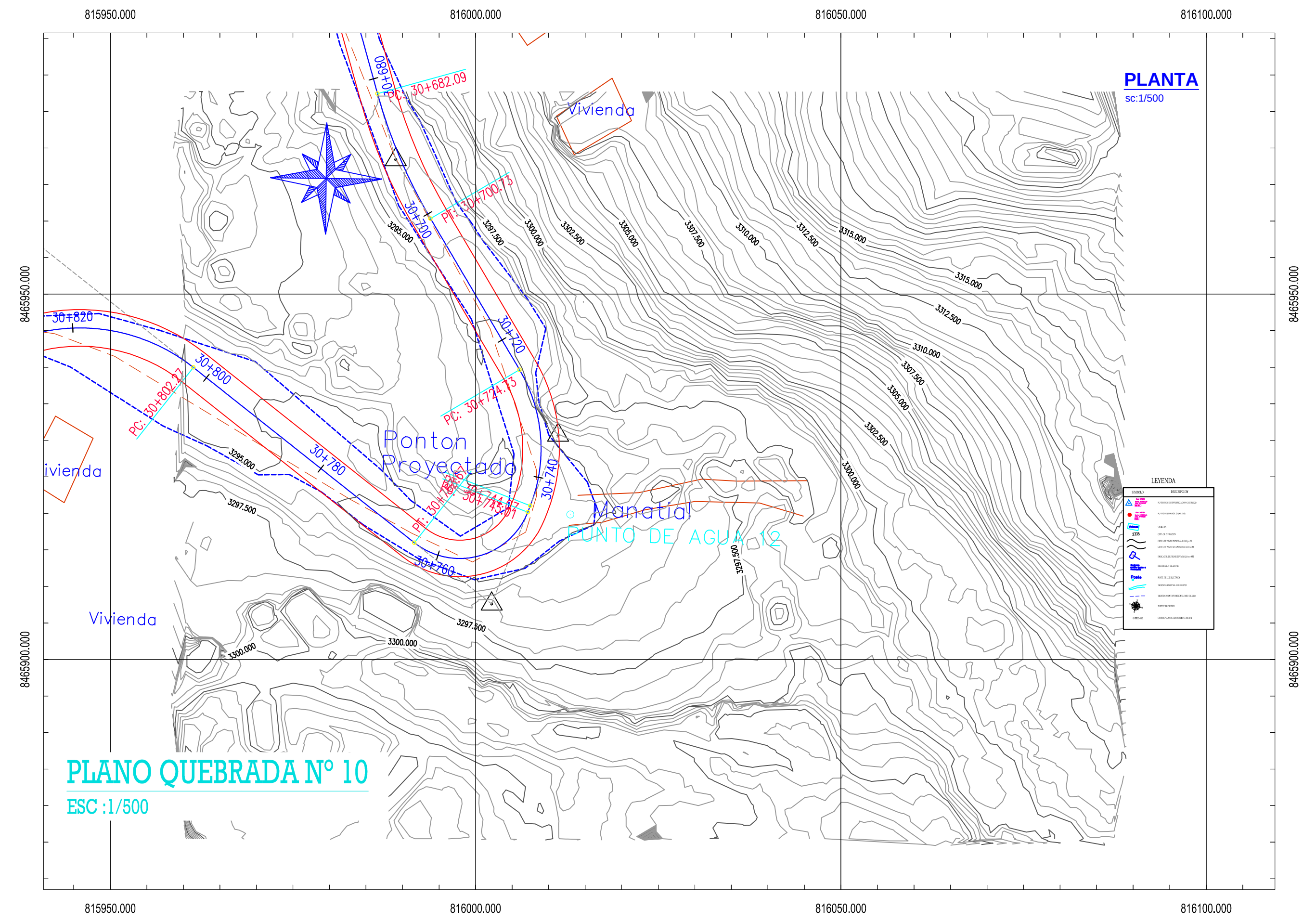
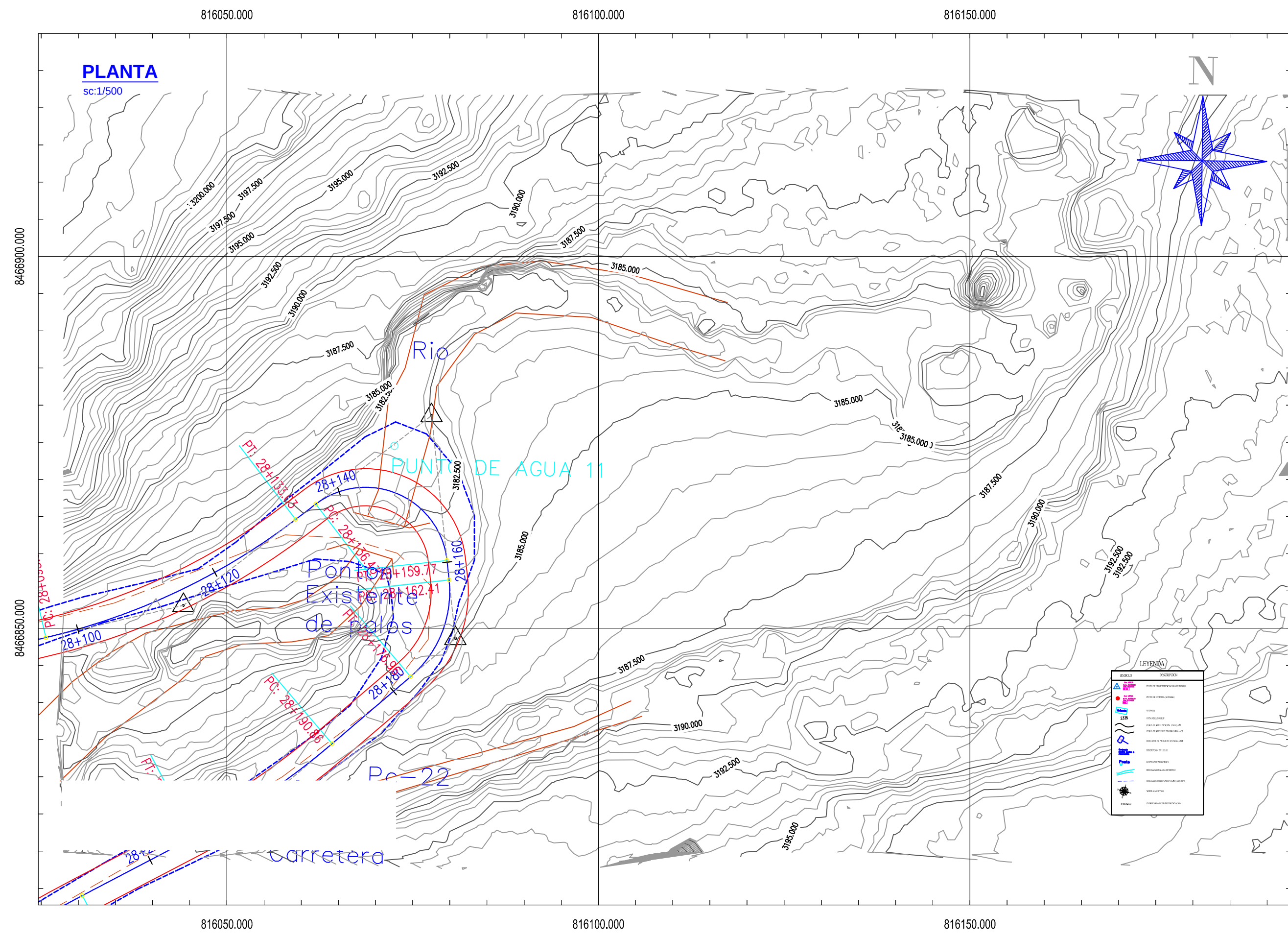
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

