

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

**FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALÚRGICA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA**



**TESIS**

**"ESTUDIO GEOTECNICO Y GEODINAMICO PARA LA SEGURIDAD FÍSICA  
DEL CAMINO VECINAL TRAMO CUSIPATA-CHILLIHUANI-LLACTO-CERRO  
SIETE COLORES DEL DISTRITO DE CUSIPATA, PROVINCIA  
QUISPICANCHI. DEPARTAMENTO DE CUSCO"**

**PRESENTADO POR:**

Bach. Rosa Aslla Champi

Bach. Estefanny Mamani Condori

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

Ingeniero Geólogo

**ASESOR:**

Ing. Jorge Henry Cuenca Sánchez

**CUSCO – PERÚ**

**2023**

## INFORME DE ORIGINALIDAD

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

El que suscribe, **Asesor** del trabajo de investigación/tesis titulada: "Estudio Geotécnico y Geodinámico para la seguridad física del camino vecinal tramo Coipata - Chitihuani - Llacto - Cerro Siata Colares del Distrito de Cusipata, Provincia Chispicanchi, Departamento de Cusco" presentado por: Rosa Aslla Champi con DNI Nro.: 48385705 presentado por: Estefanny Mamani Condoni con DNI Nro.: 74118104 para optar el título profesional/grado académico de Ingeniero Geólogo

Informo que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por 2 veces, mediante el Software Antiplagio, conforme al Art. 6° del **Reglamento para Uso de Sistema Antiplagio de la UNSAAC** y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de 10 %.

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

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

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

Cusco, 19 de Junio de 2023

  
Firma  
Post firma Jorge Henry Cuena Sanchez  
Nro. de DNI 22985720  
ORCID del Asesor 0000-0003-4669-0863

Se adjunta:

1. Reporte generado por el Sistema Antiplagio.
2. Enlace del Reporte Generado por el Sistema Antiplagio: OID:27259:237343237

NOMBRE DEL TRABAJO

**Estudio Geologico Geodinamico para la Seguridad**

AUTOR

**Aslla R.-Mamani E.**

RECuento DE PALABRAS

**44591 Words**

RECuento DE CARACTERES

**209672 Characters**

RECuento DE PÁGINAS

**159 Pages**

TAMAÑO DEL ARCHIVO

**7.8MB**

FECHA DE ENTREGA

**May 31, 2023 12:23 PM GMT-5**

FECHA DEL INFORME

**May 31, 2023 12:25 PM GMT-5****● 10% de similitud general**

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

- 10% Base de datos de Internet

**● Excluir del Reporte de Similitud**

- Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref
- Material bibliográfico
- Bloques de texto excluidos manualmente
- Base de datos de trabajos entregados
- Coincidencia baja (menos de 20 palabras)

## **AGRADECIMIENTOS**

*Agradecemos a Dios por darnos la persistencia y sabiduría necesaria para llevar a cabo este trabajo de investigación con éxito*

*A mis padres Sr. José Aslla Sullca y Sra. Margoth Champi Huanca, por ser mí soporte, gracias por ser mi guía en este largo trayecto de mi vida personal y formación profesional.*

*Rosa Aslla Champi*

**A mis padres** Sr. Herbert Mamani Ccana y Sra. Esther F. Condori Quispe, por tanto amor al apoyarme a cumplir mi meta como profesional, **a mis familiares** Sr. Luis Beltran Condori Florez y Sra. Candelaria Quispe Coyla por guiarme desde ayer, hoy y siempre para ser mejor persona cada día **y a mis amigos** por brindarme su apoyo incondicional durante toda mi etapa universitaria.

**Estefanny Mamani Condori**

## DEDICATORIA

*Esta dedicatoria es en memoria de mis abuelos: Moisés Aslla, Victoria Sullca y Leandro Champi, quienes me guiaron, me ayudaron a levantarme, son ustedes mi más grande inspiración.*

*Gracias a Dios por darme una familia increíble, que me enseñaron los valores de la vida, ustedes son el pilar en el que siempre me he apoyado...Simplemente gracias por ser mi familia*

*Por último agradecer a mis compañeros, por estar ahí apoyándome, gracias por ser parte de mi mundo*

**Rosa Aslla Champi**

*Dedico este trabajo a Dios, y a mi ángel guardián: a ti papito Lucho, quién intercede por mí y por nuestra familia desde el cielo.*

*A mi familia, te dedico a ti papito Herbert por tu comprensión que me ha llevado hasta aquí, a mi mamita Esther por el ejemplo de fuerza que me demuestra cada día, a mis familiares quiénes depositan su confianza en mí para guiar a los más pequeños, a mis amigos quiénes me demostraron solidaridad y sabiduría.*

**Estefanny Mamani Condori**

*Dedicamos nuestro trabajo de investigación a los población del Distrito de Cusipata, quiénes de forma incondicional nos brindaron apoyo e información, lo que contribuyó al mejor desarrollo de nuestro trabajo de tesis.*

## RESUMEN

El Camino Vecinal “Cusipata – Chillihuani – Llacto - Cerro Siete Colores”, es una infraestructura vial con una longitud de más 24 kilómetros que conecta a la población con el atractivo turístico “Cerro Siete Colores” lo que determina su gran importancia; se localiza a 80 kilómetros de la Ciudad de Cusco, pertenece al Distrito de Cusipata, Provincia de Quispicanchi.

En el aspecto geológico, El camino vecinal tramo Cusipata – Chillihuani – Llacto - Cerro Siete Colores a lo largo de su trayectoria está constituido por depósitos cuaternarios del tipo aluvial (39.75%), coluvial (26.56%), fluvial (2.3%), glaciar (9.63%), biogénico (7.99%) y de travertino (0.60%); afloramientos rocosos como las pizarras de la formación Ananea (2.56%), filitas del grupo Cabanillas (3.42%), areniscas grises verdosas del grupo Mitu (0.33%), areniscas finas del grupo Tarma-Copacabana (4.52%), areniscas cuarzosas de la formación Vilquechico (0.21%).

En el aspecto Geomorfológico abarca la Cordillera Oriental del Altiplano y el Valle del Vilcanota, presenta una topografía con pendientes moderadamente inclinado a empinado; localmente atraviesa unidades geomorfológicas con superficies montañosas como vertientes de montaña alta (28.51%) y baja (21.31%), terrazas aluviales (17.17%) y altiplanicies onduladas (11.14%).

En el aspecto estructural, se realizó el análisis de la condición del macizo rocoso en 06 ventanas estructurales, dio como resultado un RQD EXCELENTE (macizo moderadamente fracturado) que mediante el método de clasificación geomecánica de RMR de Bieniawski son calificadas con un RMR BUENO (61-80) de clase II.

En el aspecto hidrológico, la acción de la precipitación principalmente aumenta entre los meses de diciembre a enero con la precipitación media anual de 859.73mm/año para la Mc. Chillihuani, que resulta la agresividad de la lluvia como Alto según el IMF con valor de 124.2, la estacionalidad de las lluvias Moderada según el ICP con valor de 14.45% y capacidad de erosión de las lluvias Moderada según el IET con el valor obtenido de Clase 2.

En Geodinámica Externa, se identificaron los sectores con mayor actividad geodinámica (movimientos en masa) e inestabilidad de taludes a lo largo del camino vecinal en el Km 9+550 (FS=0.855) deslizamiento traslacional que yace en depósitos cuaternarios coluviales limosos; en el Km 13+920 (FS=0.994) deslizamiento traslacional, Km 15+150 (FS=0.977) deslizamiento rotacional, Km 17+130 (FS=0.933) deslizamiento traslacional que yacen en depósitos coluviales arcilloso; Km 21+100 (FS= 0.933) deslizamiento rotacional, Km 21+500 (FS=0.775) deslizamiento traslacional, Km 22+050 (FS=0.677) deslizamiento rotacional, Km 22+250 (FS=0.995) deslizamiento traslacional y Km 22+800 (FS=0.714) deslizamiento rotacional que yacen en depósitos glaciares limosos; todos ellos con factor de seguridad menor a 1 analizados

en el programa Slide 6.0 que determinados mediante el método de Janbú indica que son inestables.

En el aspecto geotécnico, se realizaron ensayos de laboratorio con 25 muestras de subrasante en calicatas dieron como resultado que la subrasante de calidad muy buena a los suelos GC (C-3, C-13, C-14, C-15, C-16, C-17, C-18 y C-20), GM (C-4), GP-GC (C-10) y GC-GM (C-11) que tienen CBR mayor a 20%; subrasante de calidad buena a los suelos GM (C-1, C-2, C-6, C-8, C-12 y C-25), GC-GM (C-7) y ML (C-22 y C-23) que tienen CBR entre 11 a 19% y subrasante de calidad regular a buena a suelos GM (C-5, C-9, C-19, C-21 y C-24) que tienen CBR entre 6 a 10%, con estos resultados indicamos que desde el Km 02+000 al Km 04+000 y desde el Km 09+450 al Km 21+150 está compuesto por depósitos coluviales y aluviales los cuales tienen un comportamiento muy bueno para conformación de subrasante. De los ensayos de laboratorio a 3 muestras del material de canteras indicamos que la cantera N°03 (GP-GC) es el material con mejores características físicas y mecánicas para la dosificación y conformación de subrasante en tramos con subrasantes buenas y regulares (GM, ML y GC-GM).

En el aspecto Ambiental, se evaluó los impactos que dieron como resultado a los valores de magnitud e importancia de los impactos negativos y positivos, valores menores que 6, que mediante la clasificación de la Matriz de Leopold indica Impacto Bajo. Según la valoración en la Matriz de Leopold resulta que el Mantenimiento de tránsito temporal y Seguridad Vial; y Extracción, preparación y transporte del material granular son las actividades con mayor impacto potencial negativo, afectando significativamente de manera negativa a los factores de aire (niveles sonoros) y suelo (generación de residuos). Y la Programación de Contingencia y Pavimento son las actividades con mayor impacto potencial positivo, influyendo significativamente a los factores de servicios (vía de comunicación y medios de transporte) y económico (actividad comercial).

**Palabras clave:** Seguridad física, camino vecinal, factor seguridad, estabilidad talud, geodinámica.

## ABSTRACT

The Neighborhood Road "Cusipata - Chillihuani - Llacto - Cerro Siete Colores", is a road infrastructure with a length of more than 24 kilometers that connects the population with the tourist attraction "Cerro Siete Colores" which determines its great importance; It is located 80 kilometers from the City of Cusco, belongs to the District of Cusipata, Province of Quispicanchi. The Neighborhood Road "Cusipata – Chillihuani – Llacto – Cerro Siete Colores", is a road infrastructure that connects the population with the tourist attraction "Cerro Siete Colores" which determines its great importance; It has a length of 24 kilometers, is located 80 kilometers from the City of Cusco, belongs to the District of Cusipata, Province of Quispicanchi.

In the geological aspect, the neighborhood road section Cusipata - Chillihuani - Llacto - Cerro Siete Colores along its trajectory is made up of Quaternary deposits of the alluvial (39.75%), colluvial (26.56%), fluvial (2.3%), glacial type (9.63%), biogenic (7.99%) and travertine (0.60%); rocky outcrops such as the slates of the Ananea formation (2.56%), phyllites of the Cabanillas group (3.42%), gray-green sandstones of the Mitu group (0.33%), fine sandstones of the Tarma - Copacabana group (4.52%), quartz sandstones of the Vilquechico formation (0.21%).

In the Geomorphological aspect it covers the Eastern Cordillera of the Altiplano and the Vilcanota Valley, it presents a topography with moderately inclined to steep slopes; locally it crosses geomorphological units with mountainous surfaces such as high (28.51%) and low (21.31%) mountain slopes, alluvial terraces (17.17%) and undulating highlands (11.14%).

In the structural aspect, the analysis of the condition of the rock mass was carried out in 06 structural windows, resulting in an EXCELLENT RQD (moderately fractured massif) that through the Bieniawski RMR geomechanical classification method are qualified with a GOOD RMR (61-80) of class II.

In the hydrological aspect, the action of precipitation mainly increases between the months of December to January with the average annual rainfall of 859.73mm / year for Mc. Chillihuani, which results in the aggressiveness of the rain as High according to the IMF with value of 124.2, the seasonality of the rains Moderate according to the ICP with a value of 14.45% and erosion capacity of the rains Moderate according to the IET with the value obtained from Class 2.

In External Geodynamics, the sectors with the greatest geodynamic activity (mass movements) and slope instability along the neighborhood road were identified at Km 9+550 (FS=0.855) translational landslide that lies in silty quaternary colluvial deposits; at Km 13+920 (FS=0.994) translational landslide, Km 15+150 (FS=0.977) rotational slippage, Km 17+130 (FS=0.933) translational landslide lying in clay colluvial deposits; Km 21+100 (FS= 0.933) rotational slippage, Km 21+500 (FS=0.775) translational slippage, Km 22+050 (FS=0.677) rotational slippage, Km 22+250 (FS=0.995) translational landslide and Km 22+800 (FS=0.714) rotational landslide lying in silty glacial deposits; all of them with a safety factor less than 1 analyzed in the Slide 6.0 program that determined by the Janbu method indicates that they are unstable.

In the geotechnical aspect, laboratory tests were carried out with 25 samples of subgrade in calicatas resulted in the subgrade of very good quality to the soils GC (C-3, C-13, C-14, C-15, C-16, C-17, C-18 and C-20), GM (C-4), GP-GC (C-10) and GC-GM (C-11) that have CBR greater than 20%; subgrade of good quality to GM soils (C-1, C-2, C-6, C-8, C-12 and C-25), GC-GM (C-7) and ML (C-22 and C-23) that have CBR between 11 to 19% and subgrade of regular to good quality to GM soils (C-5, C-9, C-19, C-21 and C-24) that have CBR between 6 to 10%, with these results we indicate that from Km 02 + 000 to Km 04 + 000 and from Km 09 + 450 to Km 21 + 150 is composed of colluvial and alluvial deposits which have a very good behavior for subgrade conformation.

In the Environmental aspect, the impacts that resulted in the values of magnitude and importance of the negative and positive impacts, values less than 6, which through the classification of the Leopold Matrix indicates Low Impact, were evaluated. According to the assessment in the Leopold Matrix it turns out that the Maintenance of temporary traffic and Road Safety; and Extraction, preparation and transport of granular material are the activities with the greatest potential negative impact, significantly affecting negatively the factors of air (sound levels) and soil (waste generation). And Contingency and Pavement Programming are the activities with the greatest potential positive impact, significantly influencing the factors of services (communication route and means of transport) and economic (commercial activity).

**Keywords:** Physical security, local road, safety factor, slope stability, geodynamics.

# INDICE

AGRADECIMIENTOS .....	2
DEDICATORIA .....	3
RESUMEN .....	4
ABSTRACT .....	6
INTRODUCCIÓN .....	16
<b>1. CAPITULO I PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO.....</b>	<b>1</b>
1.1. PLANEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.1.1. Descripción del problema.....	1
1.1.2. Formulación del problema.....	1
1.2. OBJETIVOS .....	2
1.2.1. Objetivo general.....	2
1.2.2. Objetivos específicos.....	2
1.3. JUSTIFICACIÓN .....	2
1.4. HIPÓTESIS.....	2
1.4.1. Hipótesis general .....	2
1.4.2. Hipótesis específicas .....	3
1.5. VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN .....	3
1.5.1. Variable dependiente .....	3
1.5.2. Variable independiente .....	3
1.6. METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN .....	3
1.6.1. Tipo de investigación .....	3
1.6.2. Nivel de investigación .....	3
1.6.3. Fases de investigación .....	4
1.6.4. Unidad de análisis.....	4
1.6.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos e información .....	5
<b>2. CAPITULO II ASPECTOS GENERALES.....</b>	<b>6</b>
2.1. UBICACIÓN.....	6
2.1.1. UBICACIÓN POLITICA .....	6
2.1.2. UBICACIÓN GEOGRÁFICA .....	6
2.1.3. UBICACIÓN HIDROGRÁFICA .....	7
2.1.4. LIMITES.....	7
2.2. ACCESIBILIDAD.....	7
2.3. MARCO REFERENCIAL.....	8
2.3.1. ANTECEDENTES .....	8
2.3.2. BASES TEORICAS.....	9
2.3.3. DEFINICIONES PRINCIPALES .....	11
2.4. CLIMA Y VEGETACIÓN .....	12
<b>3. CAPITULO III GEOMORFOLOGÍA .....</b>	<b>15</b>
3.1. GENERALIDADES .....	15
3.2. GEOMORFOLOGÍA REGIONAL .....	15
3.2.1. Cordillera Oriental del Altiplano .....	16
3.2.2. Valle del Vilcanota .....	16
3.3. CARACTERIZACIÓN TOPOGRÁFICA .....	17
3.3.1. ANALISIS DE PENDIENTES .....	17
3.4. GEOMORFOLOGÍA LOCAL .....	19
3.5. PARÁMETROS GEOMORFOLÓGICOS.....	21
3.5.1. Generalidades.....	21
3.5.2. Subdivisión Hidrográfica .....	21

3.5.3.	Elemento de Delimitación .....	22
3.5.4.	Elemento de distancia .....	22
3.5.5.	Elemento de Forma .....	23
3.5.6.	Elemento de Relieve .....	24
3.5.7.	Declividad de Alveos.....	27
3.5.8.	Declividad de Terrenos .....	28
3.5.9.	Resumen de Parámetros Geomorfológicos .....	30
3.6.	PARÁMETROS HIDROMETEOROLÓGICOS .....	30
3.6.1.	Forma de Drenaje .....	30
3.6.2.	Grado de Ramificación .....	30
3.6.3.	Numero de orden del Cauce Principal.....	31
3.6.4.	Densidad de drenaje .....	31
3.6.5.	Orientación de la Microcuenca .....	31
<b>4.</b>	<b>CAPITULO IV GEOLOGIA.....</b>	<b>33</b>
4.1.	GENERALIDADES .....	33
4.2.	GEOLOGIA REGIONAL.....	33
4.2.1.	PALEOZOICO-SILÚRICO .....	34
4.2.2.	PALEOZOICO-DEVÓNICO.....	34
4.2.3.	PALEOZOICO-PÉRMICO INFERIOR.....	34
4.2.4.	PÉRMICO SUPERIOR-TRIÁSICO INFERIOR.....	35
4.2.5.	DEPÓSITOS CUATERNARIOS A NIVEL REGIONAL.....	35
4.3.	GEOLOGIA LOCAL.....	37
4.3.1.	Formación Ananea (SD-a).....	37
4.3.2.	Grupo Cabanillas (D-c).....	38
4.3.3.	Grupo Tarma-Copacabana (CpPEc-t,c).....	38
4.3.4.	Grupo Mitu (PET-m, PET-m/v).....	39
4.3.5.	Formación Vilquechico (Ks-vi).....	39
4.3.6.	DEPÓSITOS CUATERNARIOS.....	40
	<b>CAPITULO V GEOLOGIA ESTRUCTURAL.....</b>	<b>44</b>
5.1.	GENERALIDADES .....	44
5.2.	GEOLOGIA ESTRUCTURAL REGIONAL.....	44
5.2.1.	DOMINIOS ESTRUCTURALES.....	45
5.2.2.	ESTRUCTURAS REGIONALES .....	45
5.3.	GEOLOGÍA ESTRUCTURAL LOCAL.....	47
5.3.1.	VENTANAS ESTRUCTURALES .....	47
5.3.2.	ANÁLISIS DE LAS VENTANAS ESTRUCTURALES .....	51
	<b>CAPITULO VI HIDROLOGÍA.....</b>	<b>63</b>
6.1.	GENERALIDADES .....	63
6.2.	INFORMACIÓN HIDROMETEOROLÓGICA .....	63
6.3.	PRECIPITACIÓN .....	63
6.3.1.	ANÁLISIS Y TRATAMIENTO DE LA INFORMACIÓN.....	64
6.3.2.	ANÁLISIS DE LA PRECIPITACIÓN .....	64
6.3.3.	REGIONALIZACIÓN DE DATOS PLUVIOMÉTRICOS .....	79
<b>7.</b>	<b>CAPITULO VII GEODINÁMICA.....</b>	<b>88</b>
7.1.	GENERALIDADES .....	88
7.2.	Geodinámica interna (Sismicidad) .....	88
7.2.1.	Características Sismotectónicas del Perú.....	88
7.2.2.	Fuentes Sismogénicas .....	89
7.2.3.	Antecedentes Sísmicos en la Región Cusco .....	90
7.3.	FENÓMENOS POR GEODINÁMICA EXTERNA .....	91
7.3.1.	MOVIMIENTOS EN MASA.....	91

7.4.	ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES .....	105
7.4.1.	METODOLOGÍA.....	105
<b>8.</b>	<b>CAPITULO VIII GEOTECNIA.....</b>	<b>108</b>
8.1.	GENERALIDADES .....	108
8.2.	MECANICA DE SUELOS .....	108
8.2.1.	EXPLORACIÓN EN CAMPO .....	108
8.2.2.	ENSAYOS DE LABORATORIO .....	110
8.2.3.	PROPIEDADES DE LOS SUELOS DEL CAMINO VECINAL .....	115
8.2.4.	RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE LABORATORIO .....	118
8.3.	DRENAJE.....	119
8.3.1.	Tipos de drenaje.....	119
8.3.2.	Obras de drenaje superficiales existentes. ....	119
8.4.	CANTERAS .....	123
8.4.1.	INVESTIGACIÓN EN CAMPO .....	123
8.4.1.1.	Exploración.....	123
8.4.1.2.	Ubicación de canteras .....	123
8.4.1.3.	Excavación de calicatas en las canteras .....	123
8.4.2.	TRABAJOS DE LABORATORIO .....	124
8.4.3.	DESCRIPCIÓN DE CANTERAS.....	125
	<b>CAPITULO IX DE IMPACTO AMBIENTAL.....</b>	<b>128</b>
9.1.	GENERALIDADES .....	128
9.2.	IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES .....	128
9.2.1.	ACTIVIDADES PRELIMINARES .....	129
9.2.2.	ETAPA DE CONSTRUCCIÓN .....	129
9.2.3.	FASE DE OPERACIÓN .....	131
9.3.	FACTORES DEL AMBIENTE .....	132
9.3.1.	FÍSICO .....	132
9.3.2.	BIOLÓGICO .....	133
9.3.3.	SOCIO ECONÓMICO .....	133
9.3.4.	INFRAESTRUCTURA EN EL AMBIENTE .....	134
9.4.	IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES .....	134
9.4.1.	DESCRIPCIÓN DE LOS IMPACTOS NEGATIVOS IDENTIFICADOS .....	138
9.4.2.	DESCRIPCIÓN DE LOS IMPACTOS POSITIVOS PARA EL PROYECTO .....	139
	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>142</b>
	<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>144</b>
	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>145</b>

## INDICE DE FOTOS

Foto 2. 1. Vista panorámica hacia el atractivo Cerro Siete Colores _____	6
Foto 2. 2. Presencia de pastizales en el primer tramo del camino vecinal _____	12
Foto 3. 1. Vista de la vertiente de montaña alta y baja, altiplanicies en el Sector de Chillihuani .....	19
Foto 3. 2. Vista de terrazas y vertientes de montaña alta en el Sector de Paucarpata .....	20
Foto 3. 3. Vista de fondo de valle bofedal y altiplanicie allanada en el sector de Llacto Cancha .....	21
Foto 4. 1. Afloramiento de la Fm. Ananea en el cerro Machajatahui, .....	34
Foto 4. 2. Afloramiento del grupo Mitu, vista al sur-oeste.....	35
Foto 4. 3. Afloramiento de la Formación Ananea .....	37
Foto 4. 4. Vista de pizarras del grupo Cabanillas en corte de talud.....	38
Foto 4. 5. Afloramiento de areniscas alrededor de Chillihuani. Vista de corte de talud.....	38
Foto 4. 6. Afloramiento del grupo Mitu en la quebrada en el cerro Juyuni.Patahuasi.....	39
Foto 4. 7. Vista de la formación Vilquechico, Gpo. Mitu y depósito glaciar en la quebrada Patahuasi. ....	39
Foto 5. 1. Delimitación de la Ventana Estructural 01 .....	51
Foto 5. 2. Delimitación de la Ventana Estructural 02 .....	53
Foto 5. 3. Delimitación de la Ventana Estructural 03 .....	55
Foto 5. 4. Delimitación de la Ventana Estructural 04 .....	57
Foto 5. 5. Delimitación de la Ventana Estructural 05 .....	59
Foto 5. 6. Delimitación de la Ventana Estructural 06 .....	61
Foto 8. 1. Ensayo para el análisis granulométrico _____	111
Foto 8. 2. Ensayo para determinar los límites de consistencia _____	112
Foto 8. 3. Ensayo de CBR _____	114
Foto 8. 4. Ensayo de Compactación Proctor Modificado _____	114
Foto 8. 5. Alcantarilla en buen estado de conservación	
Foto 8. 6. Alcantarilla instalada debajo de la subrasante	
Foto 8. 7. Vista de pontón ubicado en la progresiva 00+840 _____	121
Foto 8. 8. Vista de cuneta colmatada _____	122
Foto 8. 9. Vista de cuneta en buen estado de conservación _____	122
Foto 8. 10. Vista de puente Collpa. _____	122
Foto 8. 11. Cantera N° 01 en la progresiva 05+700 _____	125
Foto 8. 12. Cantera N° 02 en la progresiva 07+420 _____	126
Foto 8. 13. Cantera N° 03 ubicado en la progresiva 16+430 _____	127

## INDICE DE TABLAS

Tabla 2 - 1. Ubicación Política del Camino vecinal .....	6
Tabla 2 - 2. Ubicación geográfica del camino vecinal .....	6
Tabla 2 - 3. Ubicación hidrográfica del camino vecinal. ....	7
Tabla 2 - 4. Límites Distritales del camino vecinal .....	7
Tabla 2 - 5. Rutas de acceso hacia el camino vecinal .....	7
Tabla 3. 1. Rango de Pendientes según Reglamento de Clasificación de tierras .....	17
Tabla 3. 2. Rango de pendientes en el camino vecinal .....	17
Tabla 3. 3. Resumen de las Unidades geomorfológicas locales a lo largo del camino vecinal .....	21
Tabla 3. 4. Metodología de priorización de Cuencas.....	22
Tabla 3. 5. Formas de las cuencas de acuerdo al índice de compacidad.....	23
Tabla 3. 6. Valores del factor forma según Hortón R.E. 1932 .....	23
Tabla 3. 7. Valores del factor forma según Pérez 1979 .....	24
Tabla 3. 8. Cuadro para determinar altitud media de la microcuenca.....	24
Tabla 3. 9. Cuadro para determinar la Curva hipsométrica .....	25
Tabla 3. 10. Cuadro para el cálculo de la pendiente media del cauce principal.....	28
Tabla 3. 11. Valores de la pendiente media del cauce principal según Ibal. ....	28
Tabla 3. 12. Orden de Magnitud de Relieve por Pendiente.....	29
Tabla 3. 13. Cuadro para el cálculo de la pendiente media de la Microcuenca Chillihuani .....	29
Tabla 3. 14. Resumen de parámetros Geomorfológicos .....	30
Tabla 3. 15. Orden de drenajes.....	31
Tabla 4. 1. Unidades litoestratigráficas locales, a lo largo del camino vecinal.....	37
Tabla 5. 1. Grado de resistencia en campo.....	47
Tabla 5. 2. Valoración del espaciado .....	48
Tabla 5. 3. Valoración de la abertura según Bieniawski 1989. ....	49
Tabla 5. 4. Valoración de la persistencia según Bieniawski 1989. ....	49
Tabla 5. 5. Valoración de la rugosidad según Bieniawski 1989. ....	49
Tabla 5. 6. Estimación del grado de intemperismo y alteración, según Bieniawski 1989. ....	50
Tabla 5. 7. Valoración de la presencia de agua en las juntas, clasificación según Bieniawski 1989. ....	51
Tabla 5. 8. Valoración de la Ventana Estructural 01 .....	52
Tabla 5. 9. Valoración de la Ventana Estructural 02 .....	54

Tabla 5. 10. Valoración de la Ventana Estructural 03 .....	56
Tabla 5. 11. Valoración de la Ventana Estructural 04 .....	58
Tabla 5. 12. Delimitación de la Ventana Estructural 05 .....	60
Tabla 5. 13. Valoración de la Ventana Estructural 06 .....	62
Tabla 6. 1. Ubicación de estaciones meteorológicas empleadas en el área de estudio. ....	63
Tabla 6. 3. Resultado del grado de libertad .....	68
Tabla 6. 4. Prueba de t de student.....	68
Tabla 6. 5. Prueba de “F” de Fisher .....	68
Tabla 6. 6. ESTACION INCOMPLETA POMACANCHI.....	69
Tabla 6. 7. ESTACION INCOMPLETA CAYCAY .....	70
Tabla 6. 8. ESTACION INCOMPLETA URCOS.....	71
Tabla 6. 9. ESTACION INCOMPLETA COMBAPATA.....	72
Tabla 6. 10. Modelo del Método estadístico recta de regresión lineal para el completado de datos.....	73
Tabla 6. 11. ESTACIÓN COMPLETA POMACANCHI .....	75
Tabla 6. 12. ESTACIÓN COMPLETA CAYCAY .....	76
Tabla 6. 13. ESTACIÓN COMPLETA URCOS.....	77
Tabla 6. 14. ESTACIÓN COMPLETA COMBAPATA .....	78
Tabla 6. 15. Datos de precipitación Mensual Estación Base .....	79
Tabla 6. 16. Datos de precipitación Mensual Estación Pomacanchi.....	79
Tabla 6. 17. Datos de precipitación Mensual Estación Caycay.....	79
Tabla 6. 18. Datos de precipitación Mensual Estación Urcos.....	80
Tabla 6. 19. Datos de precipitación Mensual Estación Combapata .....	80
Tabla 6. 20. Matriz de Regionalización anual de la precipitación por regresión lineal. ....	81
Tabla 6. 21. ECUACIONES DE INFLUENCIA ENTRE ESTACIÓN BASE Y ESTACIÓN EN ESTUDIO .....	83
Tabla 6. 22. FACTORES DE CORRECCION POR INFLUENCIA ALTITUDINAL, POR DISTANCIA Y UBICACIÓN GEOGRAFICA .....	83
Tabla 6. 23. Ecuaciones de influencia .....	83
Tabla 6. 24. Datos geográficos del centroide de la microcuenca Unhuaycco. ....	84
Tabla 6. 25. Precipitación media mensual regionalizada para la Mc. Chillihuani .....	85
Tabla 6. 26. Clasificación del índice modificado de Fournier.....	86
Tabla 6. 27. Clasificación del Índice de Concentración de Precipitaciones .....	87
Tabla 6. 28. Clasificación del Índice de Erosividad Total.....	87

Tabla 7. 1. Clasificación de movimientos en masa según Varnes (1958), (1978) y Hutchinson(1968), (1988) .....	92
Tabla 7. 2. Inventario de movimientos en masa .....	95
Tabla 7. 3. Descripción del Deslizamiento Rotacional Mx01 .....	96
Tabla 7. 4. Descripción del corte de talud Mx02 .....	96
Tabla 7. 5. Descripción del corte de talud Mx03 .....	97
Tabla 7. 6. Descripción del corte de talud Mx04 .....	97
Tabla 7. 7. Descripción del corte de talud Mx05 .....	98
Tabla 7. 8. Descripción del corte de talud Mx06 .....	98
Tabla 7. 9. Descripción del Deslizamiento Mx07 .....	99
Tabla 7. 10. Descripción del corte de talud Mx08 .....	99
Tabla 7. 11. Descripción del corte de talud Mx09 .....	100
Tabla 7. 12. Descripción del corte de talud Mx10 .....	100
Tabla 7. 13. Descripción del corte de talud Mx11 .....	101
Tabla 7. 14. Descripción del Deslizamiento Traslacional Mx12 .....	101
Tabla 7. 15. Descripción del Deslizamiento Rotacional Mx13 .....	102
Tabla 7. 16. Descripción del Deslizamiento Rotacional Mx14 .....	102
Tabla 7. 17. Descripción del Deslizamiento Rotacional Mx15 .....	103
Tabla 7. 18. Descripción del corte de talud Mx16 .....	103
Tabla 7. 19. Descripción del corte de talud Mx17 .....	104
Tabla 7. 20. Resultado del análisis de taludes. ....	107
Tabla 8. 1. Ubicación de calicatas. ....	109
Tabla 8. 2. Ensayos estándar de laboratorio .....	110
Tabla 8. 3. Clasificación de suelos por el método AASHTO .....	113
Tabla 8. 4. Designación de suelos por símbolos de grupos .....	114
Tabla 8. 5. Resumen de los resultados de Laboratorio. ....	118
Tabla 8. 6. Inventario de alcantarillas a lo largo del camino vecinal .....	120
Tabla 8. 7. Inventario de pontones a lo largo del camino vecinal .....	121
Tabla 8. 8. Inventario de puentes a lo largo del camino vecinal .....	123
Tabla 8. 9. Ensayos de laboratorio para Canteras .....	124
Tabla 8. 10. Propiedades de la Cantera 01 .....	125
Tabla 8. 11. Propiedades de la Cantera 02 .....	126
Tabla 8. 12. Propiedades de la Cantera 03 .....	127

## INDICE DE FIGURAS

Figura 2. 1. Distancia vial, ruta Cusco-Cusipata.....	8
Figura 3. 1. Dominios geotectónicos del Perú.....	15
Figura 3. 2. Vista satelital del Valle del Vilcanota .....	16
Figura 3. 3. Tipo de río según curva hipsométrica .....	26
Figura 4. 1 Cuadro de la estratigrafía del cuadrángulo de Ocongata hojas 28t1, 28t2, 28t3 y 28t4.....	33
Figura 5. 1. Dominios geológicos regionales de la cuenca Urubamba .....	44
Figura 5. 2. Mapa estructural del cuadrángulo de Ocongata .....	45

## INDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 3 - 1. Distribución de pendientes respecto al total de la superficie .....	18
Gráfico 3 - 2. Curva hipsométrica .....	25
Gráfico 3 - 3. Curva hipsométrica - Polígono de frecuencias .....	27
Gráfico 6 - 1. Hidrograma de precipitación total anual histórica-Estación Kayra.....	65
Gráfico 6 - 2. Análisis de doble masa de estación base vs demás estaciones .....	66
Gráfico 6 - 3. Análisis de doble masa entre el promedio acumulado de las cinco estaciones vs cada una de ellas.....	67
Gráfico 6 - 4. Regresión lineal.....	74
Gráfico 6 - 5. Tendencia regionalizada de precipitación.....	82
Gráfico 6 - 6. Distribución de la precipitación en la Mc. Chillihuani .....	86

## INTRODUCCIÓN

El estudio geotécnico y geodinámico del camino vecinal tramo Cusipata – Chillihuani – Llacto - Cerro Siete Colores, es muy importantes como base para una adecuada construcción de la infraestructura vial que conecta a la población en general con el segundo atractivo turístico más visitado del país. En la actualidad debido al incremento del turismo y desarrollo de los centros poblados a lo largo de la vía, resalta el problema entre las actividades humanas y los 24 Km del camino vecinal, como actividades de apertura de vías sin conocimiento de las características del medio geotécnico y actividades de cortes de talud sin conocimiento de la posible reacción del medio geodinámico, que necesitan intervención ingenieril adecuada para la correcta conformación y compactación de las subcapas de la vía además de obras de arte y estabilización de zonas con mayor actividad geodinámica.

Este estudio debe contener como punto de inicio la información de conformación estratigráfica que describe la litología de afloramientos y depósitos que se encuentran atravesando el área de estudio, los cambios del relieve que describen la morfología, pendiente y origen geológico; y estructuras geológicas brinda información de los procesos mecánicos, movimientos, deformaciones y condición del macizo rocoso.

Al tener identificado los sectores con mayor actividad geodinámica condicionados por la precipitación, pendiente y estratigrafía (parámetros geotécnicos) pueden ser estabilizados y monitoreados para su mantenimiento. Como factor condicionante para la geodinámica, es importante el análisis de la precipitación de la Mc. De Chillihuani, ya que activan los movimientos en masa que se describen y evalúan mediante el programa Slide 6.0. Los parámetros geotécnicos calculados en laboratorio de suelos a partir de los ensayos realizados en muestras de subrasante aportan información de condición de la subrasante para su extracción, conformación, dosificación y compactación.

En el presente trabajo de investigación se realizará el estudio geotécnico y geodinámico para la seguridad física del camino vecinal, que presenta actividad geodinámica, conformación de la subrasante sin información geotécnica, además del incremento de turismo en la zona.

## **CAPITULO I PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO**

### **1.1. PLANEAMIENTO DEL PROBLEMA**

#### **1.1.1. Descripción del problema**

El camino vecinal Cusipata – Chillihuani – Llacto – Cerro Siete Colores tiene una longitud de 24 kilómetros, corresponde a una infraestructura vial de la Provincia de Quispicanchi, siendo un acceso principal y más transitado hacia el atractivo turístico “Cerro Siete Colores”, lo que determina su gran importancia.

Actualmente esta vía está siendo afectada por procesos geodinámicos (deslizamiento, caída de rocas y actividades antrópicas), que en épocas de lluvia (diciembre a marzo) se activan, incrementando así el deterioro de la vía que se evidencia en toda su longitud, lo que hace que la transitabilidad sea más lenta y peligrosa.

La vía cuenta con insuficientes obras de arte y drenaje y un deficiente plan de mantenimiento vial.

Es fundamental realizar un estudio Geotécnico y Geodinámico para la Seguridad Física del Camino Vecinal tramo Cusipata – Chillihuani – Llacto – Cerro Siete Colores.

#### **1.1.2. Formulación del problema**

##### **1.1.2.1. Problema general**

¿De qué manera influye el Estudio Geotécnico y Geodinámico en la seguridad física del camino vecinal tramo Cusipata – Chillihuani – Llacto - Cerro Siete Colores?

##### **1.1.2.2. Problemas específicos**

- ¿Qué unidades geomorfológicas y geológicas atraviesan el camino vecinal?
- ¿Cuál es la calidad del macizo rocoso que aflora a lo largo del camino vecinal?
- ¿Cuál es la condición de los sectores con mayor actividad geodinámica que inciden en la seguridad física del camino vecinal?
- ¿Cuáles son los parámetros geotécnicos obtenidos del estudio de subrasante y canteras a lo largo del camino vecinal?
- ¿Cuáles son los impactos potenciales generados por las principales acciones en el proyecto del camino vecinal?

## **1.2. OBJETIVOS**

### ***1.2.1. Objetivo general***

Realizar un estudio Geotécnico y Geodinámico para garantizar la Seguridad Física del Camino Vecinal tramo Cusipata – Chillihuani – Llacto - Cerro Siete Colores.

### ***1.2.2. Objetivos específicos***

- Identificar las unidades geomorfológicas y geológicas que atraviesan el camino vecinal.
- Determinar la calidad del macizo rocoso que influyen en la seguridad física del camino vecinal.
- Identificar y evaluar los sectores con mayor actividad geodinámica que incidan en la seguridad física del camino vecinal.
- Determinar los parámetros geotécnicos del estudio de subrasante y canteras a lo largo del camino vecinal.
- Identificar los impactos potenciales generados por las principales acciones en el proyecto del camino vecinal.

## **1.3. JUSTIFICACIÓN**

La importancia de la presente tesis se fundamenta en que el Camino Vecinal Cusipata – Chillihuani – Llacto - Cerro Siete Colores, es una de las principales vías de la zona que conecta a la población en general con el atractivo turístico llamado “Cerro Siete Colores”.

Por lo anterior, es de vital importancia realizar el proyecto de tesis, ya que con ello se pretende garantizar una adecuada transitabilidad del camino vecinal, promover el desarrollo de la Región y atraer turismo incrementando así el ingreso per cápita de la Comunidades próximas.

## **1.4. HIPÓTESIS**

### ***1.4.1. Hipótesis general***

Mediante el estudio Geotécnico y Geodinámico se podrá conocer las características geotécnicas y geodinámicas, por consiguiente, se posibilitará la seguridad física del Camino Vecinal tramo “Cusipata – Chillihuani – Llacto – Cerro Siete Colores” y reducir el impacto ambiental.

#### **1.4.2. Hipótesis específicas**

- La identificación de las unidades geomorfológicas y estratigráficas que atraviesan el camino vecinal, proporcionará información sobre la configuración estratigráfica y cambios del relieve terrestre.
- La determinación de la calidad del macizo rocoso que aflora a lo largo del camino vecinal, establecerá la condición del afloramiento rocoso.
- La identificación y evaluación de los sectores con mayor actividad geodinámica, aportará información importante para infraestructura de estabilización de taludes.
- La determinación de los parámetros geotécnicos del estudio de subrasante y canteras, brindará información sobre la calidad de la subrasante y utilidad del material de cantera.
- La identificación de los impactos potenciales, proporcionará el valor del impacto ambiental en el proyecto del camino vecinal.

### **1.5. VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **1.5.1. Variable dependiente**

- Seguridad física del camino vecinal tramo Cusipata – Chillihuani – Llacto – Cerro Siete Colores.

#### **1.5.2. Variable independiente**

- Geotecnia y Geodinámica

### **1.6. METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **1.6.1. Tipo de investigación**

De acuerdo al propósito de la investigación, nivel de conocimiento que se desea alcanzar y los objetivos del presente trabajo de tesis, el tipo de investigación es *Exploratorio — Descriptivo — Correlacional* (según Sampieri, 2003).

El diseño de investigación es No Experimental (transversal — correlacional).

#### **1.6.2. Nivel de investigación**

El nivel de investigación es *descriptivo-correlacional* (según Caballero, 2009).

### 1.6.3. Fases de investigación

#### 1.6.3.1. Gabinete preliminar

Corresponde a la recopilación de información bibliográfica y antecedentes de la zona de estudio.

- Se elaboró diferentes mapas temáticos tales como el topográfico y ubicación.

#### 1.6.3.2. Campo

Durante esta segunda etapa se hizo un recorrido de la zona y se recopiló datos en campo con las siguientes finalidades:

- En el *aspecto geológico*, se identificó las diferentes unidades geológicas (por tramos) mediante el cartografiado.
- *Aspecto geomorfológico*, se identificó las diferentes unidades geomorfológicas que atraviesan el camino vecinal.
- *Aspecto estructural* se tomó mediciones de las fallas y diaclasas. Como también se realizó la caracterización del macizo rocoso.
- *Aspecto geodinámico*, se identificó y describió los sectores que presentan mayores problemas geodinámicos.
- *Aspecto geotécnico*, se identificó y muestreo el material de cantera, así como el tipo de suelo por debajo de la superficie de vía.
- En *impacto ambiental*, se identificó los elementos expuestos a impactos negativos y positivos.

#### 1.6.3.3. Gabinete final y Laboratorio

- Ensayos de laboratorio con las muestras extraídas en campo y posterior procesamiento de datos.
- Generación de mapas de ubicación, geológicos, geomorfológicos, estructural, geodinámico, hidrológico y geotécnico.
- Elaboración de cuadros estadísticos.
- Redacción del proyecto de tesis.

### 1.6.4. Unidad de análisis

La unidad de análisis es el Camino Vecinal tramo Cusipata – Chillihuani – Llacto - Cerro Siete Colores.

### **1.6.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos e información**

#### **1.6.5.1. Técnicas**

Las principales técnicas utilizadas son:

- Muestreos
- Cartografiado (geológico y geomorfológico)
- Mediciones estructurales

Se empleó el uso del siguiente software:

- Microsoft Office (Word y Excel)
- Google Earth Pro (Descarga de imágenes satelitales)
- SAS. Planet (Descargar imágenes satelitales de alta resolución)
- Autocad (diseño del trazo de la vía)
- Arcgis (elaboración de mapas temáticos)
- Slide (Determinar el FS del talud)

#### **1.6.5.2. Instrumentos y materiales**

Los instrumentos y materiales utilizados para el proyecto de tesis fueron los siguientes:

Materiales de Campo

- Picota de Geólogo
- Flexómetro
- Cíncel
- Tizas de colores
- Juego de Reglas

Equipos de Campo

- Brújula
- GPS
- Cámara fotográfica

#### **1.6.5.3. Laboratorio**

Laboratorio Particular para determinar las características geotécnicas.

## **CAPITULO II ASPECTOS GENERALES**

### **2.1. UBICACIÓN**

#### **2.1.1. UBICACIÓN POLITICA**

Políticamente el área de estudio se encuentra circunscrita dentro de la siguiente jurisdicción:

**Tabla 2 - 1.** Ubicación Política del Camino vecinal

Distrito	Cusipata
Provincia	Quispicanchi
Departamento	Cusco
Región	Cusco

**Foto 2. 1.** Vista panorámica hacia el atractivo Cerro Siete Colores



#### **2.1.2. UBICACIÓN GEOGRÁFICA**

Geográficamente el área de estudio está registrada en proyección WG84S, Zona 19 S, con coordenadas UTM siguientes:

**Tabla 2 - 2.** Ubicación geográfica del camino vecinal

	Coordenadas Geográficas		Coordenadas UTM	
Km Inicio	Longitud Oeste	71°30'2.95"O	W	8461975.51
	Latitud Sur	13°53'58.07"S	S	229741.95
Km final	Longitud Oeste	71°19'55.67"O	W	8465376.83
	Latitud Sur	13°52'13.43"S	S	247948.89

### 2.1.3. UBICACIÓN HIDROGRÁFICA

Hidrográficamente el área de estudio pertenece a:

Tabla 2 - 3. Ubicación hidrográfica del camino vecinal.