TESIS:
"ESTUDIO GEOLOGICO - GEOTECNICO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR DE LA CARRETERA DEPARTAMENTAL CU-118 EN EL TRAMO: "PUENTE HUACAYCHACA-CCAPI-PAMPAHATA-DISTRITO DE CCAPI-PROVINCIA DE PARURO-DEPARTAMENTO DEL CUSCO".

PLANO:
TOPOGRAFICO
CANTERAS Y QUEBRADAS

ESCALA :INDICADAS
FECHA : MAYO DEL 2022
ELABORADO POR:
BACH. JOSÉ ANTONIO ALCCA VÁSQUEZ

CODIGO:
TQ-3



FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA
DEPARTAMENTO: CUSCO
PROVINCIA: PARURO
DISTRITOS: CCAPI



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN
ANTONIO ABAD DEL CUSCO

TESIS:

"ESTUDIO GEOLOGICO - GEOTECNICO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA
TRANSITABILIDAD VEHICULAR DE LA CARRETERA DEPARTAMENTAL CU-118 EN EL
TRAMO: "PUENTE HUACAYCHACA-CCAPI-PAMPAHUATA-DISTRITO DE
CCAPI-PROVINCIA DE PARURO-DEPARTAMENTO DEL CUSCO".

PLANO:

TOPOGRAFICO
CANTERAS Y QUEBRADAS