CUENCA	CÓDIGO PFAFSTETTER	NIVEL DE CUENCA
Cuenca hidrográfica del río Amazonas	4	1
Región Hidrográfica	49	2
Cuenca hidrográfica del río Ucayali	499	3
Cuenca del río Urubamba	4994	4
Intercuenca alto Urubamba	49949	5

### 2.1.4. LIMITES

El camino vecinal tramo Cusipata – Chillihuani – Llacto - Cerro Siete Colores tiene los siguientes límites:

Tabla 2 - 4. Límites Distritales del camino vecinal

	Límites
Norte	Ocongate
Sur	San Pedro
Este	Corani
Oeste	Acomayo

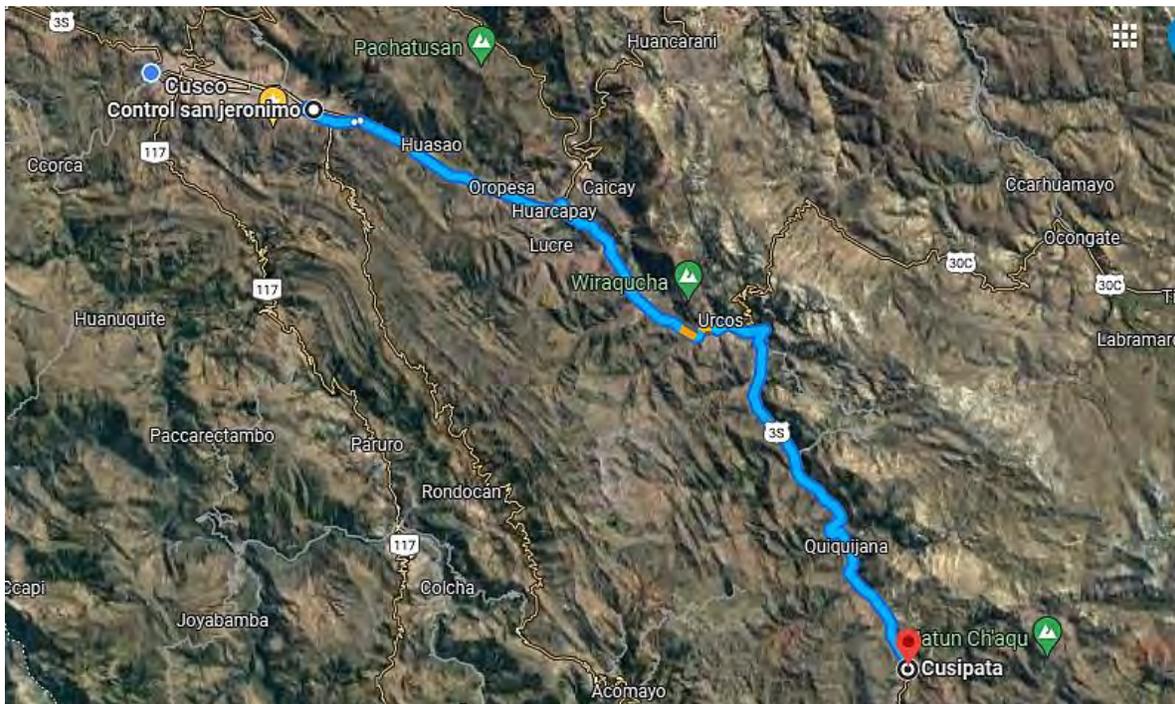
### 2.2. ACCESIBILIDAD

El acceso a la zona de estudio es por vía terrestre, se realiza desde la Ciudad de Cusco, desplazándose por la vía Nacional PE-3S (Cusco) hasta el Distrito de Cusipata en donde se encuentra la progresiva de inicio del camino vecinal, luego se toma una trocha carrozable desde el Distrito de Cusipata hasta el Cerro Siete Colores.

Tabla 2 - 5. Rutas de acceso hacia el camino vecinal

Tramo Carretero	Tipo de Vía	Distancia	Tiempo
Cusco-Cusipata	Asfaltada	80.3 km aprox.	1h 42 min aprox.

Figura 2. 1. Distancia vial, ruta Cusco-Cusipata



Fuente. Google Maps.

## **2.3. MARCO REFERENCIAL**

### **2.3.1. ANTECEDENTES**

Se ha revisado estudios referidos a la Geotecnia y Geodinámica del Camino Vecinal tramo Cusipata – Chillihuani – Llacto - Cerro Siete Colores, no existen estudios realizados a detalle. A continuación, se muestran tres estudios asociados al proyecto, elaborados por entidades Públicas:

- “MANTENIMIENTO PERIÓDICO TRAMO CUSIPATA – CHILLIHUANI L=11.541 KM, DISTRITO DE CUSIPATA, PROVINCIA DE QUISPICANCHI, DEPARTAMENTO DEL CUSCO”, realizado por Provias Descentralizado. Se enfoca recuperar la transitabilidad de la vía mediante estudios de ingeniería.
- “ESTUDIOS DE ZONIFICACIÓN ECONÓMICA, ECOLÓGICA-QUISPICANCHI”, realizado por el IMA Región Cusco y Centro Bartolomé de las Casas. Tiene como finalidad identificar diversas alternativas de uso de territorio y de sus recursos en la Provincia de Quispicanchi.

- “EVALUACION DE PELIGROS GEOLOGICOS SECTOR CHILLIHUANI”, realizado por INGEMMET. Tiene como finalidad identificar los peligros geológicos por movimientos en masa en el sector de Chillihuani.

### **2.3.2. BASES TEORICAS**

#### Ingeniería Geológica.

Es la ciencia aplicada al estudio y solución de los problemas de la ingeniería y del medio ambiente producidos como consecuencia de la interacción entre las actividades humanas y el medio geológico. El fin de la ingeniería geológica es asegurar que los factores geológicos condicionantes de las obras de ingeniería sean tenidos en cuenta e interpretados adecuadamente, así como evitar o mitigar las consecuencias de los riesgos geológicos.

#### Ingeniería Geotécnica

La Ingeniería geotécnica o simplemente Geotecnia es la rama de la Ingeniería geológica e Ingeniería civil que se encarga del estudio de las propiedades mecánicas, hidráulicas e ingenieriles de los materiales provenientes del medio geológico, aplicadas a las obras de Ingeniería Civil. Los ingenieros geotecnistas investigan el suelo y las rocas por debajo de la superficie para determinar sus propiedades ingenieriles y diseñar las cimentaciones para estructuras tales como edificios, puentes, presas y centrales hidroeléctricas. Acciones en la rama vial como la estabilización de taludes, diseño y construcción de túneles y carreteras, diseño y construcción de cualquier tipo de estructura de contención para la prevención de riesgos geológicos, etc.

Son actividades que comprenden el reconocimiento de campo, la investigación del subsuelo, los análisis y recomendaciones de ingeniería necesarios para el diseño y construcción de las obras en contacto con el suelo, de tal forma que se garantice un comportamiento adecuado de las estructuras (superestructura y subestructura) para edificaciones, puentes, torres, silos y demás obras, que preserve la vida humana, así como también evite la afectación o daño a construcciones vecinas. (MIDUVI ECUADOR, 2014)

#### **Clasificación geomecánica del macizo rocoso**

Los sistemas de clasificación de los macizos tienen por objetivo evaluar sus características para determinar de forma cuantitativa su calidad. Los criterios de clasificación tienen que ser

claros y consistentes para que no haya ninguna duda a la hora de aplicarlos y las categorías que se establezcan deben ser mutuamente excluyentes, de modo que no sea posible asignarle a un macizo rocoso dos categorías distintas.

### **Clasificaciones más importantes**

Las tres clasificaciones más usadas actualmente son la de Bieniawski (RMR), la de Barton, Llen y Lunde (Q) y la Hoek-Brown (GSI). Las dos primeras utilizan un parámetro, RQD (Rock Quality Designation), que constituye la base de la clasificación de Deere. A continuación, se describen las clasificaciones más usadas:

**Clasificación de Bieniawski (1973, 1976, 1989).** - Esta clasificación se desarrolló inicialmente a partir de la experiencia en obras realizadas en África del Sur. Su aplicación no tiene apenas limitaciones, excepto en rocas expansivas y fluyentes donde no es aconsejable su uso.

### **Obtención del índice RMR**

Para determinar la calidad del macizo rocoso, se divide este en dominios estructurales, es decir, en zonas delimitadas por discontinuidades geológicas, dentro de las cuales la estructura es prácticamente homogénea. La estructura del macizo comprende el conjunto de fallas, diaclasas, pliegues y demás características geológicas propias de una determinada región. El índice que define la clasificación es el denominado RMR (Rock Mass Rating), que evalúa la calidad del macizo rocoso a partir de los siguientes parámetros:

- Resistencia a compresión simple del material rocoso
- RQD
- Espaciado de las juntas
- Naturaleza de las juntas
- Presencia de agua
- Orientación de las discontinuidades

### Mecánica de suelos

Terzaghi dice que la mecánica de suelos es la aplicación de las leyes de la mecánica y la hidráulica a los problemas de ingeniería que tratan con sedimentos y otras acumulaciones no consolidadas de partículas sólidas, producidas por la desintegración mecánica o la descomposición química de las rocas, independientemente de que tengan o no materia orgánica.

**Clasificación de suelos:** Los suelos con propiedades similares se clasifican en grupos y subgrupos basados en su comportamiento ingenieril. Los sistemas de clasificación proporcionan

un lenguaje común para expresar en forma concisa las características generales de los suelos, que son infinitamente variadas sin una descripción detallada. Actualmente dos sistemas de clasificación que usan la distribución por tamaño de grano y plasticidad de suelos son usados comúnmente por los ingenieros de suelos. Éstos son el Sistema de Clasificación AASHTO y el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos. El sistema AASHTO lo usan principalmente los departamentos de caminos estatales y no condados, mientras que los ingenieros geotécnicos usualmente prefieren el Sistema Unificado.

### **Sistema de clasificación AASHTO**

Este es el sistema del Departamento de Caminos de U.S.A., introducido en 1929 y adoptado por la "American Association of State Highway Officials" entre otras. Es de uso especial para la construcción de vías, en especial para manejo de sub-rasantes y terraplenes.

### **Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (Braja M. Das, 1985)**

Este sistema fue presentado por Arthur Casagrande como una modificación y adaptación más general a su sistema de clasificación propuesto en 1942 para aeropuertos

### **2.3.3. DEFINICIONES PRINCIPALES**

- **Camino vecinal.** - Camino rural destinado fundamentalmente para acceso a las poblaciones pequeñas y a chacras o predios rurales.
- **Seguridad física.** - Es el conjunto de mecanismos y acciones que buscan detección y prevención de riesgos, con el fin de proteger algún recurso o bien material.
- **Geodinámica interna.** - Estudia las transformaciones de la estructura interna de la tierra en relación con las fuerzas que actúan en su interior, usando técnicas de prospección (técnicas geofísicas).
- **Geodinámica externa.** - Estudia la acción de los agentes atmosféricos externos: viento, aguas continentales, mares, océanos, hielos, glaciares y gravedad, sobre la capa superficial de la Tierra; fenómenos éstos que van originando una lenta destrucción y modelación del paisaje rocoso y del relieve.
- **Drenaje.** - En ingeniería y urbanismo, es el sistema de tuberías, sumideros o trampas, con sus conexiones, que permite el desalojo de líquidos, generalmente pluviales, de una población.

- **Canteras.** - Es una explotación minera, generalmente a cielo abierto, en la que se obtienen rocas industriales, ornamentales o áridos. Las canteras suelen ser explotaciones de pequeño tamaño, aunque el conjunto de ellas representa, probablemente, el mayor volumen de la minería mundial.
- **Impacto ambiental.** - Es el efecto que produce la actividad humana sobre el medio ambiente. El concepto puede extenderse a los efectos de un fenómeno natural catastrófico. Técnicamente, es la alteración en la línea de base ambiental. Las acciones de las personas sobre el medio ambiente siempre provocan efectos colaterales sobre este.
- **Talud.** - Se llama talud a la inclinación que se da a las tierras para que se sostengan las unas a las obras. El perfil de cualquier talud se forma por un triángulo rectángulo, en el cual el lado mayor, opuesto al ángulo recto, representa el talud o declivio y uno de los lados representa la base del talud con los nombres de escarpa explanada o glacis.

#### **2.4. CLIMA Y VEGETACIÓN**

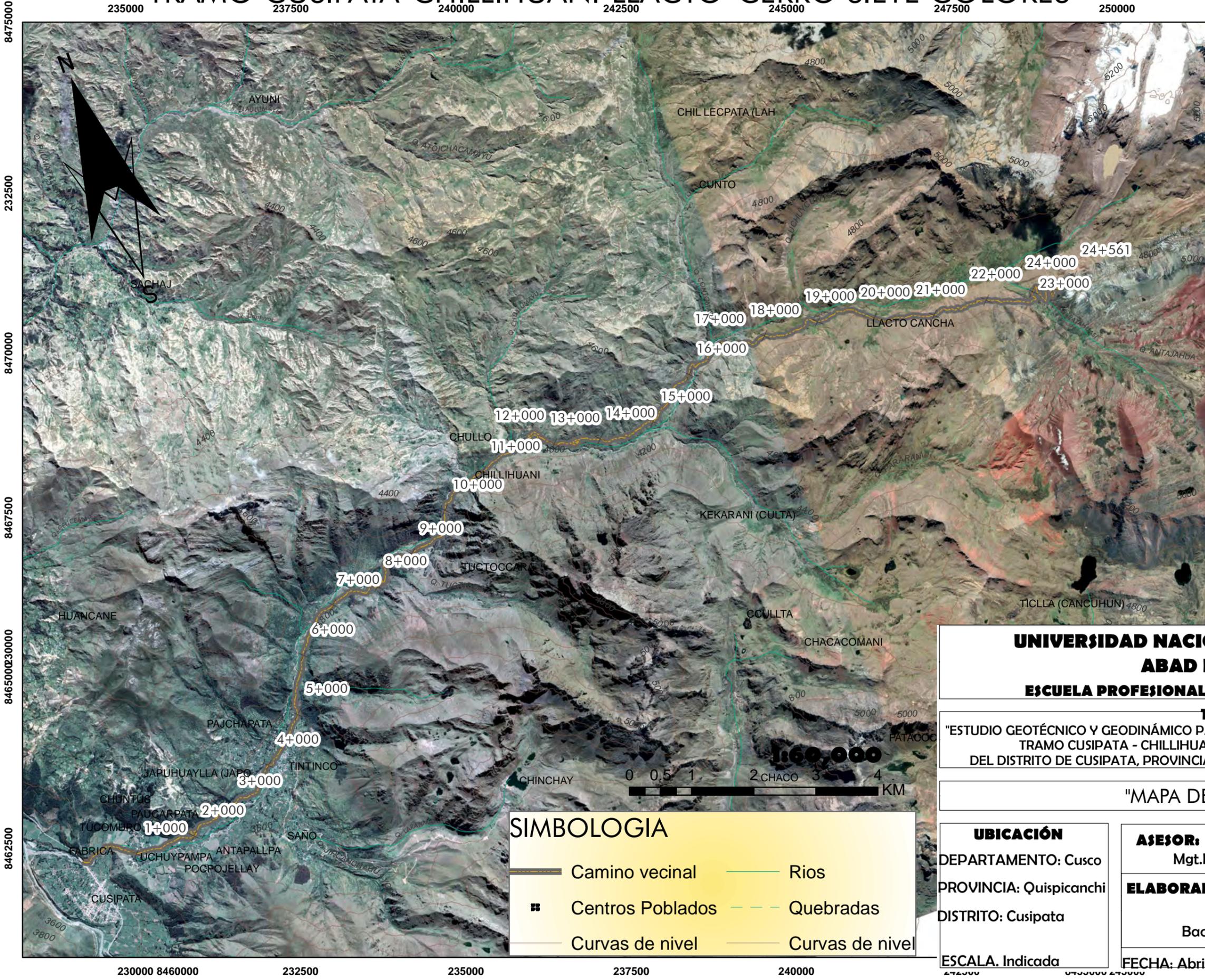
Según la clasificación climática de Thornthwaite (1931) se ha determinado 22 tipos de climas, dentro de la cual nuestra zona de estudio se encuentra en el tipo “semi-seco semifrío con invierno seco. La mayor precipitación se produce en los meses de diciembre a marzo y un periodo seco entre los meses de mayo a julio, las heladas en los meses de junio a septiembre.

Se observa una vegetación de puna compuesta por pastizales, matorrales.

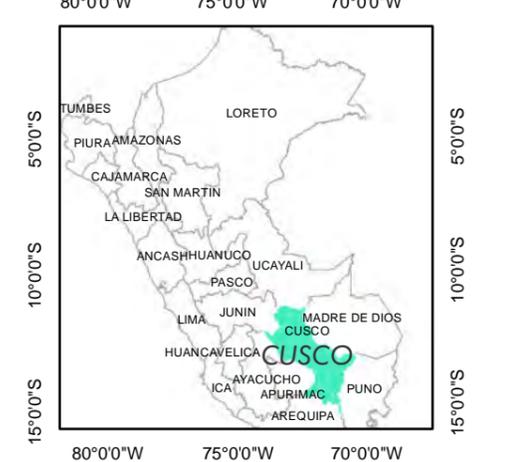
**Foto 2. 2.** Presencia de pastizales en el primer tramo del camino vecinal



# MAPA DE UBICACIÓN DEL CAMINO VECINAL TRAMO CUSIPATA-CHILLIHUANI-LLACTO-CERRO SIETE COLORES



UBICACIÓN DEPARTAMENTAL



UBICACIÓN PROVINCIAL



UBICACIÓN DISTRITAL



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO  
ABAD DEL CUSCO  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA**

**TÍTULO:**  
"ESTUDIO GEOTÉCNICO Y GEODINÁMICO PARA LA SEGURIDAD FÍSICA DEL CAMINO VECINAL  
TRAMO CUSIPATA - CHILLIHUANI - LLACTO - CERRO SIETE COLORES  
DEL DISTRITO DE CUSIPATA, PROVINCIA QUISPICANCHI, DEPARTAMENTO DE CUSCO"

"MAPA DE UBICACIÓN"

SIMBOLOGIA	
	Camino vecinal
	Rios
	Centros Poblados
	Quebradas
	Curvas de nivel
	Curvas de nivel

**UBICACIÓN**  
DEPARTAMENTO: Cusco  
PROVINCIA: Quispicanchi  
DISTRITO: Cusipata  
ESCALA: Indicada

**ASESOR:**  
Mgt. Henry Jorge Cuenca Sánchez  
**ELABORADO POR:**  
Bach. Aslla Champi Rosa  
Bach. Mamani Condori Estefanny  
FECHA: Abril-Mayo 2021

**Mapa N°:**  
M - 01



## CAPITULO III GEOMORFOLOGÍA

### 3.1. GENERALIDADES

En este capítulo se describe y clasifica las formas del relieve terrestre en base a su morfología, pendiente y su origen geológico,

Desde el punto de vista conceptual, la geomorfología no permite responder porque el relieve es como es, investiga el proceso por el cual se forma.

### 3.2. GEOMORFOLOGÍA REGIONAL

La Región Cusco presenta cuatro unidades morfoestructurales o geomorfológicas, que son la Cordillera Oriental, Cordillera Occidental, Faja Sub-andina y el Llano Amazónico, con una predominancia de la Cordillera Oriental.

Regionalmente el área de estudio se encuentra dentro del Cuadrángulo de Ocongate y Sicuani, abarca la Cordillera Oriental del Altiplano y el Valle del Vilcanota.

Figura 3. 1. Dominios geotectónicos del Perú



Fuente. INGEMMET (Carlotto et al., 2009)

### 3.2.1. *Cordillera Oriental del Altiplano*

Unidad estructural principal y dominante en la Región, es un enorme bloque montañoso de edad esencialmente Paleozoica. Presenta cumbres que se encuentran a una altura de 4900 a 5400 msnm (Ausangate y Collangate). Posee relieves abruptos y escarpados con altitudes que sobrepasan los 5000 msnm.

Tiene una dirección NO-SE y se caracteriza por presentar el Anticlinal del Vilcanota

### 3.2.2. *Valle del Vilcanota*

Esta unidad morfo-estructural, es un valle longitudinal que presenta relieves relativamente sub-horizontales cuyas altitudes comprenden los 2600 y 3750 msnm.

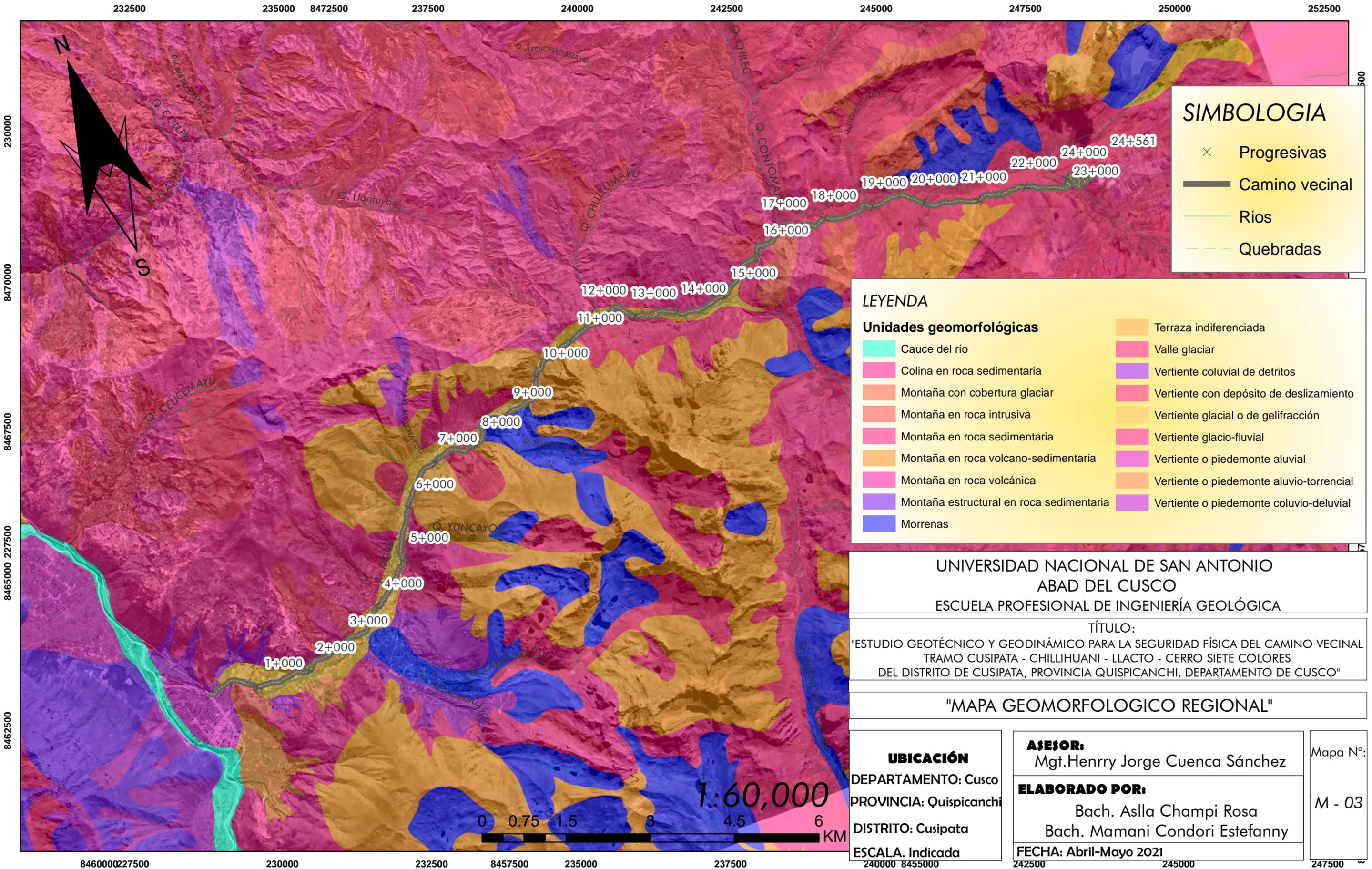
Este valle tiene su origen en el abra de La Raya (4,318m.) y su eje posee una dirección NW hasta salir a la altura de Chuquicahuana (3,390 m.).