ESCALA :INDICADAS

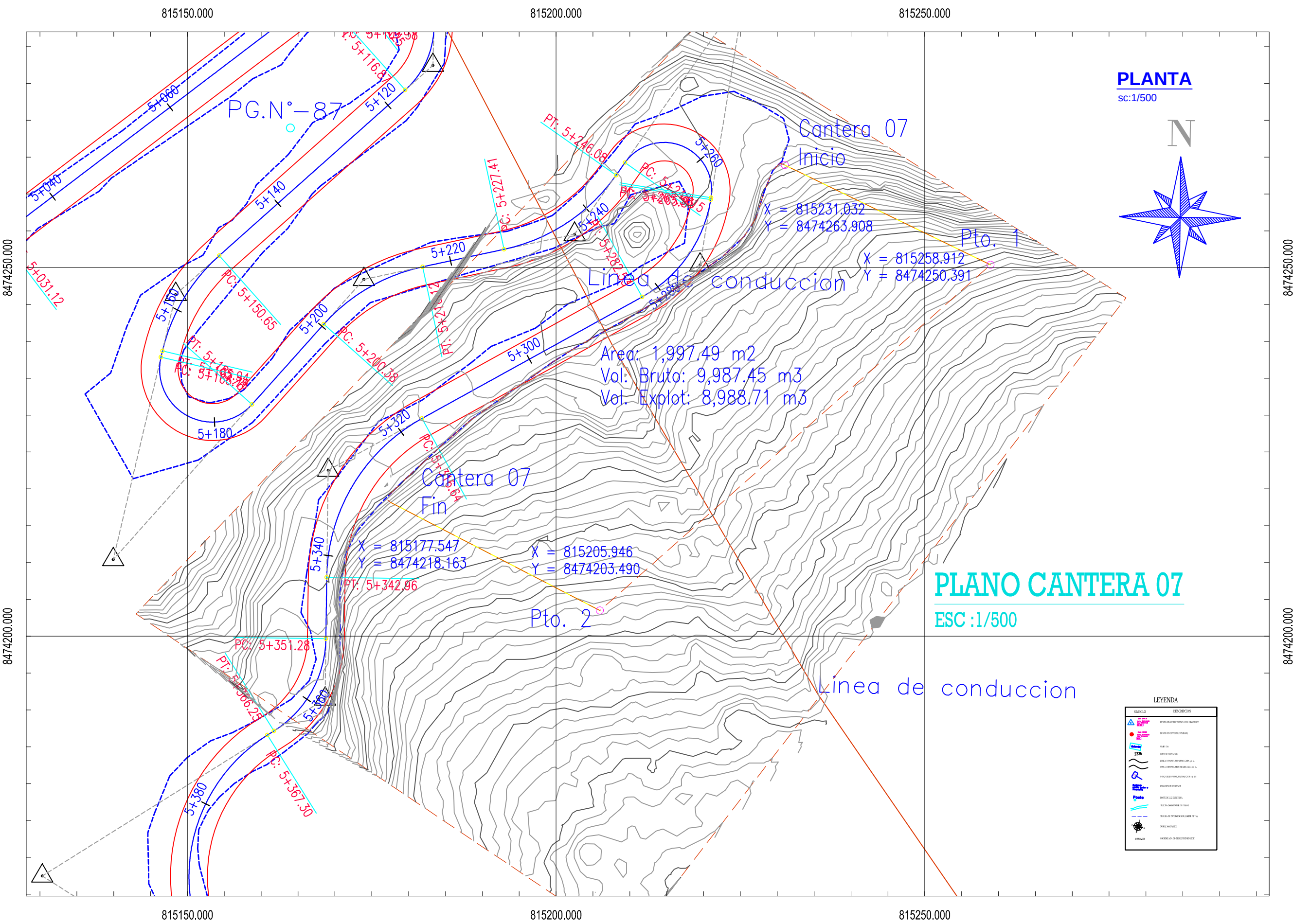
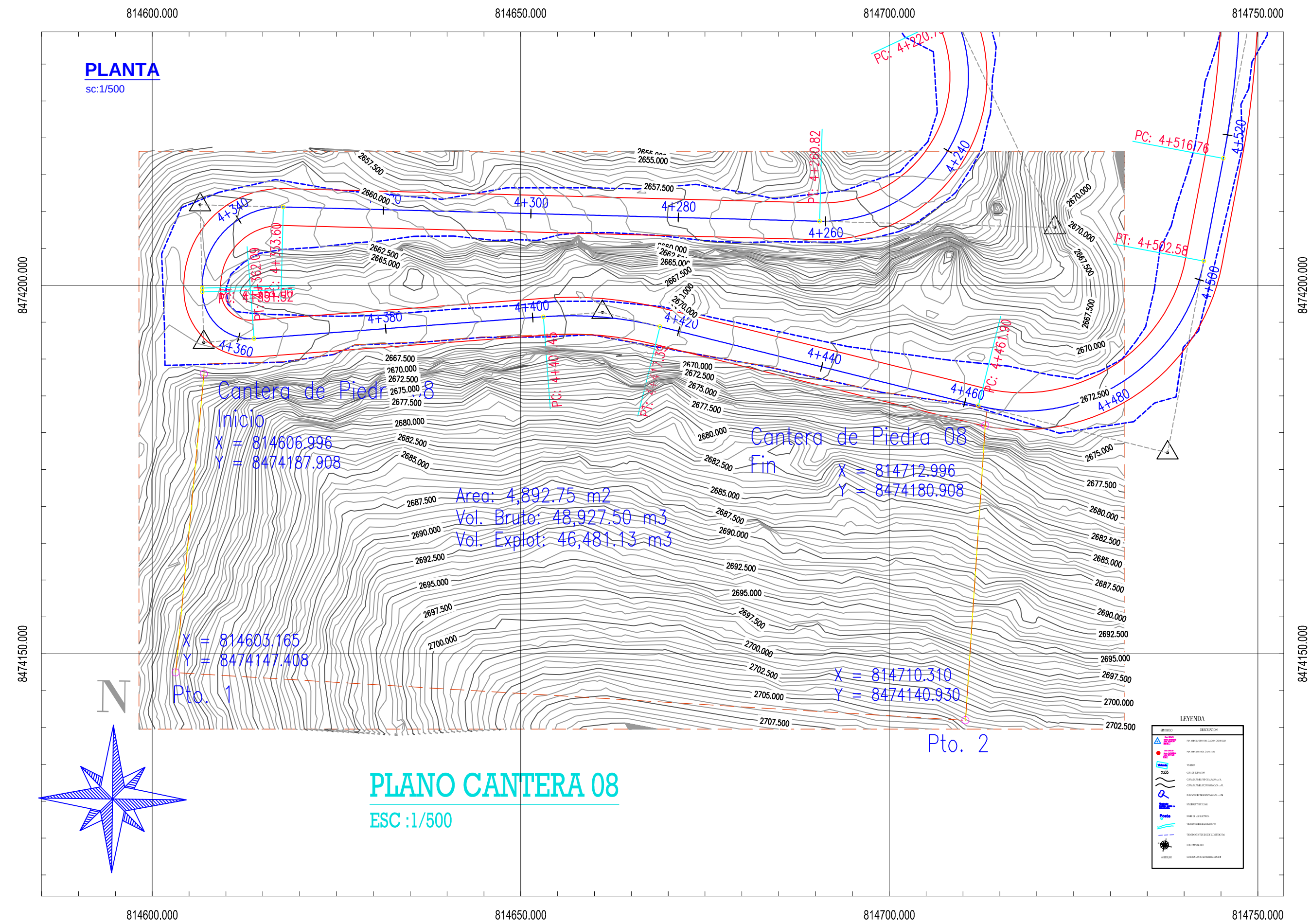
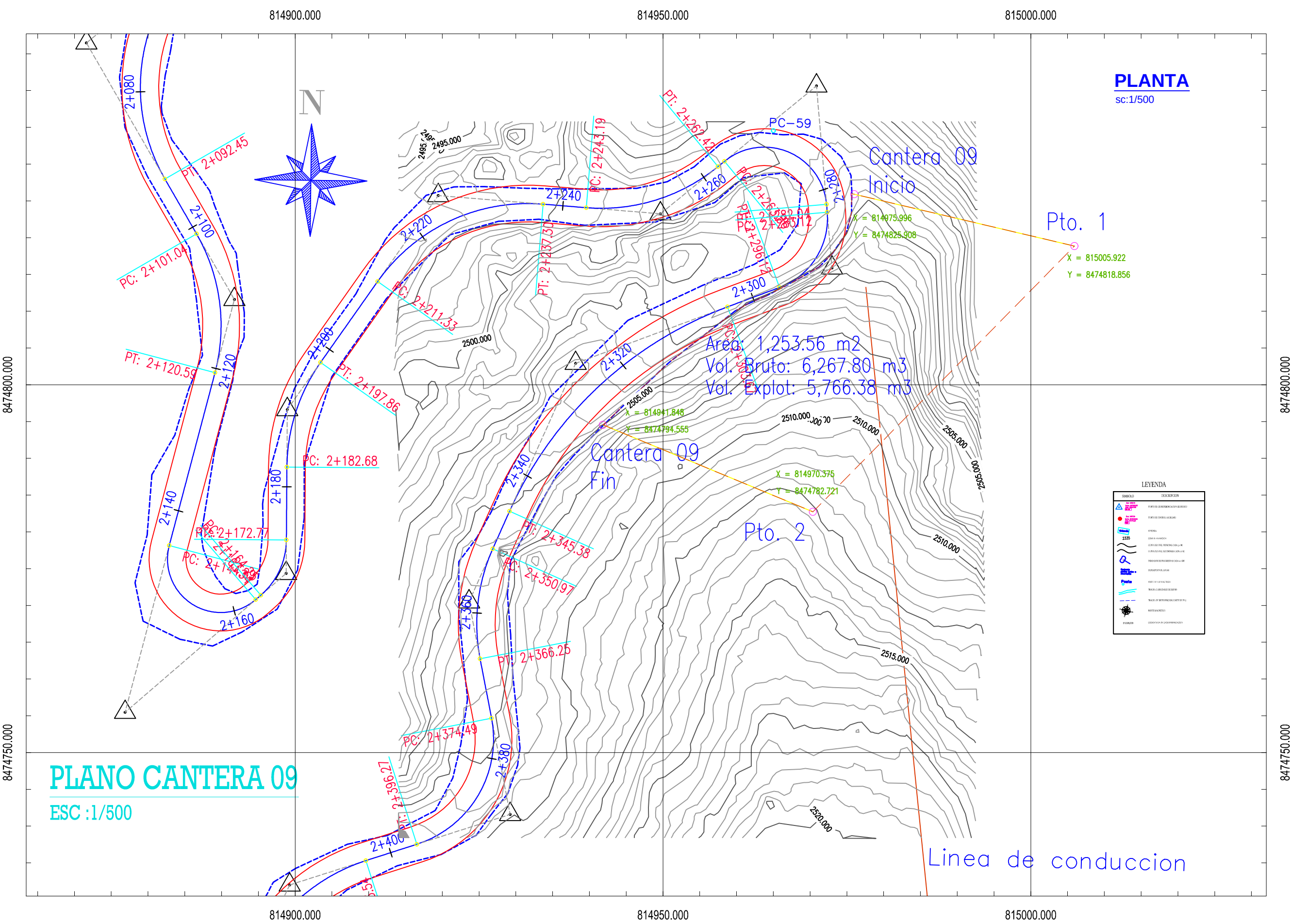
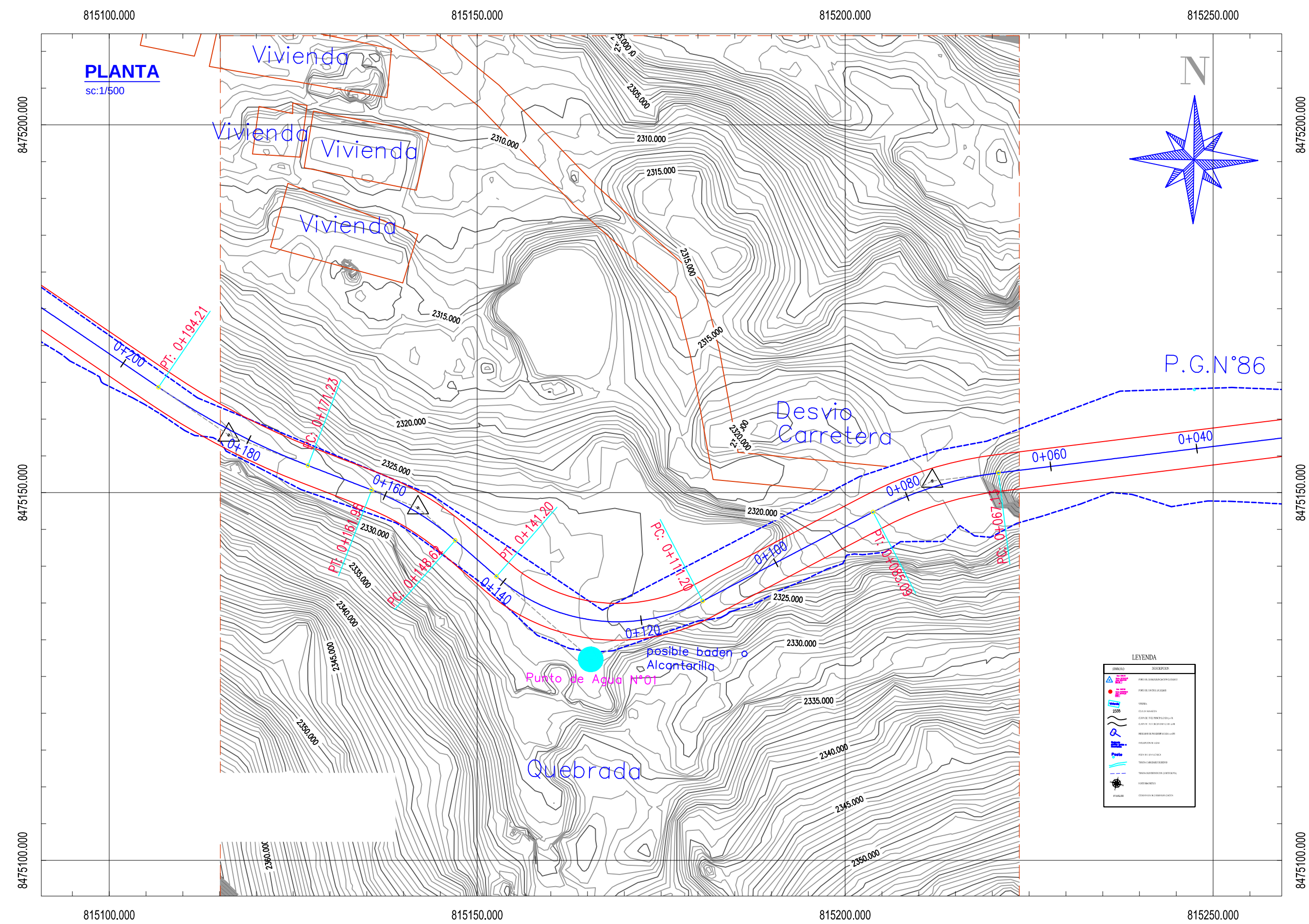
FECHA : MAYO DEL 2022

ELABORADO POR:

BACH. JOSÉ ANTONIO ALCCA VÁSQUEZ

CODIGO:

TQ-6



FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA
DEPARTAMENTO: CUSCO
PROVINCIA: PARURO
DISTRITOS: CCAPI



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN
ANTONIO ABAD DEL CUSCO

TESIS:

"ESTUDIO GEOLOGICO - GEOTECNICO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA
TRANSITABILIDAD VEHICULAR DE LA CARRETERA DEPARTAMENTAL CU-118 EN EL
TRAMO: "PUENTE HUACAYCHACA-CCAPI-PAMPAHUATA-DISTRITO DE
CCAPI-PROVINCIA DE PARURO-DEPARTAMENTO DEL CUSCO".

PLANO:

TOPOGRAFICO
CANTERAS Y QUEBRADAS

ESCALA : INDICADAS

FECHA : MAYO DEL 2022

ELABORADO POR:
BACH. JOSÉ ANTONIO ALCCA VASQUEZ

CODIGO:

TQ-1