Figura 3. 2. Vista satelital del Valle del Vilcanota



Fuente. SIGRID

# MAPA GEOMORFOLÓGICO REGIONAL DEL CAMINO VECINAL TRAMO CUSIPATA-CHILLIHUANI-LLACTO-CERRO SIETE COLORES



**SIMBOLOGIA**

- × Progresivas
- Camino vecinal
- Rios
- - - Quebradas

**LEYENDA**

**Unidades geomorfológicas**

<span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #00FFFF; border: 1px solid black;"></span> Cauce del río	<span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #FFD700; border: 1px solid black;"></span> Terraza indiferenciada
<span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #FF69B4; border: 1px solid black;"></span> Colina en roca sedimentaria	<span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #FF69B4; border: 1px solid black;"></span> Valle glaciar
<span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #FF4500; border: 1px solid black;"></span> Montaña con cobertura glaciar	<span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #800080; border: 1px solid black;"></span> Vertiente coluvial de detritos
<span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #FF4500; border: 1px solid black;"></span> Montaña en roca intrusiva	<span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #FF69B4; border: 1px solid black;"></span> Vertiente con depósito de deslizamiento
<span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #FF69B4; border: 1px solid black;"></span> Montaña en roca sedimentaria	<span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #FFD700; border: 1px solid black;"></span> Vertiente glacial o de gelifracción
<span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #FF4500; border: 1px solid black;"></span> Montaña en roca volcano-sedimentaria	<span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #FF69B4; border: 1px solid black;"></span> Vertiente glacio-fluvial
<span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #FF69B4; border: 1px solid black;"></span> Montaña en roca volcánica	<span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #FF69B4; border: 1px solid black;"></span> Vertiente o piedemonte aluvial
<span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #800080; border: 1px solid black;"></span> Montaña estructural en roca sedimentaria	<span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #FF4500; border: 1px solid black;"></span> Vertiente o piedemonte aluvio-torrencial
<span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #4169E1; border: 1px solid black;"></span> Morrenas	<span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #800080; border: 1px solid black;"></span> Vertiente o piedemonte coluvio-deluvial

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO  
ABAD DEL CUSCO  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA

TÍTULO:  
"ESTUDIO GEOTÉCNICO Y GEODINÁMICO PARA LA SEGURIDAD FÍSICA DEL CAMINO VECINAL  
TRAMO CUSIPATA - CHILLIHUANI - LLACTO - CERRO SIETE COLORES  
DEL DISTRITO DE CUSIPATA, PROVINCIA QUISPICANCHI, DEPARTAMENTO DE CUSCO"

"MAPA GEOMORFOLOGICO REGIONAL"

**UBICACIÓN**  
DEPARTAMENTO: Cusco  
PROVINCIA: Quispicanchi  
DISTRITO: Cusipata  
ESCALA: Indicada

**ASESOR:**  
Mgt. Henry Jorge Cuenca Sánchez

**ELABORADO POR:**  
Bach. Aslla Champi Rosa  
Bach. Mamani Condori Estefanny

FECHA: Abril-Mayo 2021

Mapa N°:  
M - 03



### 3.3. CARACTERIZACIÓN TOPOGRÁFICA

#### 3.3.1. ANALISIS DE PENDIENTES

El análisis de pendientes nos indica el grado de inclinación del terreno.

Para obtener el mapa de pendientes se utilizó el software ArcGIS, a partir de un DEM (Modelo de Elevación Digital) se creó un TIN (Redes irregulares de triángulos), seguidamente se creó un SLOPE (Pendiente), para posteriormente usar la herramienta RECLASS (Reclasificar) que nos permitirá clasificar los rangos de pendientes.

Para caracterizar según el Reglamento de Clasificación de Tierras por su capacidad de Uso Mayor.

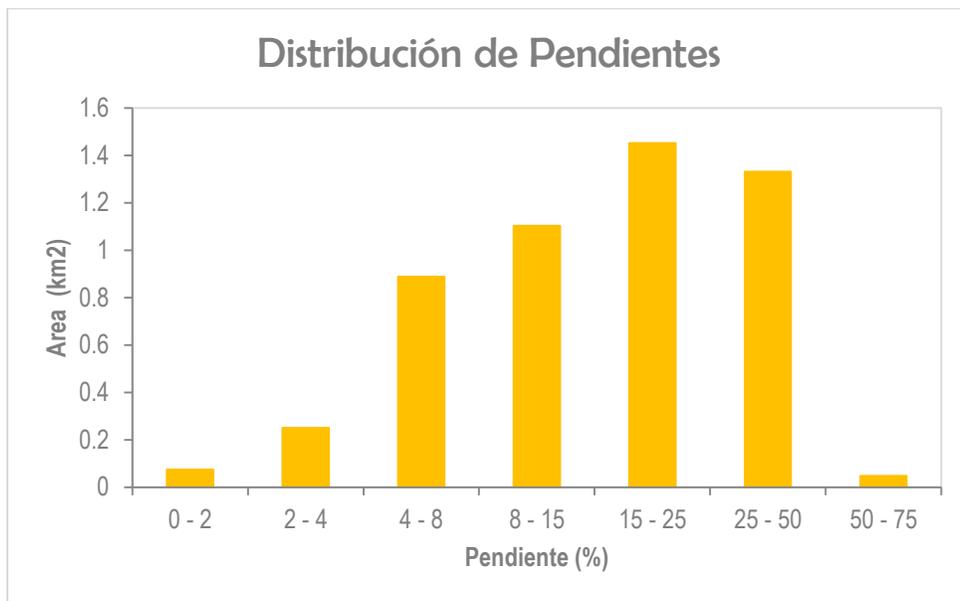
**Tabla 3. 1.** Rango de Pendientes según Reglamento de Clasificación de tierras

CLASE	DESCRIPCIÓN	RANGO PENDIENTE (%)
A	Llano	0—2
B	Ligeramente Inclinado	2—4
C	Moderadamente Inclinado	4—8
D	Fuertemente Inclinado	8—15
E	Moderadamente Empinado	15—25
F	Empinado	25—50
G	Fuertemente Empinado	50—75
H	Escarpado	> 75

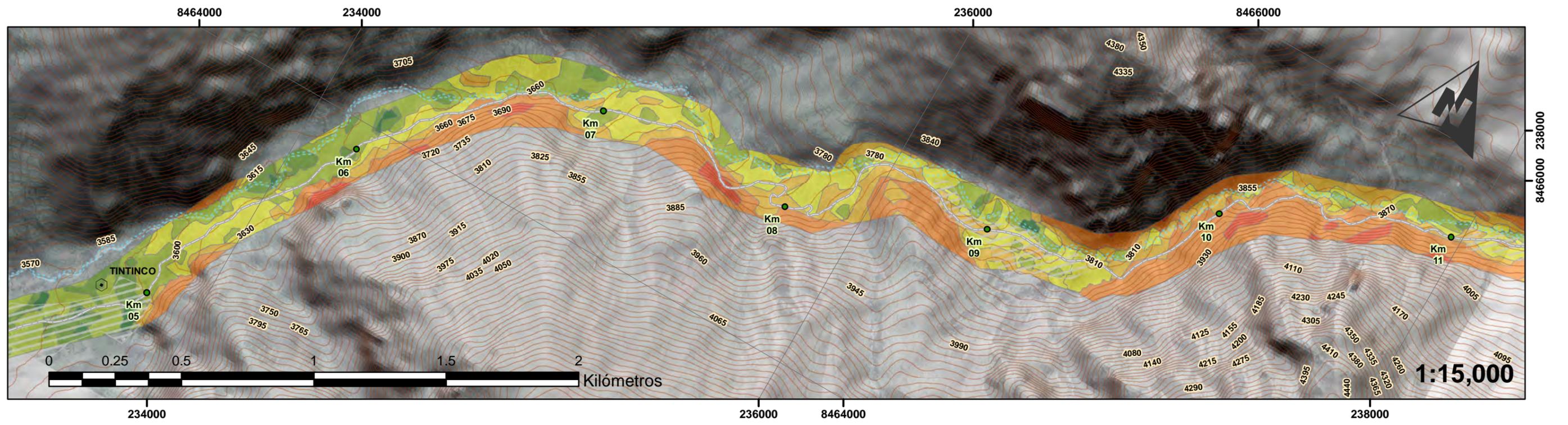
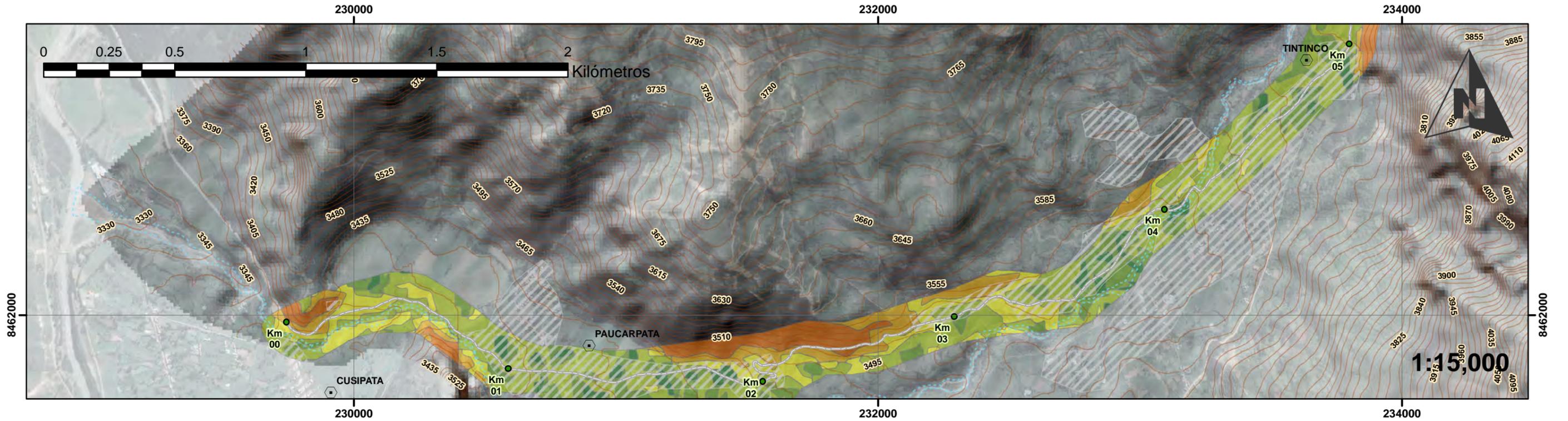
**Tabla 3. 2.** Rango de pendientes en el camino vecinal

CLASE	DESCRIPCIÓN	RANGO PENDIENTE (%)	AREA	
			Km <sup>2</sup>	(%)
A	Llano	0—2	0.075	1.46
B	Ligeramente Inclinado	2—4	0.251	4.87
C	Moderadamente Inclinado	4—8	0.889	17.25
D	Fuertemente Inclinado	8—15	1.103	21.42
E	Moderadamente Empinado	15—25	1.453	28.21
F	Empinado	25—50	1.332	25.86
G	Fuertemente Empinado	50—75	0.048	0.94
Sumatoria			5.151 km <sup>2</sup>	100%

**Gráfico 3 - 1.** Distribución de pendientes respecto al total de la superficie

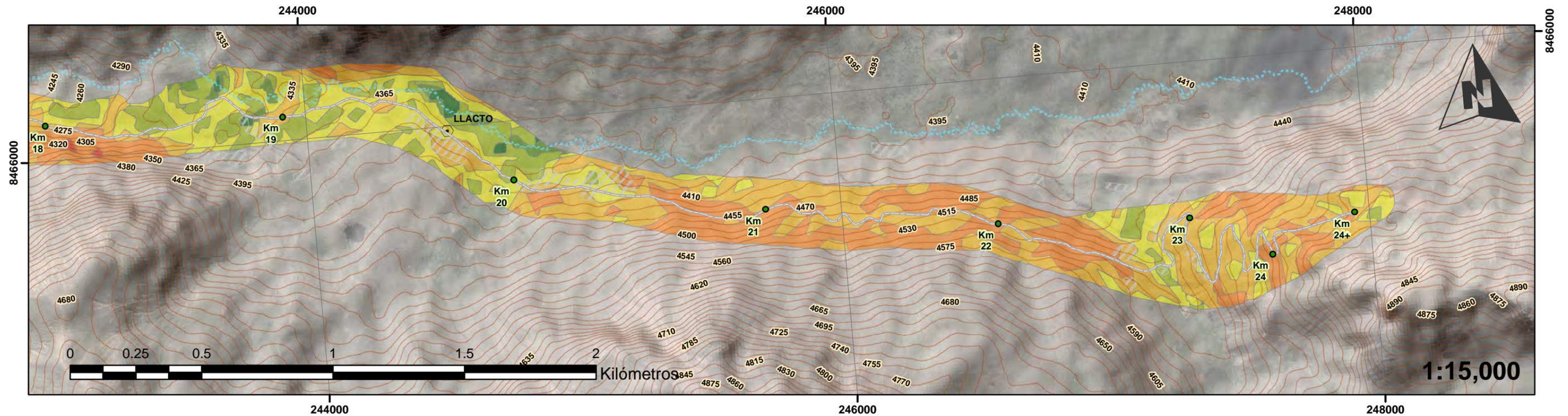
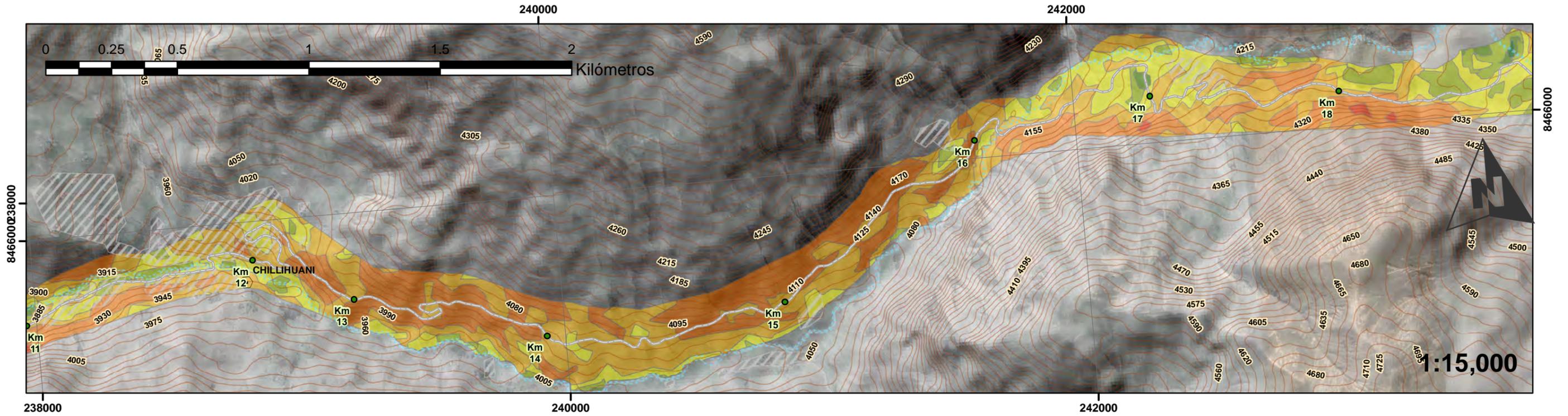


# MAPA DE PENDIENTES LOCAL I DEL CAMINO VECINAL TRAMO CUSIPATA-CHILLIHUANI-LLACTO-CERRO SIETE COLORES



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO  FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALÚRGICA  ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA	TÍTULO: "ESTUDIO GEOTÉCNICO Y GEODINÁMICO PARA LA SEGURIDAD FÍSICA DEL CAMINO VECINAL TRAMO CUSIPATA - CHILLIHUANI - LLACTO - CERRO SIETE COLORES DEL DISTRITO DE CUSIPATA, PROVINCIA QUISPICANCHI, DEPARTAMENTO DE CUSCO"	UBICACIÓN DEPARTAMENTO: Cusco PROVINCIA: Quispicanchi DISTRITO: Cusipata ESCALA: Indicada	SIMBOLOGÍA ● Kilómetros ○ Poblado ~ Curvas 〰 Río — Camino Vecinal ▨ Centros Poblados	LEYENDA <table border="1"> <thead> <tr> <th>COLOR</th> <th>CLASE</th> <th>RANGO %</th> <th>CLASE PENDIENTE</th> <th>COLOR</th> <th>CLASE</th> <th>RANGO %</th> <th>CLASE PENDIENTE</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>■</td> <td>A</td> <td>0 - 2</td> <td>Llano</td> <td>■</td> <td>E</td> <td>15 - 25</td> <td>Moderadamente Empinado</td> </tr> <tr> <td>■</td> <td>B</td> <td>2 - 4</td> <td>Ligeramente Inclinado</td> <td>■</td> <td>F</td> <td>25 - 50</td> <td>Empinado</td> </tr> <tr> <td>■</td> <td>C</td> <td>4 - 8</td> <td>Moderadamente Inclinado</td> <td>■</td> <td>G</td> <td>50 - 75</td> <td>Fuertemente Empinado</td> </tr> <tr> <td>■</td> <td>D</td> <td>8 - 15</td> <td>Fuertemente Inclinado</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	COLOR	CLASE	RANGO %	CLASE PENDIENTE	COLOR	CLASE	RANGO %	CLASE PENDIENTE	■	A	0 - 2	Llano	■	E	15 - 25	Moderadamente Empinado	■	B	2 - 4	Ligeramente Inclinado	■	F	25 - 50	Empinado	■	C	4 - 8	Moderadamente Inclinado	■	G	50 - 75	Fuertemente Empinado	■	D	8 - 15	Fuertemente Inclinado					ASESOR: Mgt. Henry Jorge Cuenca Sánchez  ELABORADO POR: Bach. Aslla Champi Rosa Bach. Mamani Condori Estefanny  FECHA: Abril-Mayo 2021	Mapa N°:  <b>M - 08</b>
	COLOR	CLASE	RANGO %	CLASE PENDIENTE	COLOR	CLASE	RANGO %	CLASE PENDIENTE																																						
■	A	0 - 2	Llano	■	E	15 - 25	Moderadamente Empinado																																							
■	B	2 - 4	Ligeramente Inclinado	■	F	25 - 50	Empinado																																							
■	C	4 - 8	Moderadamente Inclinado	■	G	50 - 75	Fuertemente Empinado																																							
■	D	8 - 15	Fuertemente Inclinado																																											
MAPA: <b>"MAPA DE PENDIENTES LOCAL I"</b>																																														

# MAPA DE PENDIENTES LOCAL II DEL CAMINO VECINAL TRAMO CUSIPATA-CHILLIHUANI-LLACTO-CERRO SIETE COLORES



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO  FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALÚRGICA  ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA	TÍTULO:	UBICACIÓN	<b>SIMBOLOGÍA</b> ● Kilómetros Poblado Curvas Río Camino Vecinal Centros Poblados	<b>LEYENDA</b>				ASESOR:	Mapa N°:  <b>M - 09</b>																																					
		"ESTUDIO GEOTÉCNICO Y GEODINÁMICO PARA LA SEGURIDAD FÍSICA DEL CAMINO VECINAL TRAMO CUSIPATA - CHILLIHUANI - LLACTO - CERRO SIETE COLORES DEL DISTRITO DE CUSIPATA, PROVINCIA QUISPICANCHI, DEPARTAMENTO DE CUSCO"		DEPARTAMENTO: Cusco PROVINCIA: Quispicanchi DISTRITO: Cusipata ESCALA: Indicada	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COLOR</th> <th>CLASE</th> <th>RANGO %</th> <th>CLASE PENDIENTE</th> <th>COLOR</th> <th>CLASE</th> <th>RANGO %</th> <th>CLASE PENDIENTE</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Green</td> <td>A</td> <td>0 - 2</td> <td>Llano</td> <td>Yellow</td> <td>E</td> <td>15 - 25</td> <td>Moderadamente Empinado</td> </tr> <tr> <td>Light Green</td> <td>B</td> <td>2 - 4</td> <td>Ligeramente Inclinado</td> <td>Orange</td> <td>F</td> <td>25 - 50</td> <td>Empinado</td> </tr> <tr> <td>Yellow</td> <td>C</td> <td>4 - 8</td> <td>Moderadamente Inclinado</td> <td>Red</td> <td>G</td> <td>50 - 75</td> <td>Fuertemente Empinado</td> </tr> <tr> <td>Red</td> <td>D</td> <td>8 - 15</td> <td>Fuertemente Inclinado</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	COLOR	CLASE	RANGO %		CLASE PENDIENTE	COLOR	CLASE	RANGO %	CLASE PENDIENTE	Green	A	0 - 2	Llano	Yellow	E	15 - 25	Moderadamente Empinado	Light Green	B	2 - 4	Ligeramente Inclinado	Orange	F	25 - 50	Empinado	Yellow	C	4 - 8	Moderadamente Inclinado	Red	G	50 - 75	Fuertemente Empinado	Red	D	8 - 15	Fuertemente Inclinado				
	COLOR	CLASE	RANGO %	CLASE PENDIENTE	COLOR	CLASE	RANGO %	CLASE PENDIENTE																																						
	Green	A	0 - 2	Llano	Yellow	E	15 - 25	Moderadamente Empinado																																						
Light Green	B	2 - 4	Ligeramente Inclinado	Orange	F	25 - 50	Empinado																																							
Yellow	C	4 - 8	Moderadamente Inclinado	Red	G	50 - 75	Fuertemente Empinado																																							
Red	D	8 - 15	Fuertemente Inclinado																																											
MAPA:	"MAPA DE PENDIENTES LOCAL II"			ELABORADO POR: Bach. Aslla Champi Rosa Bach. Mamani Condori Estefanny																																										
				FECHA: Abril-Mayo 2021																																										

### 3.4. GEOMORFOLOGÍA LOCAL

Se hizo un reconocimiento de las unidades geomorfológicas locales a partir del mapeo realizado en campo, interpretación de imágenes satelitales; para una mejor identificación nos apoyamos en el “estudio de Caracterización y Zonificación Económica de la Provincia de Quispicanchi”, información propuesta por el Instituto de Manejo de Agua y Medioambiente.

Foto 3. 1. Vista de la vertiente de montaña alta y baja, altiplanicies en el Sector de Chillihuani



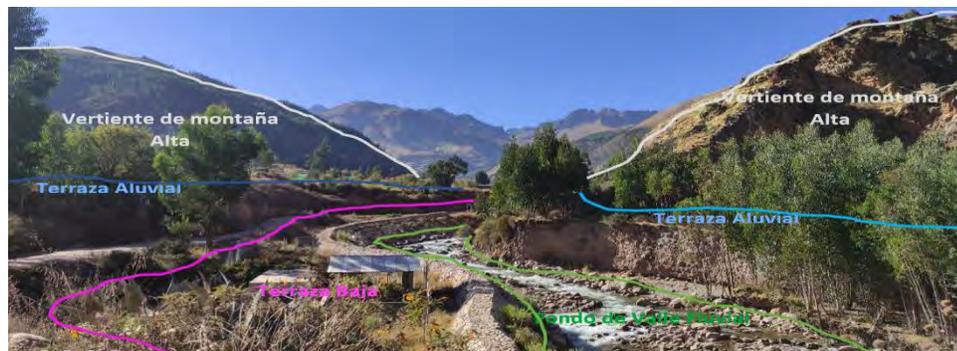
En una escala local se puede apreciar las siguientes unidades geomorfológicas locales:

**Altiplanicie.** - Se considera como tal a extensas zonas de territorio de superficies sub-horizontales y que, generalmente, son superficies de erosión y/o sedimentación con topografía suavemente ondulada. Se encuentra a altitudes mayores a los 3800 msnm.

- Se clasifican de la siguiente manera:
- Altiplanicie Inundable (AltplInubl). – Geoforma constituido por arcillas y limos.
- Altiplanicie Allanada (AltplAlla). – Geoforma que se constituye de zonas llanas con una pendiente de 0 a 25%, constituido por depósitos cuaternarios.
- Altiplanicie Ondulada (AltplOndu). – Constituyen sectores de planicies de erosión y depositación con pendientes predominantes de 4 % a 15 %, que se ubican en la parte alta, generalmente sobre los 3800 y 4500 m. s. n. m.
- Fondo de Valle Fluvial (FvFlv). – Geoforma de formación reciente, con pendiente moderada, constituida de material cuaternario.
- Fondo de Valle Bofedal (FvBof). – Geoforma de formación reciente, con pendiente moderada, presencia de materia orgánica y nivel freático.

- Fondo de Valle Aluvial (FvAlv). – Geoforma de formación reciente, son formas de suelos de reciente formación (Cuaternario), caracterizados por tener una pendiente moderada a fuertemente inclinada (4 % a 25 %), están ubicados por encima de los 3300 m. s. n. m.
- Terraza Baja (TBa). – Geoforma de topografía plana, origen de tipo gradacional, se ubican próximos al río.
- Terraza Antrópica (TAntr). - Geoforma producida por la acción del hombre.
- Terraza Aluvial (TAIv). – Geoforma de formación reciente, ubicado entre los 5 a 15 metros por encima de la base del río.

**Foto 3. 2.** Vista de terrazas y vertientes de montaña alta en el Sector de Paucarpata



## **MONTAÑOSO**

Son superficies de mayor inclinación y elevación, producto del plegamiento andino con inclinaciones mayores a 25%.

- Vertiente de Montaña Baja (VmBa). – Geoforma que presenta una pendiente moderada.
- Vertiente de Montaña Alta (VmAl). – Geoforma que presenta una pendiente empinada, son todos los flancos de topografía accidentada.

Foto 3. 3. Vista de fondo de valle bofedal y altiplanicie allanada en el sector de Llacto Cancha

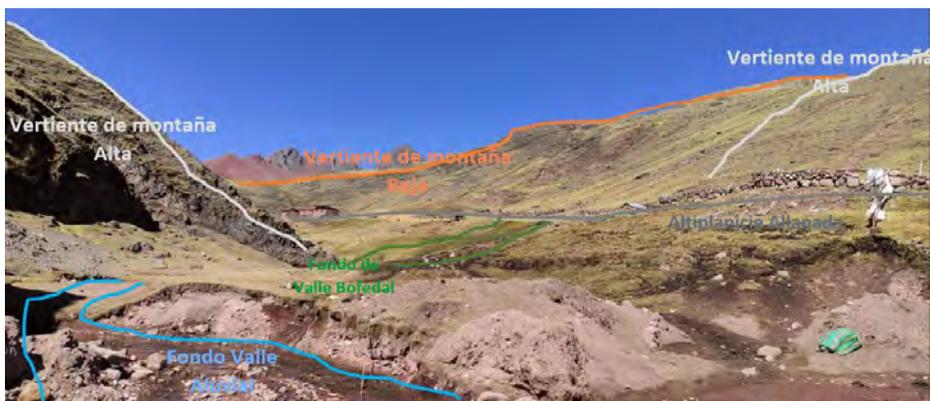


Tabla 3. 3. Resumen de las Unidades geomorfológicas locales a lo largo del camino vecinal

Unidad Hidrográfica		Simbología	Área	
			(Km2)	%
Altiplanicie	Altiplanicie Inundable	AltplInubl	0.0232	0.45
	Altiplanicie Allanada	AltplAlla	0.373	7.23
	Altiplanicie Ondulada	AltplOndu	0.575	11.14
	Fondo de Valle Fluvial (cauce del río)	FvFlv	0.162	3.15
	Fondo de Valle Bofedal	FvBof	0.065	1.26
	Fondo de Valle Aluvial	FvAlv	0.210	4.05
Llanura Amazónica	Terraza Baja	TBa	0.290	5.63
	Terraza Antrópica	TAntr	0.005	0.09
	Terraza Aluvial	TAlv	0.886	17.17
Montañoso	Vertiente de Montaña Baja	VmBa	1.099	21.31
	Vertiente de Montaña Alta	VmAl	1.471	28.51
<b>TOTAL</b>			<b>515.97 km2</b>	<b>100 %</b>

### 3.5. PARÁMETROS GEOMORFOLÓGICOS

#### 3.5.1. Generalidades

Las características morfométricas, caracterizan los rasgos físicos de una cuenca hidrográfica, dichas características tienen una relación estrecha con el comportamiento del caudal que transita por ella.

#### 3.5.2. Subdivisión Hidrográfica

La Microcuenca Chillihuani está categorizada como tal de acuerdo a la metodología de priorización de Cuencas efectuada por la DSMS-DGASI-1983.

Tabla 3. 4. Metodología de priorización de Cuencas

Unidad Hidrográfica	Área Km <sup>2</sup>	Nº orden río
Quebrada (muy pequeña)	<10	1°, 2°
Microcuenca (pequeña)	10—100	1°, 2° o 3°
Subcuenca (mediana)	100—700	4° o 5°
Cuenca (grande)	700—6000	6° a más

Según el cuadro de unidades hidrográficas y rango, el área de estudio pertenece a una subcuenca porque presenta un área de 163.62 Km<sup>2</sup>.

### 3.5.3. Elemento de Delimitación

#### 3.5.3.1. Área de la Microcuenca

Es el tamaño de la superficie de cada cuenca en Km<sup>2</sup>, es la característica geomorfológica más importante. La cuenca del río Chillihuani tiene una superficie de 163.62 Km<sup>2</sup>.

### 3.5.4. Elemento de distancia

#### 3.5.4.1. Perímetro de la Microcuenca (P)

Denominada también longitud de la línea de divorcio de la hoya, es la longitud sobre un plano horizontal, que recorre la divisoria de aguas. En conexión con el área nos puede decir algo respecto a la forma de la cuenca hidrográfica.

$$\text{Perímetro de la Cuenca} = 72.77\text{Km}$$

#### 3.5.4.2. Longitud Axial (L)

Es la distancia que en línea recta une la desembocadura del drenaje y el punto más lejano de la cuenca.

$$\text{Longitud axial} = 22.27 \text{ Km}$$

#### 3.5.4.3. Ancho promedio (B)

Es la distancia media del ancho de la microcuenca en línea recta, está dada por:

$$B=A/L$$

$$B= 7.35\text{Km}$$

### 3.5.5. Elemento de Forma

#### 3.5.5.1. Coeficiente de Compacidad o Índice de Gravelius (Kc)

Propuesto por Gravelius, compara la forma de la cuenca con la de una circunferencia, cuyo círculo inscrito tiene la misma área de la cuenca en estudio. Este coeficiente adimensional, independiente del área estudiada tiene por definición un valor de 1 para cuencas imaginarias de forma exactamente circular. Nunca los valores del coeficiente de compacidad serán inferiores a 1. El coeficiente de compacidad será mayor cuando más irregular sea una cuenca-

Este coeficiente define la forma de la cuenca dentro de los rangos que se muestran a continuación:

**Tabla 3. 5.** Formas de las cuencas de acuerdo al índice de compacidad

Clase de Forma	Índice de Compacidad	Forma de la Cuenca
Clase I	1.0 a 1.25	Casi redonda a oval-redonda
Clase II	1.26-1.50	Oval- redonda a oval oblonga
Clase III	1.51 o más de 2	Oval-oblonga a rectangular-oblonga

$$\text{Índice de Gravelius (Kc)} = 0.282x p/\sqrt{A}$$

$$Kc = 1.59$$

Para el presente estudio el índice de compacidad es 1.59, por ende, la forma de la cuenca es oval oblonga a rectangular oblonga según la clasificación de FAO, 1985.

#### 3.5.5.2. Factor de Forma (Kf)

Denominado también “factor forma de Horton”, intenta medir cuan cuadrada (alargada) puede ser la cuenca. Una cuenca con un factor de forma bajo, esta menos sujeta a crecientes que una de la misma área y mayor factor de forma. El factor forma expresa la relación entre el ancho promedio y la longitud del curso de agua más largo de la cuenca y está dado por:

$$\text{Factor de forma (Kf)} = 0.54$$

**Tabla 3. 6.** Valores del factor forma según Horton R.E. 1932

Factor Forma	Tipo de Forma
1.00	Circular o redonda
0.79	Cuadrada con salida central
0.5	Cuadrada con salida lateral
0.40 y 0.50	Oval
<0.30	Rectangular alargada

Factor Forma	Forma
<0.22	Muy alargada
0.22-0.30	Alargada
0.30-0.37	Ligeramente alargada
0.37-0.45	Ni alargada ni ensanchada
0.45-0.60	Ligeramente ensanchada
0.60-0.80	Ensanchada
0.80-1.20	Muy ensanchada
>1.20	Redondeando el desagüe

**Tabla 3. 7.** Valores del factor forma según Pérez 1979

Según Horton la Microcuenca Chillihuani *es cuadrada con salida lateral* y según Pérez es *ligeramente ensanchado*.

### 3.5.6. Elemento de Relieve

El relieve de una cuenca se representa mediante una curva hipsométrica y puede ser cuantificada con parámetros que relacionan la altitud con la superficie de la cuenca.

#### 3.5.6.1. Altitud Media de la Microcuenca

La variación altitudinal de una cuenca hidrográfica incide directamente sobre la distribución térmica. Se calcula a partir de la Curva Hipsométrica o histograma de frecuencias, su cálculo obedece al promedio ponderado de elevación – área de la cuenca.

$$Hm = \frac{\sum(a_i \times h_i)}{A}$$

**Tabla 3. 8.** Cuadro para determinar altitud media de la microcuenca

ALTITUDES	AREA PARC ( α )	ELEVACION MEDIA ( e )	( α ) x ( e )
3317	0	0	0
3550	3.65	3434	12526
3800	8.51	3675	31272
4050	11.30	3925	44337
4300	20.40	4175	85170
4550	41.84	4425	185129
4800	49.70	4675	232333
5050	25.09	4925	123568
5300	2.93	5175	15147
5475	0.21	5388	1131
<b>TOTAL</b>	<b>163.614493</b>		<b>730614</b>

La Altitud media de la Microcuenca Chillihuani es *4465 msnm*.

### 3.5.6.2. Curva Hipsométrica

Es la representación gráfica de la variación altitudinal de una cuenca, caracteriza el relieve de la cuenca. Es una línea irregular que trata de representar el perfil longitudinal de una cuenca.

**Tabla 3. 9.** Cuadro para determinar la Curva hipsométrica

Min	Max	Promedio	Áreas (Km <sup>2</sup> )	Área Acumulada	Área Sobre la Curva	Áreas %	Área Sobre la Curva (%)
3317	3550	3433.5	3.65	3.65	159.97	2.23	97.77
3550	3800	3675	8.51	12.16	151.46	5.20	92.57
3800	4050	3925	11.30	23.45	140.16	6.90	85.67
4050	4300	4175	20.40	43.85	119.76	12.47	73.20
4300	4550	4425	41.84	85.69	28.23	25.57	47.63
4550	4800	4675	49.70	135.39	28.23	30.37	17.25
4800	5050	4925	25.09	160.48	3.14	15.33	1.92
5050	5300	5175	2.93	163.40	0.21	1.79	0.13
5300	5475	5387.5	0.21	163.61	0.00	0.13	0.00
Sumatoria			163.61	Sumatoria		100	

**Gráfico 3 - 2.** Curva hipsométrica

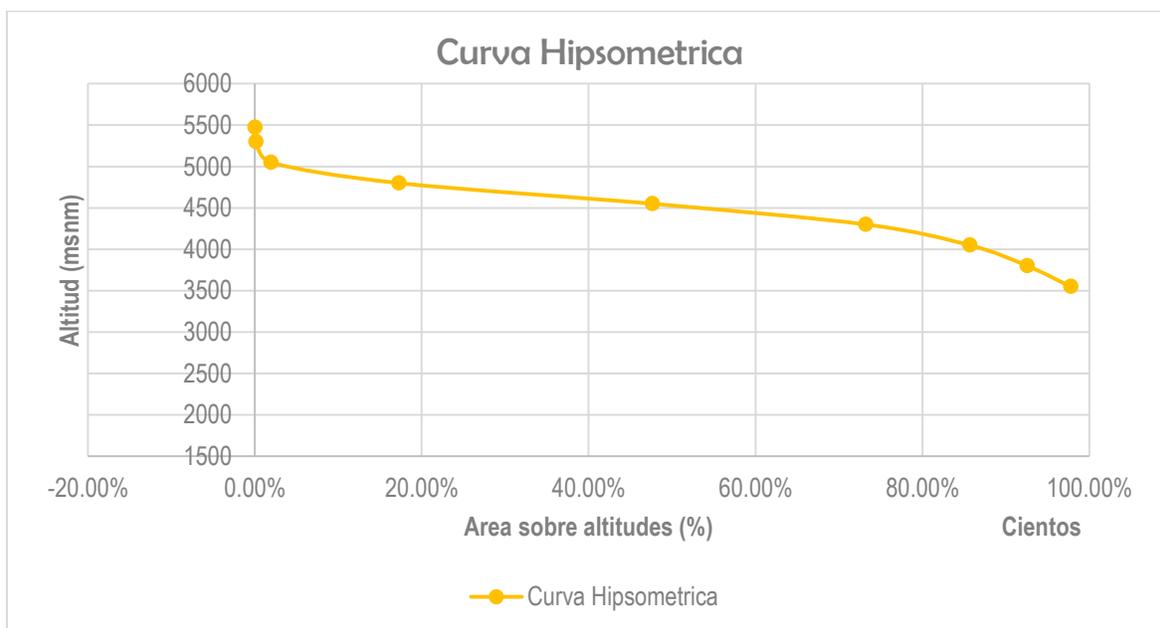
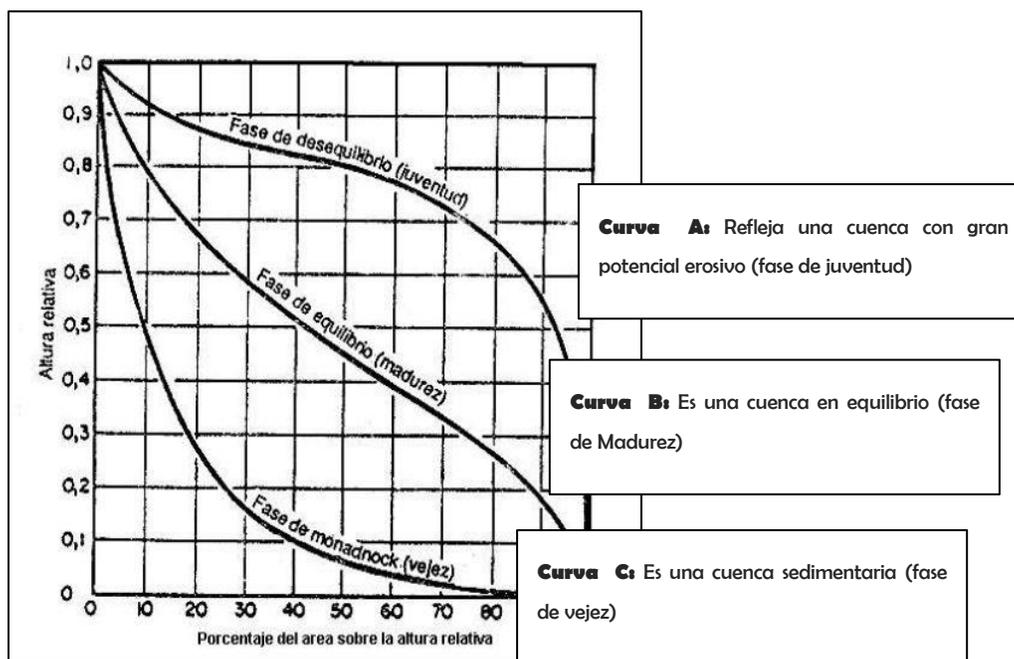


Figura 3. 3. Tipo de río según curva hipsométrica



Fuente. Caracterización morfométrica de la cuenca Alta del río Sauce Grande, Buenos Aires Argentina, según Strahler (1952)

De acuerdo a la imagen mostrada y los resultados obtenidos del grafico se puede decir que la Microcuenca Chillihuani corresponde a un río en fase de equilibrio (Fase de juventud).

### 3.5.6.3. Mediana de la Altitud

La mediana de la altitud se obtiene a partir de la curva hipsométrica, se obtiene la elevación media equivalente al 50% del área total de la Microcuenca Chillihuani, donde el eje "X" se aplicará en porcentajes.

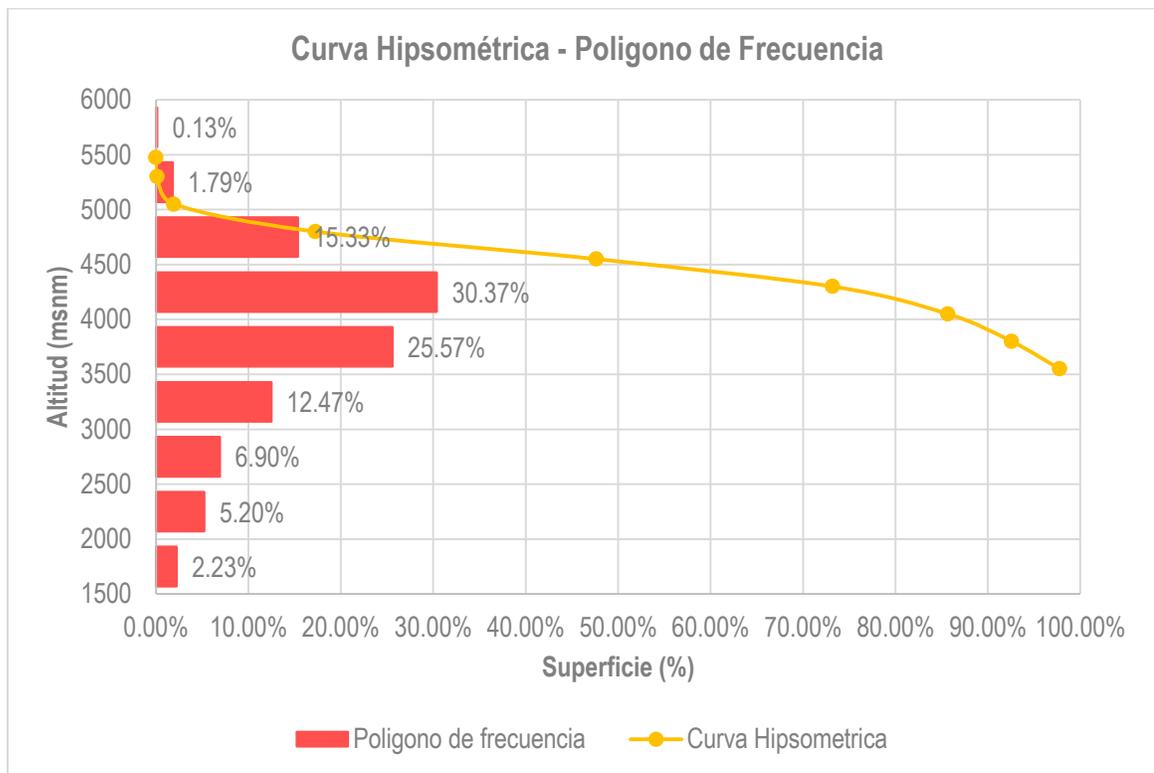
La mediana de la altitud según el grafico N° es de 4500 msnm.

### 3.5.6.4. Polígono de Frecuencia de Altitudes

Es un complemento de la Curva hipsométrica, nos permite determinar las altitudes más frecuentes en la Microcuenca Chillihuani a través del porcentaje más alto del diagrama.

La altitud más frecuente esta entre los 4550 y los 4800, que ocupa el 30.37% de la superficie total de la Microcuenca.

**Gráfico 3 - 3. Curva hipsométrica - Polígono de frecuencias**



### 3.5.7. Declividad de Alveos

Una elevada pendiente de los cauces, trae como consecuencia mayor celeridad del escurrimiento del agua en el mismo cauce.

#### 3.5.7.1. Pendiente media del rio (S)

Es un parámetro que determina la declividad de una corriente de agua entre dos puntos extremos. La velocidad de la escorrentía superficial del curso de agua depende de la pendiente de los cauces fluviales.

Existen varios criterios para calcular este parámetro. Taylor y Schwarz recomiendan utilizar la siguiente ecuación en caso de que los tramos sean de diferentes longitudes:

$$s = \left[ \frac{n}{\frac{1}{\sqrt{S_1}} + \frac{1}{\sqrt{S_2}} + \dots + \frac{1}{\sqrt{S_n}}} \right]^2$$

**Tabla 3. 10.** Cuadro para el cálculo de la pendiente media del cauce principal

Min	Tramos	Longitud Li	Desnivel H	S (m/m)	Li/Raíz (S)
3317	0.00	0	0	0	0
3550	0.25	245.8	233	0.948	252.5
3800	3.62	3369.6	250	0.074	12370.7
4050	7.23	3615.4	250	0.069	13748.9
4300	10.85	3615.4	250	0.069	13748.9
4550	14.46	3615.4	250	0.069	13748.9
4800	18.08	3615.4	250	0.069	13748.9
5050	21.69	3615.4	250	0.069	13748.9
5300	25.31	3615.4	250	0.069	13748.9
5475	28.92	3615.4	175	0.048	16433.1
Sumatoria		28923.40	Sumatoria		111549.9
<b>S = 6.72%</b>					

Valores referentes se presentan a continuación:

**Tabla 3. 11.** Valores de la pendiente media del cauce principal según Ibal.

Rangos	Descripción
1 a 5	Suave
6 a 11	Moderado
12 a 17	Fuerte

Fuente: IBAL, 2009

La pendiente media del cauce principal es 6.72%, según los valores referentes de la tabla N° se considera una *pendiente moderada*.

### 3.5.8. Declividad de Terrenos

#### 3.5.8.1. Pendiente media de la Microcuenca

La pendiente de una cuenca tiene relación con la infiltración, humedad, escurrimiento. Es un factor físico que controla el tiempo del flujo sobre el terreno.

A medida que se incrementa la pendiente media, la capacidad de arrastre de sedimentos y la velocidad del caudal se incrementarán también.

En la siguiente tabla se presenta la topografía adoptada por una cuenca según rangos aproximados de la pendiente media.

**Tabla 3. 12.** Orden de Magnitud de Relieve por Pendiente

Rangos	Descripción
0 a 2	Llano
2 a 5	Suave
5 a 10	Accidentado medio
10 a 15	Accidentado
15 a 25	Fuertemente accidentado
25 a 50	Escarpado
>50	Muy escarpado

Fuente: Estudio de identificación de acuíferos en la microcuenca Huaccoto (IMA).

**Tabla 3. 13.** Cuadro para el cálculo de la pendiente media de la Microcuenca Chillihuani

PENDIENTE DE LA CUENCA				
Pendientes		Promedio (A)	Ocurrencia (B)	A * B
Min	Max			
0	10	5	620888	3104440
10	20	15	362370	5435550
20	30	25	52442	1311050
30	40	35	8426	294910
40	50	45	2123	95535
50	60	55	654	35970
60	70	65	208	13520
70	80	75	73	5475
80	90	85	13	1105
90	100	95	2	190
Total			1047199	10297745
Pendiente promedio de la Cuenca				9.833608512

De acuerdo a la tabla N°3-13, la Microcuenca Chillihuani presenta un *relieve accidentado*.

### 3.5.9. Resumen de Parámetros Geomorfológicos

**Tabla 3. 14.** Resumen de parámetros Geomorfológicos

PARÁMETROS	SIMBOLOGIA	UNIDAD	VALOR
<b>ELEMENTOS SUPERFICIE</b>			
Área	A	Km <sup>2</sup>	163.62
Perímetro	P	Km	72.77
Longitud Axial	L	Km	22.27
Ancho Promedio	B	Km	7.35
<b>ELEMENTOS FORMA</b>			
Factor Forma	Ff		0.54
Coefficiente de Compacidad	Kc		1.59
<b>ELEMENTOS DE RELIEVE</b>			
Altitud media	Hm	m.s.n.m.	4465
Mediana de la Altitud	Ma	m.s.n.m.	4500
Polígono de Frecuencias		m.s.n.m.	4550-4800
<b>DECLIVIDAD DE ALVEOS</b>			
Pendiente media del cauce		%	6.72
<b>DECLIVIDAD DE TERRENOS</b>			
Pendiente Media Cuenca	Pmc	%	9.83

## 3.6. PARÁMETROS HIDROMETEOROLÓGICOS

### 3.6.1. Forma de Drenaje

El drenaje de la Microcuenca Chillihuani es

### 3.6.2. Grado de Ramificación

O número de orden de ríos, es una clasificación en donde se considera el número de bifurcaciones que tienen sus tributarios, asignándole un orden a cada uno de ellos en forma creciente desde su nacimiento hasta la desembocadura.

Existen varios métodos para clasificar, se optó por el de Strahler, que se fundamenta en el siguiente criterio: Se asigna corriente de 1° orden a todos los cursos sin afluentes, es la corriente más pequeña y fuerte. La confluencia de dos cursos de 1° orden, creará un curso de 2° orden, la confluencia de dos cursos de 2° orden creará un curso de 3° orden, y así sucesivamente.

Tabla 3. 15. Orden de drenajes

Orden	Cantidad	Longitud (km)
1	285	148.93
2	72	64.65
3	15	26.04
4	5	10.01
5	1	21.42

### 3.6.3. *Numero de orden del Cauce Principal*

El número de orden del cauce principal es de 4° orden, con una longitud de 21.42 km.

### 3.6.4. *Densidad de drenaje*

Nos permite tener un mejor conocimiento de la complejidad y desarrollo del sistema de drenaje de la microcuenca, a mayor densidad mayor estructuración de la red fluvial, como también mayor potencial de erosión.

Se calcula dividiendo la longitud total de las corrientes de agua por el área total de la microcuenca que los contiene. La densidad de drenaje varía inversamente con la extensión de la microcuenca. Las mayores densidades de drenaje se encuentran en zonas con escasa cobertura vegetal y rocas blandas de baja permeabilidad.

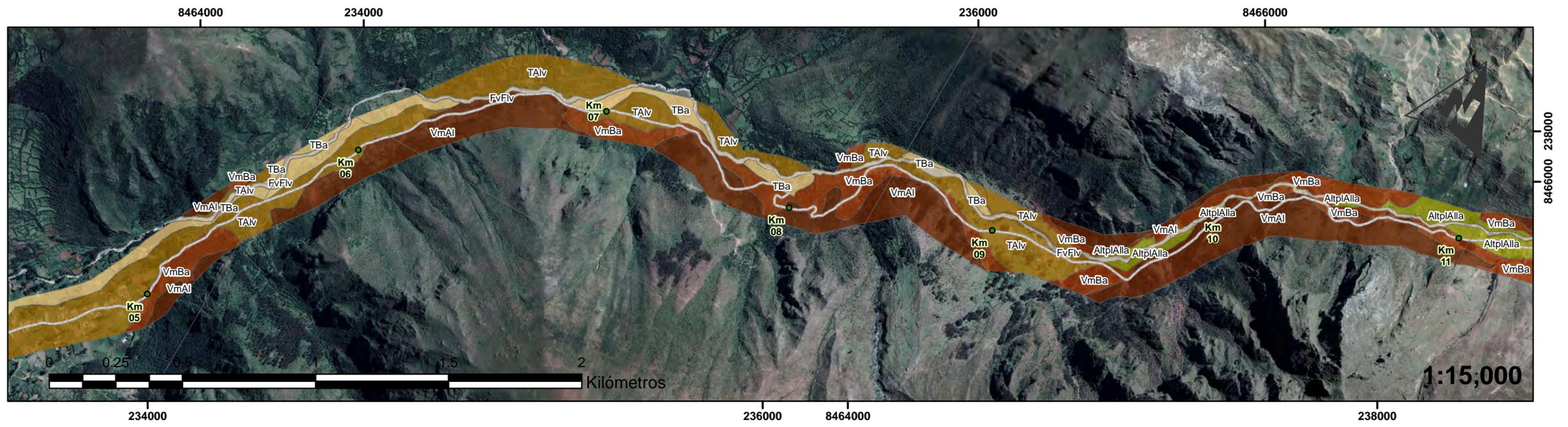
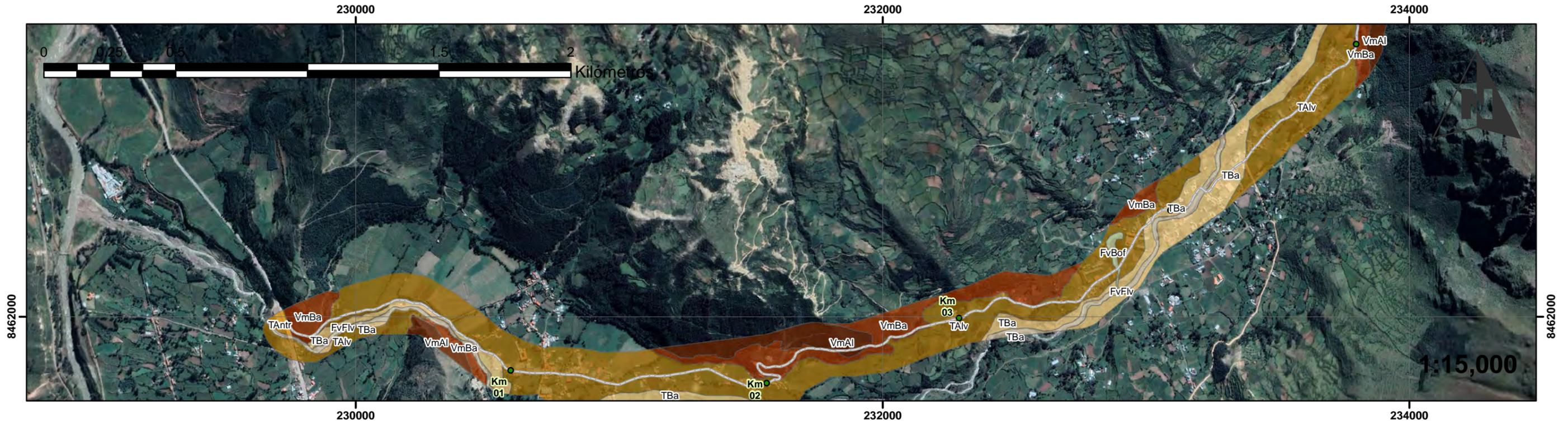
$$D_d = \frac{L_r}{A}$$

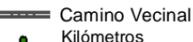
La densidad de drenaje de la Microcuenca Chillihuani es 1.66 km/km<sup>2</sup>

### 3.6.5. *Orientación de la Microcuenca*

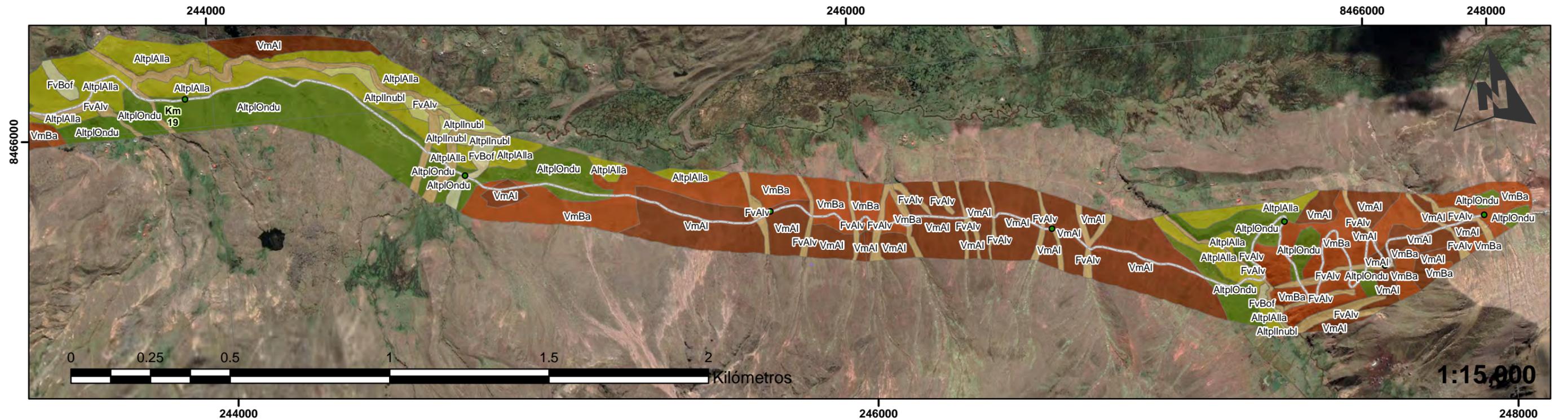
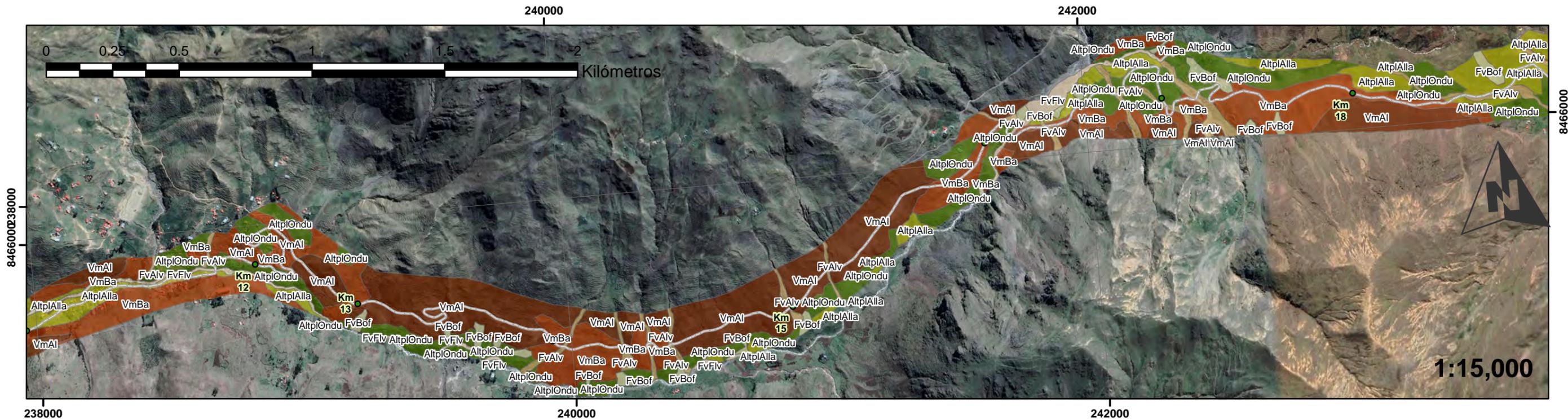
La Microcuenca Chillihuani tiene una orientación NE-SW

# MAPA GEOMORFOLÓGICO LOCAL DEL CAMINO VECINAL TRAMO CUSIPATA-CHILLIHUANI-LLACTO-CERRO SIETE COLORES



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO  FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALÚRGICA  ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA	TÍTULO: "ESTUDIO GEOTÉCNICO Y GEODINÁMICO PARA LA SEGURIDAD FÍSICA DEL CAMINO VECINAL TRAMO CUSIPATA - CHILLIHUANI - LLACTO - CERRO SIETE COLORES DEL DISTRITO DE CUSIPATA, PROVINCIA QUISPICANCHI, DEPARTAMENTO DE CUSCO"	UBICACIÓN DEPARTAMENTO: Cusco PROVINCIA: Quispicanchi DISTRITO: Cusipata	SIMBOLOGÍA  Camino Vecinal  Kilómetros	LEYENDA <table border="1"> <thead> <tr> <th>COLOR SIMB</th> <th>DESCRIPCIÓN</th> <th>COLOR SIMB</th> <th>DESCRIPCIÓN</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td>AltpInubl Altiplanicie Inundable</td> <td></td> <td>TBa Terraza Baja</td> </tr> <tr> <td></td> <td>AltpIAlla Altiplanicie Allanada</td> <td></td> <td>TAntr Terraza Antrópica</td> </tr> <tr> <td></td> <td>AltpOndu Altiplanicie Ondulada</td> <td></td> <td>TALv Terraza Aluvial</td> </tr> <tr> <td></td> <td>FvFlv Fondo de Valle Fluvial</td> <td></td> <td>VmBa Vertiente de Montaña Baja</td> </tr> <tr> <td></td> <td>FvBof Fondo de Valle Bofedal</td> <td></td> <td>VmAl Vertiente de Montaña Alta</td> </tr> <tr> <td></td> <td>FvAlv Fondo de Valle Aluvial</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	COLOR SIMB	DESCRIPCIÓN	COLOR SIMB	DESCRIPCIÓN		AltpInubl Altiplanicie Inundable		TBa Terraza Baja		AltpIAlla Altiplanicie Allanada		TAntr Terraza Antrópica		AltpOndu Altiplanicie Ondulada		TALv Terraza Aluvial		FvFlv Fondo de Valle Fluvial		VmBa Vertiente de Montaña Baja		FvBof Fondo de Valle Bofedal		VmAl Vertiente de Montaña Alta		FvAlv Fondo de Valle Aluvial			ASESOR: Mgt. Henry Jorge Cuenca Sánchez  ELABORADO POR: Bach. Aslla Champi Rosa Bach. Mamani Condori Estefanny  FECHA: Abril-Mayo 2021	Mapa N°:  <b>M - 08</b>
	COLOR SIMB	DESCRIPCIÓN	COLOR SIMB	DESCRIPCIÓN																														
		AltpInubl Altiplanicie Inundable		TBa Terraza Baja																														
		AltpIAlla Altiplanicie Allanada		TAntr Terraza Antrópica																														
	AltpOndu Altiplanicie Ondulada		TALv Terraza Aluvial																															
	FvFlv Fondo de Valle Fluvial		VmBa Vertiente de Montaña Baja																															
	FvBof Fondo de Valle Bofedal		VmAl Vertiente de Montaña Alta																															
	FvAlv Fondo de Valle Aluvial																																	
	MAPA: <b>"MAPA GEOMORFOLÓGICO LOCAL I"</b>	ESCALA: Indicada																																

# MAPA GEOMORFOLÓGICO LOCAL DEL CAMINO VECINAL TRAMO CUSIPATA-CHILLIHUANI-LLACTO-CERRO SIETE COLORES



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO  FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALÚRGICA  ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA	TÍTULO: "ESTUDIO GEOTÉCNICO Y GEODINÁMICO PARA LA SEGURIDAD FÍSICA DEL CAMINO VECINAL TRAMO CUSIPATA - CHILLIHUANI - LLACTO - CERRO SIETE COLORES DEL DISTRITO DE CUSIPATA, PROVINCIA QUISPICANCHI, DEPARTAMENTO DE CUSCO"	UBICACIÓN DEPARTAMENTO: Cusco PROVINCIA: Quispicanchi DISTRITO: Cusipata	SIMBOLOGÍA Camino Vecinal Kilómetros	LEYENDA		ASESOR: Mgt. Henry Jorge Cuenca Sánchez	Mapa N°:																										
	MAPA: "MAPA GEOMORFOLÓGICO LOCAL II"	ESCALA: Indicada	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COLOR SIMB</th> <th>DESCRIPCIÓN</th> <th>COLOR SIMB</th> <th>DESCRIPCIÓN</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td>AltpInubl Altiplanicie Inundable</td> <td></td> <td>TBa Terraza Baja</td> </tr> <tr> <td></td> <td>AltpiAlla Altiplanicie Allanada</td> <td></td> <td>TAntr Terraza Antrópica</td> </tr> <tr> <td></td> <td>AltpiOndu Altiplanicie Ondulada</td> <td></td> <td>TAlv Terraza Aluvial</td> </tr> <tr> <td></td> <td>FvFiv Fondo de Valle Fluvial</td> <td></td> <td>VmBa Vertiente de Montaña Baja</td> </tr> <tr> <td></td> <td>FvBof Fondo de Valle Bofedal</td> <td></td> <td>VmAl Vertiente de Montaña Alta</td> </tr> <tr> <td></td> <td>FvAlv Fondo de Valle Aluvial</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	COLOR SIMB	DESCRIPCIÓN	COLOR SIMB	DESCRIPCIÓN		AltpInubl Altiplanicie Inundable		TBa Terraza Baja		AltpiAlla Altiplanicie Allanada		TAntr Terraza Antrópica		AltpiOndu Altiplanicie Ondulada		TAlv Terraza Aluvial		FvFiv Fondo de Valle Fluvial		VmBa Vertiente de Montaña Baja		FvBof Fondo de Valle Bofedal		VmAl Vertiente de Montaña Alta		FvAlv Fondo de Valle Aluvial			ELABORADO POR: Bach. Aslla Champi Rosa Bach. Mamani Condori Estefanny	M - 09
	COLOR SIMB	DESCRIPCIÓN	COLOR SIMB	DESCRIPCIÓN																													
		AltpInubl Altiplanicie Inundable		TBa Terraza Baja																													
	AltpiAlla Altiplanicie Allanada		TAntr Terraza Antrópica																														
	AltpiOndu Altiplanicie Ondulada		TAlv Terraza Aluvial																														
	FvFiv Fondo de Valle Fluvial		VmBa Vertiente de Montaña Baja																														
	FvBof Fondo de Valle Bofedal		VmAl Vertiente de Montaña Alta																														
	FvAlv Fondo de Valle Aluvial																																
					FECHA: Abril-Mayo 2021																												

## CAPITULO IV GEOLOGIA

### 4.1. GENERALIDADES

En este capítulo se describe la litología de los afloramientos y depósitos que se encuentran atravesando el área de estudio.

Desde el punto de vista conceptual la Geología estudia la composición física de la tierra, la estructura interna y externa de la misma, como también lo procesos que han permitido su evolución desde su formación hasta la actualidad.

### 4.2. GEOLOGIA REGIONAL

Regionalmente la zona de estudio se encuentra ubicada en la carta geológica 28-t, cuadrante III. Las unidades litoestratigráficas que se han reconocido van del Paleozoico inferior al Cuaternario.

Figura 4. 1 Cuadro de la estratigrafía del cuadrángulo de Ocongata hojas 28t1, 28t2, 28t3 y 28t4.

ERATEMA	SISTEMA	SERIE	UNIDAD LITOESTRATIGRÁFICA	ESPESOR (m)	DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA
CENOZOICO	PALEO-CUATERNARIO	HOLOCENO	Dep. Biogénicos		Bofedal con limos y materia orgánica.
			Dep. Coluvial		Clastos angulosos y subangulosos, poco consolidados y limos.
		PLEISTOCENO	Dep. Aluvial		Gravas y arenas en matriz arenolimosa.
			Dep. Fluvial		Depósitos formados por la erosión de morrenas.
			Dep. Glaciar		Bloques angulosos a subangulosos de variado tamaño.
MIOCENO	Formación Quenamari	300	Tubas de cristales, blanquecinas, poco consolidada.		
OLIGOCENO EOCENO	Grupo Puno	500	Conglomerados porfíricos, intercalada por estratos (<1.50m) de areniscas blancas y rojizas de grano medio.		
	Formación Auzangate	300	Limoarcillitas, lodolitas rojas intercaladas en estratos medianos a gruesos con laminación paralela.		
MESOZOICO	CRETÁCICO	SUPERIOR	Formación Vilquechico	700	Intercalación de estratos (<2.00m) (<1.50m) de areniscas cuarzosas con limoarcillitas, lodolitas, lutitas abigarradas y calizas.
			Formación Avabacas	50	Calizas micríticas y bioclásticas replegadas con intercalaciones de areniscas y calcarenitas.
		INFERIOR	Formación Viluyo	80	Intercalación de estratos delgados (<0.50m) de areniscas finas.
			Formación Huancane	250	Cuarzoarenitas blancas a rojizas con estratificación sesgada y oblicua.
			Formación Muni	100	Conglomerados, microconglomerados y areniscas rojas de estratos medianos delgados de grano fino, intercalados con limoarcillitas y lodolitas de coloración marrón rojiza.
PALEOZOICO	PERMICO	LOPINGIANO	Grupo Mitu	800	Adlomerados volcánicos y lavas andesíticas y dacíticas, color violáceo.
			Grupo Copacabana	300	Areniscas arcólicas rojizas, estratos medianos (<2.00m).
			Formación Ccatca	300	Conglomerados porfíricos, violáceos.
	DEVÓNICO		Grupo Cabanillas	800	Calizas bioclásticas, micríticas y areniscas en estratos delgados a gruesos.
				800	Intercalación de areniscas y lutitas micáceas en estratos medianos a delgados, con slumps de areniscas, diamictitas y bioturbación.
	SILURICO		Formación Ananea	900	Intercalaciones de pizarras negras y filitas con niveles de metapelitas micáceas y bioturbación de cuarzos.
				900	Pizarras negras y filitas negras, presencia esporádica de metapelitas micáceas.
900				Intercalación de estratos delgados (<0.50m) de areniscas finas y limoarcillitas rojizas.	
ORDOVICICO		SUPERIOR	Formación Sandia	900	Cuarzitas, metasareniscas y lutitas en estratos delgados a gruesos con estratificación sesgada, estructura de ripple marks y laminaciones paralelas.
			900	900	
		MEDIO	Grupo San José	900	Pizarras grises esquistosas con contenido de pirita e intercaladas con niveles de limolitas gris oscura y lutitas marrones y bituminosas.
900	900				

Fuente. INGEMMET, 2022.

#### **4.2.1. PALEOZOICO-SILÚRICO**

##### **4.2.1.1. Formación Ananea (SD-a)**

Litológicamente consiste de una secuencia monótona de pizarras y pizarras limolíticas grises, por meteorización se han tornado pardo verdosas, sin estratificación visible, a menudo micáceas, que se intercalan en forma esporádica con cuarciarenitas en estratos delgados lenticulares. Esta unidad se encuentra muy replegada.

#### **4.2.2. PALEOZOICO-DEVÓNICO**

##### **4.2.2.1. Grupo Cabanillas**

Corresponde a la formación Ccatcca descrita por MENDIVIL, S. 1978).

La litología de unidad consiste de una intercalación de areniscas y lutitas micáceas en estratos medianos a delgados, con presencia de hummoky cross stratification y de estructuras cone y cone. Otra característica de esta unidad es la presencia de diamictitas, clastos intraformacionales y slump de dimensiones centimétricas hasta métricas.

Otra característica de esta unidad es la presencia de diamictitas, clastos intraformacionales y slump de dimensiones centimétricas hasta métricas.

Foto 4. 1. Afloramiento de la Fm. Ananea en el cerro Machujatahui,



Fuente. Cuadrángulo 28t, 2022.

#### **4.2.3. PALEOZOICO-PÉRMICO INFERIOR**

##### **4.2.3.1. Grupo Tarma-Copacabana**

Esta unidad puede ser dividida en dos secuencias, una detrítica y otra. La base detrítica (10 - 30 m) está constituida por areniscas y la secuencia calcárea (50 - 100 m) presenta calizas. El grosor

de este grupo varía entre 500 y 1000 m. Newell et al. (1949) describen en el Grupo Tarma de edad Pensilvaniano medio - superior. Igualmente en el Grupo Copacabana los restos fósiles indica la parte basal del Wolfcampiano o Sakmariano.

#### **4.2.4. PÉRMICO SUPERIOR-TRIÁSICO INFERIOR**

##### **4.2.4.1. Grupo Mitu (Pst-mi)**

Litológicamente consiste de lavas y brechas de naturaleza andesítica. En este sector, la secuencia volcánica con anterioridad dentro de Paleozoico inferior indiferenciado.

Secuencias detríticas del Grupo Mitu se han reconocido en el extremo sur de la hoja, en los alrededores de la localidad de Cure.

**Foto 4. 2.** Afloramiento del grupo Mitu, vista al sur-oeste



#### **4.2.5. DEPÓSITOS CUATERNARIOS A NIVEL REGIONAL**

##### **4.2.5.1. Depósitos Glaciares**

Bloques angulosos a sub-angulosos de rocas sedimentarias englobadas en una matriz arenolimsa.

##### **4.2.5.2. Depósitos Fluviales**

Depósitos formados por la erosión calcárea de morrenas, están compuestas por gravas, arenas y limos.

##### **4.2.5.3. Depósitos Aluviales**

Gravas y arenas en matriz arenolimsa

# MAPA GEOLÓGICO REGIONAL DEL CAMINO VECINAL TRAMO CUSIPATA-CHILLIHUANI-LLACTO-CERRO SIETE COLORES

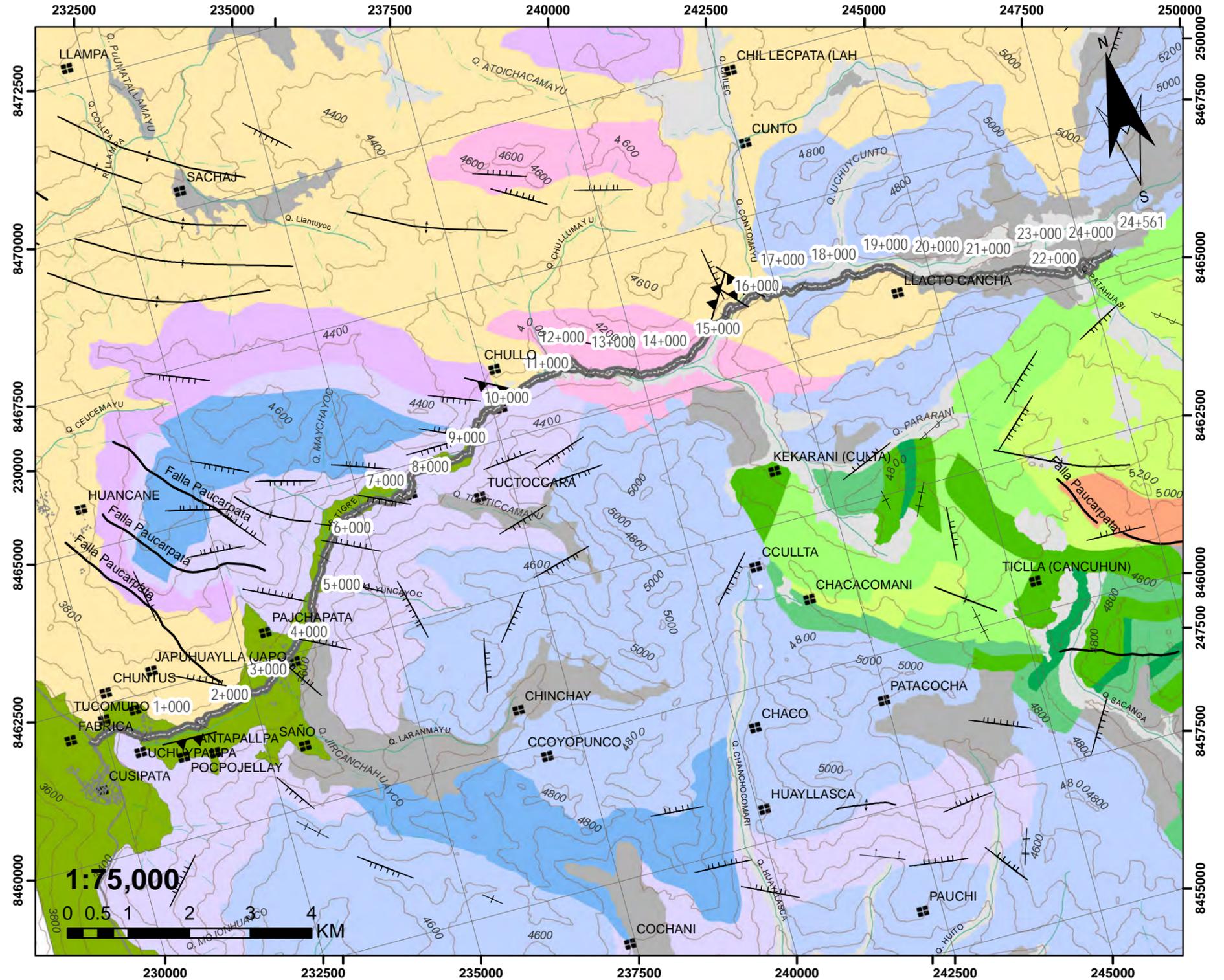
Columna Estratigráfica Regional de Cuadrángulo de Ocongate y Sicuani (28-t)

UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS			
ERA/ETAPA	SISTEMA	SERIE	ESPESOR (m)
CENOZOICA	CUATERNARIO	Qh-bi	Depósito biogénico
		Qh-d	Depósito coluvial
		Qh-al	Depósito aluvial
		Qh-fl	Depósito fluvial
		Qh-gi	Depósito fluvio-glaciar
		Qp-gi	Depósito glaciar
MESOZOICA	CRETÁCICO	P-pu	Grupo Puno
		KsP-a	Formación Auzangate
		Ks-vi	Formación Vilquechico
		Ks-ayb	Formación Ayabacas
		Ks-vi	Formación Viluyo
PALEOZOICA	PERMIICO	Ki-hua	Formación Huancané
		Jaki-m	Formación Muni
		PET-m	Miembro superior
		PET-m/v	Miembro inferior
		PET-m/sed	Grupo Copacabana
PALEOZOICA	DEVÓNICO	CpPEC-t/c	Tarma-Copacabana
		Ds-c	Formación Caticas
		D-c	Miembro Superior
PALEOZOICA	SILURIICO	SD-a	Formación Ananea

ROCAS INTRUSIVAS Y VOLCÁNICAS			
ERA/ETAPA	SISTEMA	SERIE	UNIDAD
CENOZOICA	PLEISTOCENO	PN-ya/and	Andesita

Cuadrángulo de Ocongate y Sicuani (28-t)

Calca 27s	Chontachaca 27t	Quincemil 27u
Cusco 28s	Ocongate 28t	Corani 28u
Livitaca 29s	Sicuani 29t	Niñoa 29u



<p>UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALÚRGICA</p> <p>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA</p>	<p>TÍTULO: "ESTUDIO GEOTÉCNICO Y GEODINÁMICO PARA LA SEGURIDAD FÍSICA DEL CAMINO VECINAL TRAMO CUSIPATA - CHILLIHUANI - LLACTO - CERRO SIETE COLORES DEL DISTRITO DE CUSIPATA, PROVINCIA QUISPICANCHI, DEPARTAMENTO DE CUSCO"</p> <p>MAPA: "MAPA GEOLÓGICO REGIONAL"</p>	<p>UBICACIÓN</p> <p>DEPARTAMENTO: Cusco</p> <p>PROVINCIA: Quispicanchi</p> <p>DISTRITO: Cusipata</p> <p>ESCALA: Indicada</p>	<p>SIMBOLOGÍA</p> <p>Camino vecinal</p> <p>Progresivas</p> <p>Curvas</p> <p>Quebradas</p> <p>Centros Poblados</p> <p>Rios</p>	<p>ASESOR: Mgt. Henry Jorge Cuenca Sánchez</p> <p>ELABORADO POR: Bach. Aslla Champi Rosa Bach. Mamani Condori Estefanny</p> <p>FECHA: Abril-Mayo 2021</p>	<p>Mapa N°: M - 06</p>
---	--	--	---	---	----------------------------

### 4.3. GEOLOGIA LOCAL

En una escala local se puede apreciar las siguientes unidades litoestratigráficas que datan desde el representado por la formación Ananea hasta el Cuaternario:

**Tabla 4. 1.** Unidades litoestratigráficas locales, a lo largo del camino vecinal

Unidad Estratigráfica	Simbología	Área	
		(Km2)	%
Formación Ananea	SD-a	0.1322	2.56
Grupo Cabanillas	D-c	0.173	3.36
Formación Ccatca	Ds-c	0.003	0.06
Grupo Tarma - Copacabana	CpPEc-t,c	0.233	4.52
Grupo Mitu	PET-m,	0.017	0.33
	PET-m/v	0.074	1.44
Formación Vilquechico	Ks-vi	0.011	0.21
Depósitos Cuaternarios			
Depósito de Travertino	Qh-tr	0.0308	0.60
Deposito Glaciar	Qh-gl	0.4966	9.63
Deposito Fluvial	Qh-fl	0.1510	2.93
Depósito Aluvial	Qh-al	2.0491	39.75
Depósito Coluvial	Qh-cl	1.3689	26.56
Depósito Biogénico	Q-bi	0.4118	7.99
Depósito Antropogénico	Q-an	0.0031	0.06
<b>TOTAL</b>		<b>5.1546</b>	<b>100.00</b>

#### 4.3.1. Formación Ananea (SD-a)

Litológicamente constituida por pizarra de color roja y gris oscura, se caracterizan por presentar una textura foliada, esquistosidad paralela a la estratificación; esta unidad aflora en el Centro Poblado de Paucarpata, ladera del cerro Puñapata, ubicado a la margen derecha del río Tigre.

**Foto 4. 3.** Afloramiento de la Formación Ananea



#### 4.3.2. Grupo Cabanillas (D-c)

Litológicamente constituida por filitas verdosas y pizarras, esta unidad aflora alrededor del centro poblado de Chillihuani y Chacapampa, en el cerro Quimsa Orjo.

Foto 4. 4. Vista de pizarras del grupo Cabanillas en corte de talud.



#### 4.3.3. Grupo Tarma-Copacabana (CpPEc-t,c)

Litológicamente constituida por areniscas muy finas, esta unidad aflora alrededor del centro poblado de Chillihuani, en la margen derecha del rio Pucamayu.

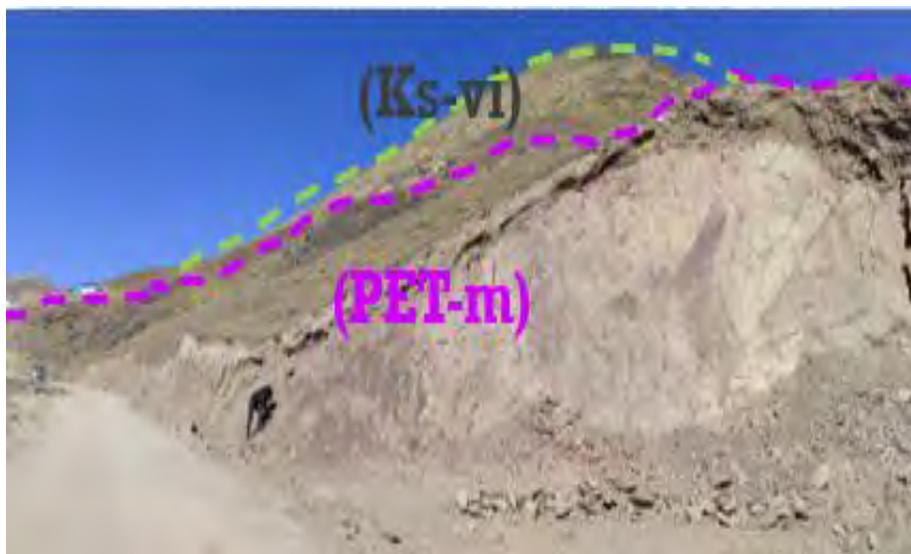
Foto 4. 5. Afloramiento de areniscas alrededor de Chillihuani. Vista de corte de talud



#### 4.3.4. Grupo Mitu (*PET-m*, *PET-m/v*)

Litológicamente constituida por areniscas cuarcíticas y arcósicas; esta unidad aflora extensamente alrededor del centro poblado de Collpa y Nanpulque, quebrada Patahuasi.

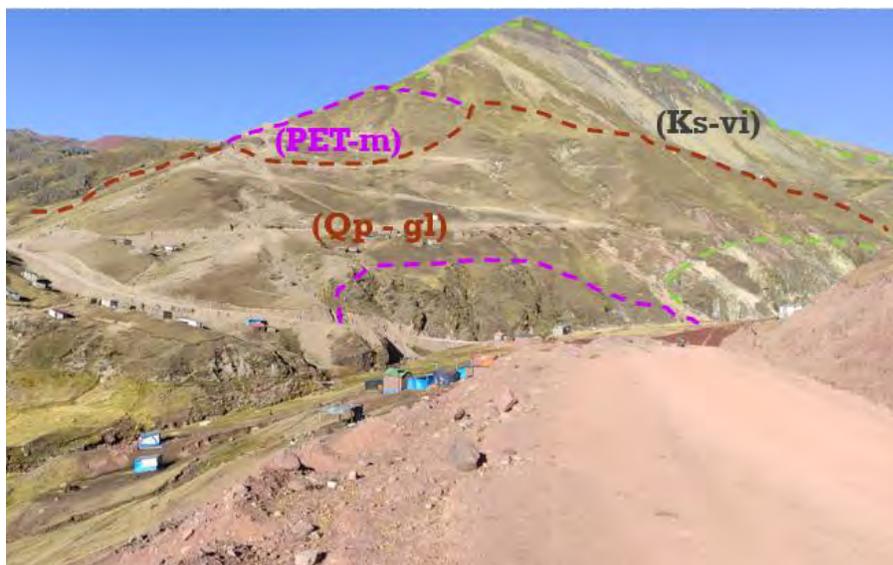
Foto 4. 6. Afloramiento del grupo Mitu en la quebrada en el cerro Juyuni.Patahuasi.



#### 4.3.5. Formación Vilquechico (*Ks-vi*)

Litológicamente constituida por areniscas cuarzosas; esta unidad aflora en la ladera del cerro Juyuni.

Foto 4. 7. Vista de la formación Vilquechico, Gpo. Mitu y depósito glaciar en la quebrada Patahuasi.

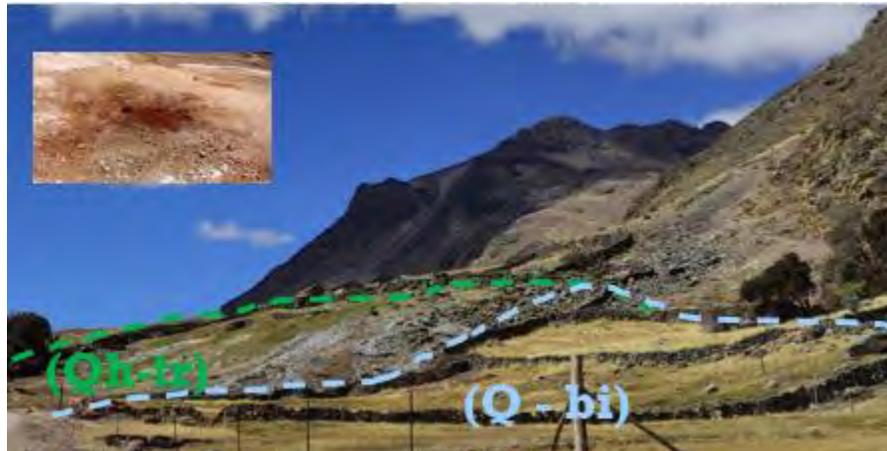


#### 4.3.6. DEPÓSITOS CUATERNARIOS

##### 4.3.6.1. Depósito de Travertino (Qh-tr)

Este tipo de depósito se aprecia en el centro Poblado de Nanpulque.

Foto 4. 8. Vista de los depósitos de travertinos y depósitos biogénicos.



##### 4.3.6.2. Depósito glaciar (Qp-gl)

Los depósitos glaciares están cubiertos por suelo residual y vegetación.

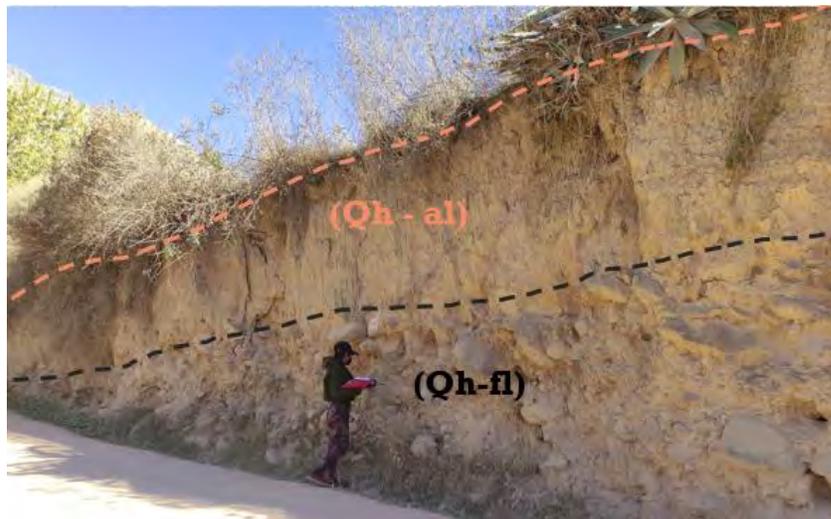
Foto 4. 9. Depósito glaciar



##### 4.3.6.3. Depósito Fluvial (Qh-fl)

Estos depósitos se encuentran en el cauce del río Tigre, se caracteriza por su composición litológica de forma sub-redondeada a redondeada de gravas y arenas.

Foto 4. 10. Depósitos fluviales y aluviales en la Microcuenca del río Chillihuani.



#### 4.3.6.4. Depósito Aluvial (Qh-al)

Depósitos recientes, Están compuestos por fragmentos redondeados a sub-redondeados transportados por la corriente del río Tigre.

Foto 4. 11. Depósitos aluviales en el sector de Chillihuani



#### 4.3.6.5. Depósito Coluvial (Q-cl)

Son depósitos recientes, generados por deslizamientos y derrumbes, están compuestos por bloques heterométricos, de formas angulosas y de naturaleza litológica casi homogénea con matriz limo arenosa, ubicados en la parte baja de las laderas, acumulados principalmente por la gravedad, en

algunos casos forman parte de las laderas del cerro Quimsa Orjo. Material proveniente del grupo cabanillas (pizarras) y grupo mitu (areniscas cuarzosas).

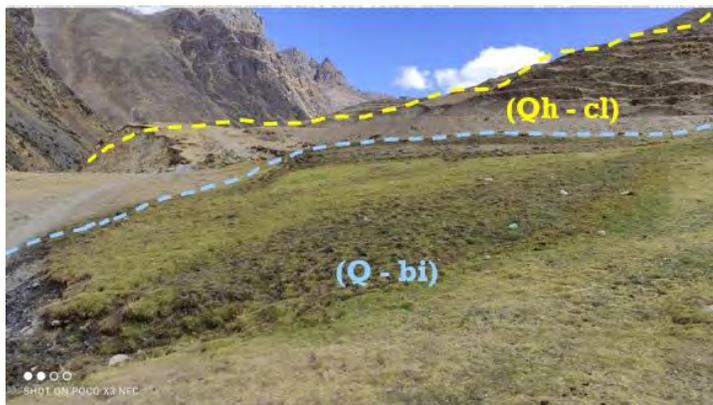
Foto 4. 12. Depósitos coluviales en la ladera del cerro Quimsa Orjo.



#### 4.3.6.6. Depósito Biogénico (Q-bi)

Es el resultado de procesos biológicos lo que genera la formación de materia orgánica, constituido por sedimentos finos de limos y arcillas con materia orgánica.

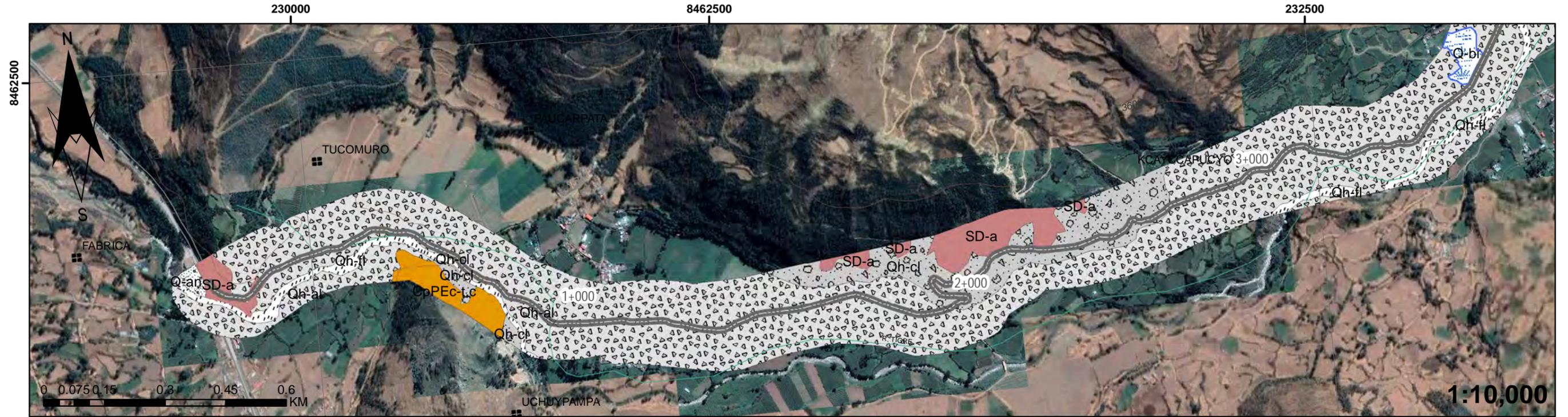
Foto 4. 13. Depósitos coluviales y depósitos biogénicos en la ladera del cerro Quimsa Orjo.

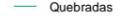
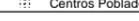
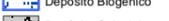
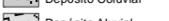
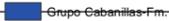


#### 4.3.6.7. Depósito Antropogénico (Q-an)

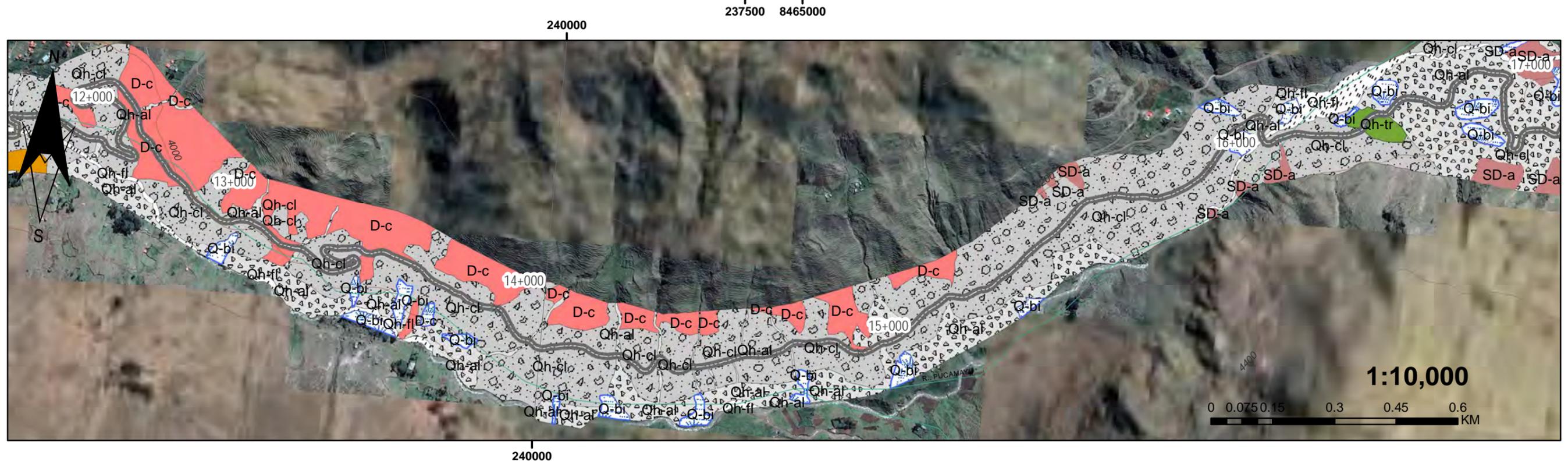
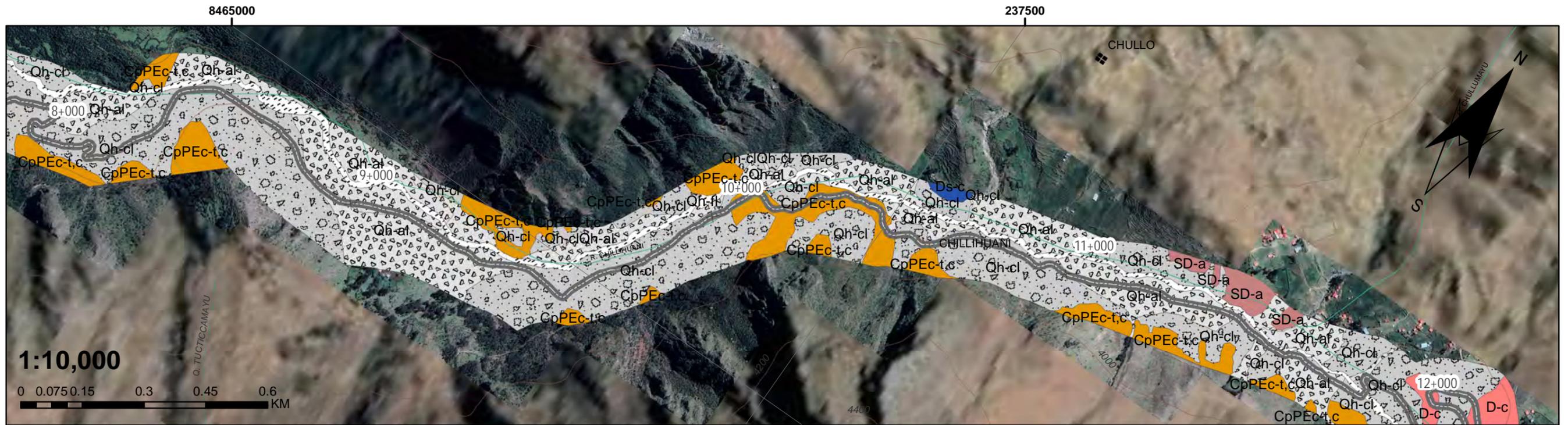
Se localizan en laderas y cauces de las quebradas, producto de la acumulación de materiales provenientes de la actividad humana, compuesto por escombros, desmonte y basura con poca o ninguna compactación. Estos depósitos son susceptibles a ser erosionados, pudiendo generar eventos de movimientos en masa (flujos y deslizamientos) en épocas de lluvias. El material que constituye este depósito es muy heterogéneo.

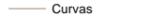
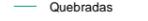
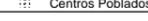
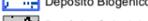
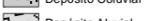
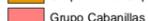
# MAPA GEOLÓGICO LOCAL I DEL CAMINO VECINAL TRAMO CUSIPATA-CHILLIHUANI-LLACTO-CERRO SIETE COLORES



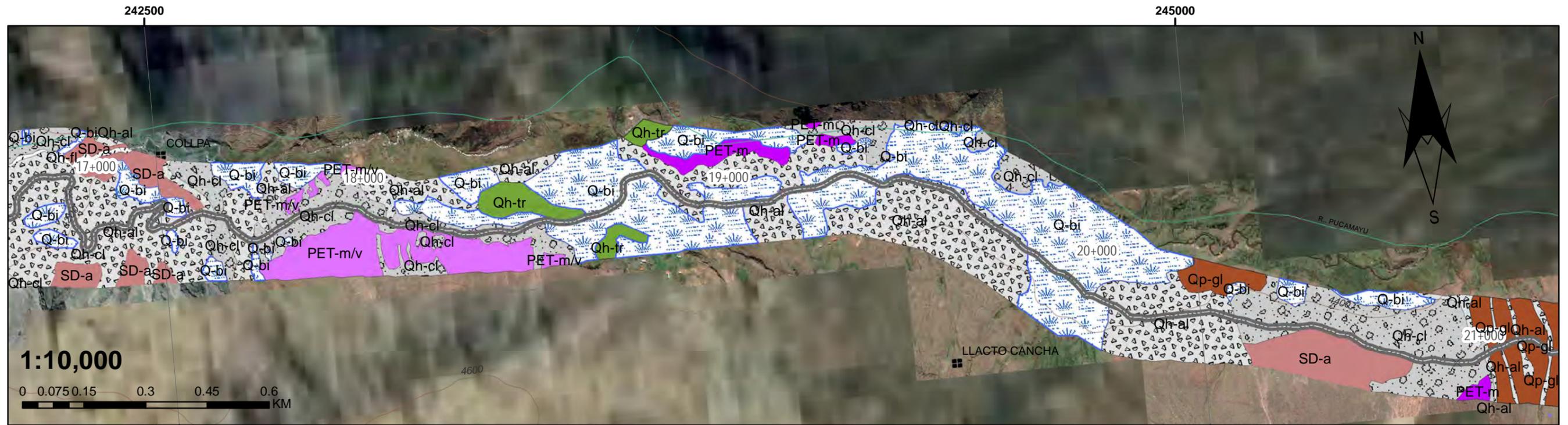
 <p>UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALÚRGICA</p> <p>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA</p>	<p>TÍTULO: "ESTUDIO GEOTÉCNICO Y GEODINÁMICO PARA LA SEGURIDAD FÍSICA DEL CAMINO VECINAL TRAMO CUSIPATA - CHILLIHUANI - LLACTO - CERRO SIETE COLORES DEL DISTRITO DE CUSIPATA, PROVINCIA QUISPICANCHI, DEPARTAMENTO DE CUSCO"</p>	<p>UBICACIÓN</p> <p>DEPARTAMENTO: Cusco</p> <p>PROVINCIA: Quispicanchi</p> <p>DISTRITO: Cusipata</p> <p>ESCALA: Indicada</p>	<p>SIMBOLOGÍA</p> <ul style="list-style-type: none"> <li> Camino vecinal</li> <li> Progresivas</li> <li> Curvas</li> <li> Quebradas</li> <li> Centros Poblados</li> <li> Rios</li> </ul>	<p>SIMBOLOGÍA</p> <ul style="list-style-type: none"> <li> Depósito Antropogénico</li> <li> Depósito Biogénico</li> <li> Depósito Coluvial</li> <li> Depósito Aluvial</li> <li> Depósito Fluvial</li> <li> Depósito Glaciar</li> <li> Depósito Travertino</li> <li> Formación Vilquechico</li> <li> Grupo Mitu</li> <li> Grupo Tarma-Copacabana</li> <li> Grupo Cabanillas</li> <li> Grupo Cabanillas-Fm. Ceatca</li> <li> Formación Ananea</li> </ul>	<p>ASESOR: Mgt. Henry Jorge Cuenca Sánchez</p> <p>ELABORADO POR: Bach. Aslla Champi Rosa Bach. Mamani Condori Estefanny</p> <p>FECHA: Abril-Mayo 2021</p>	<p>Mapa N°:  M - 04</p>
	<p>MAPA:  "MAPA GEOLÓGICO LOCAL I"</p>					

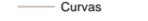
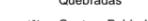
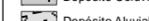
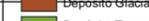
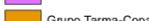
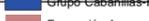
# MAPA GEOLÓGICO LOCAL II DEL CAMINO VECINAL TRAMO CUSIPATA-CHILLIHUANI-LLACTO-CERRO SIETE COLORES



 <p>UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALÚRGICA</p> <p>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA</p>	<p>TÍTULO: "ESTUDIO GEOTÉCNICO Y GEODINÁMICO PARA LA SEGURIDAD FÍSICA DEL CAMINO VECINAL TRAMO CUSIPATA - CHILLIHUANI - LLACTO - CERRO SIETE COLORES DEL DISTRITO DE CUSIPATA, PROVINCIA QUISPICANCHI, DEPARTAMENTO DE CUSCO"</p>	<p>UBICACIÓN</p> <p>DEPARTAMENTO: Cusco</p> <p>PROVINCIA: Quispicanchi</p> <p>DISTRITO: Cusipata</p> <p>ESCALA: Indicada</p>	<p>SIMBOLOGÍA</p> <ul style="list-style-type: none"> <li> Camino vecinal</li> <li> Progressivas</li> <li> Curvas</li> <li> Quebradas</li> <li> Centros Poblados</li> <li> Rios</li> </ul>	<p>SIMBOLOGÍA</p> <ul style="list-style-type: none"> <li> Depósito Antropogénico</li> <li> Depósito Biogénico</li> <li> Depósito Coluvial</li> <li> Depósito Aluvial</li> <li> Depósito Fluvial</li> <li> Depósito Glaciar</li> <li> Depósito Travertino</li> <li> Formación Vilquechico</li> <li> Grupo Mitu</li> <li> Grupo Tarma-Copacabana</li> <li> Grupo Cabanillas</li> <li> Grupo Cabanillas-Fm. Ceatca</li> <li> Formación Ananea</li> </ul>	<p>ASESOR: Mgt. Henry Jorge Cuenca Sánchez</p> <p>ELABORADO POR: Bach. Aslla Champi Rosa Bach. Mamani Condori Estefanny</p> <p>FECHA: Abril-Mayo 2021</p>	<p>Mapa N°:  M - 05</p>
---	---	--	---	--	---	---------------------------------

# MAPA GEOLÓGICO LOCAL III DEL CAMINO VECINAL TRAMO CUSIPATA-CHILLIHUANI-LLACTO-CERRO SIETE COLORES



 <p>UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALÚRGICA</p> <p>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA</p>	<p>TÍTULO: "ESTUDIO GEOTÉCNICO Y GEODINÁMICO PARA LA SEGURIDAD FÍSICA DEL CAMINO VECINAL TRAMO CUSIPATA - CHILLIHUANI - LLACTO - CERRO SIETE COLORES DEL DISTRITO DE CUSIPATA, PROVINCIA QUISPICANCHI, DEPARTAMENTO DE CUSCO"</p>	<p>UBICACIÓN</p> <p>DEPARTAMENTO: Cusco</p> <p>PROVINCIA: Quispicanchi</p> <p>DISTRITO: Cusipata</p> <p>ESCALA: Indicada</p>	<p>SIMBOLOGÍA</p> <ul style="list-style-type: none"> <li> Camino vecinal</li> <li> Progresivas</li> <li> Curvas</li> <li> Quebradas</li> <li> Centros Poblados</li> <li> Rios</li> </ul>	<p>SIMBOLOGÍA</p> <ul style="list-style-type: none"> <li> Depósito Antropogénico</li> <li> Depósito Biogénico</li> <li> Depósito Coluvial</li> <li> Depósito Aluvial</li> <li> Depósito Fluvial</li> <li> Depósito Glaciar</li> <li> Depósito Travertino</li> <li> Formación Vilquechico</li> <li> Grupo Mitu</li> <li> Grupo Tarma-Copacabana</li> <li> Grupo Cabanillas</li> <li> Grupo Cabanillas-Fm. Ceatca</li> <li> Formación Ananea</li> </ul>	<p>ASESOR: Mgt. Henry Jorge Cuenca Sánchez</p> <p>ELABORADO POR: Bach. Aslla Champi Rosa Bach. Mamani Condori Estefanny</p> <p>FECHA: Abril-Mayo 2021</p>	<p>Mapa N°: M - 06</p>
---	---	--	--	--	---	----------------------------

## CAPITULO V GEOLOGIA ESTRUCTURAL

### 5.1. GENERALIDADES

En este capítulo se describe las estructuras geológicas de gran importancia que se encuentran en el área de estudio

Desde el punto de vista conceptual la geología estructural estudia las particularidades de la estructura y desarrollo de la corteza terrestre relacionada con los procesos mecánicos, movimientos y deformaciones que en ella tienen lugar, enseña a comprender en qué condiciones se forman las grietas de uno u otros tipos y cuál es su disposición más probable.

### 5.2. GEOLOGIA ESTRUCTURAL REGIONAL

El área en estudio estructuralmente se encuentra dentro del Altiplano Oriental, que es una de las cinco unidades estructurales que se encuentran en la Cuenca del Rio Urubamba y han sido afectadas en mayor o menor medida por fenómenos tectónicos.

Figura 5. 1. Dominios geológicos regionales de la cuenca Urubamba



Fuente. SNIRH-ANA, 2014.

## 5.2.1. DOMINIOS ESTRUCTURALES

### 5.2.1.1. DOMINIO DE LA CORDILLERA ORIENTAL

La cordillera Oriental es un vasto Anticlinorio andino, de 70 a 200 km de ancho, la estructura de la cordillera oriental tiene en esta zona el rumbo mayoritariamente andino noroeste-sureste.

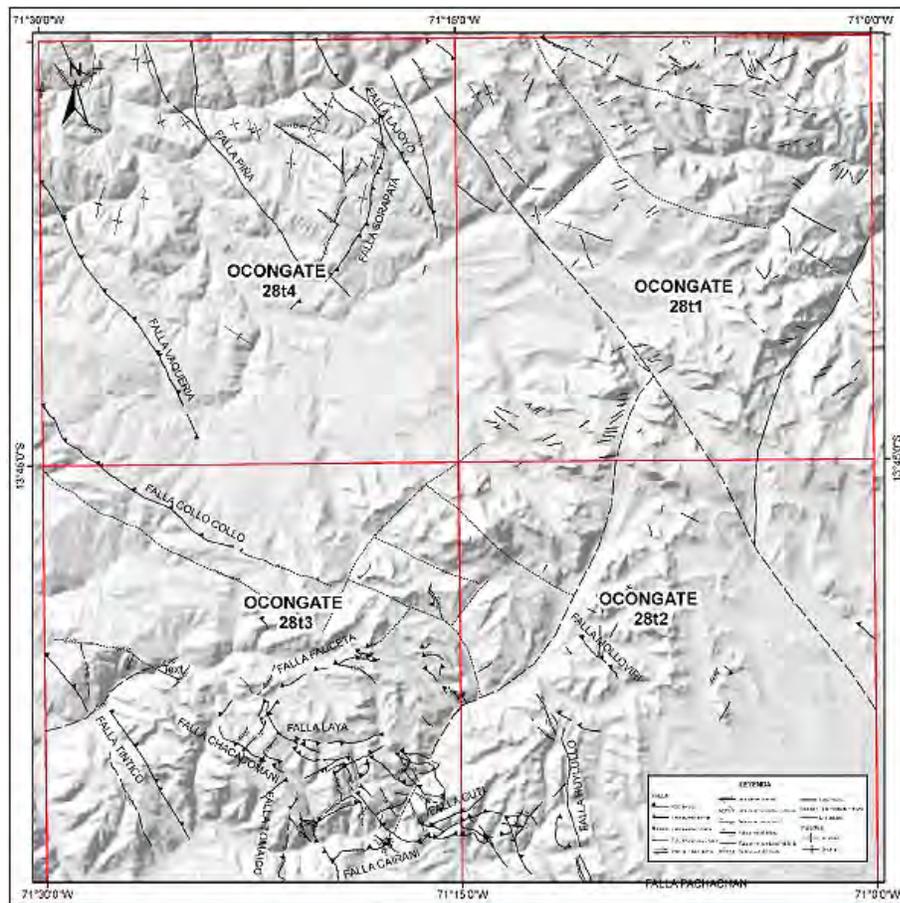
La cordillera Oriental forma el imponente macizo andino de grandes montañas, de hasta 6000 m de altitud, de valles y vertientes interandinos y de altiplanicies.

Este dominio en la sub cuenca del Alto Urubamba se localiza en la mayor parte de su extensión. Afloran principalmente rocas meta-sedimentarias del Paleozoico inferior.

### 5.2.2. ESTRUCTURAS REGIONALES

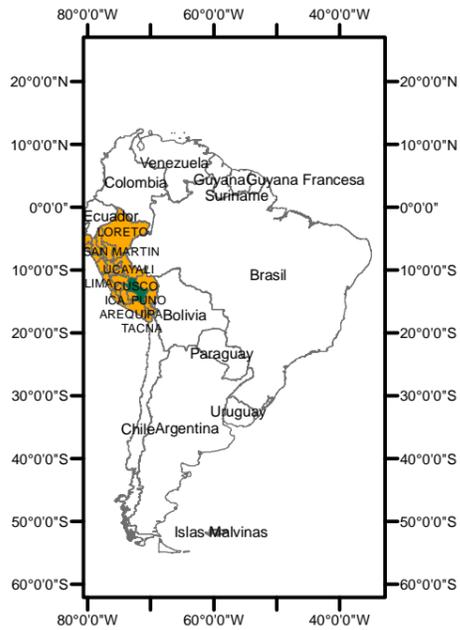
Según el cartografiado geológico regional, se encuentran fallas inversas, dextrales y sinestrales, con orientación variable.

Figura 5. 2. Mapa estructural del cuadrángulo de Ocongate



Fuente. INGEMMET, 2022.

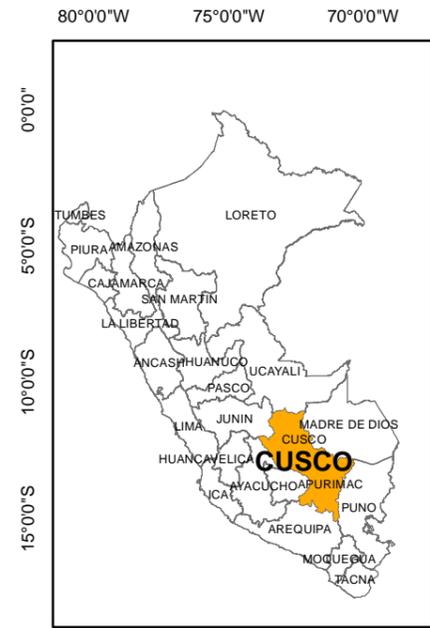
# MAPA ESTRUCTURAL REGIONAL DEL CAMINO VECINAL TRAMO CUSIPATA-CHILLIHUANI-LLACTO-CERRO SIETE COLORES



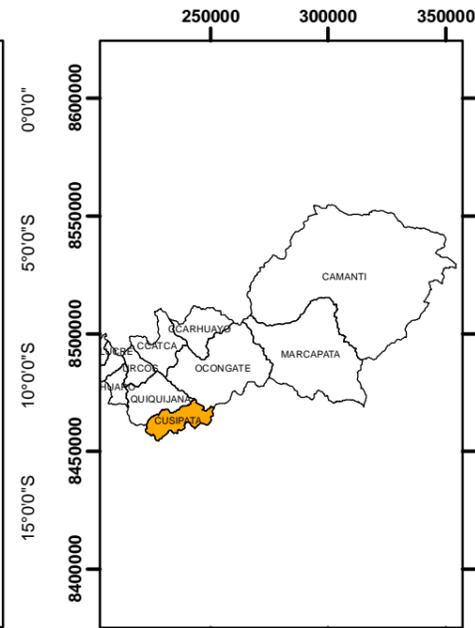
PAISES DE SUDAMERICA



MAPA DE UBICACIÓN REGIONAL



MAPA DE UBICACIÓN PROVINCIAL



MAPA DE UBICACIÓN DISTRITAL



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO  
ABAD DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA,  
MINAS Y METALÚRGICA

ESCUELA PROFESIONAL DE  
INGENIERÍA GEOLÓGICA

TÍTULO:  
"ESTUDIO GEOTÉCNICO Y GEODINÁMICO PARA LA SEGURIDAD FÍSICA DEL CAMINO VECINAL  
TRAMO CUSIPATA - CHILLIHUANI - LLACTO - CERRO SIETE COLORES  
DEL DISTRITO DE CUSIPATA, PROVINCIA QUISPICANCHI, DEPARTAMENTO DE CUSCO"

MAPA:  
"MAPA ESTRUCTURAL REGIONAL"

UBICACIÓN  
DEPARTAMENTO: Cusco  
PROVINCIA: Quispicanchi  
DISTRITO: Cusipata  
ESCALA: Indicada

SIMBOLOGÍA	
	Camino vecinal
	Rios
	Falla
	Progresivas
	Centros Poblados
	Curvas
	Rumbo y buzamiento de estratos
	Quebradas
	Estratos verticales
	Eje de anticlinal
	Eje de sinclinal
	Eje de anticlinal inferido

ASESOR:  
Mgt. Henry Jorge Cuenca Sánchez

ELABORADO POR:  
Bach. Aslla Champi Rosa  
Bach. Mamani Condori Estefanny

FECHA: Abril-Mayo 2021

Mapa N°:  
M - 12

**5.2.2.1. FALLA TINTINCO**

Es definida al suroeste del cuadrante, al este de la localidad de Tintico; en el cerro Tiracochajasa es definida por el desplazamiento entre la Formación Ananea y el Grupo Cabanillas; en el Grupo Tarma, la falla es interpretada en los cerros Leclehuachana, desplaza en movimiento dextral al Grupo Mitu

**5.2.2.2. FALLA CHACACOMANI**

Falla inversa, es definida al centro del cuadrante, cerro Sallma, entre el Grupo Mitu y las rocas carbonatadas de la Formación Ayabacas, con orientación noroeste – sureste.

**5.2.2.3. FALLA FAUCETA**

Falla inversa, es definida al suroeste de la laguna Quiullacocha; el Grupo Mitu aflora en contacto de falla inversa con las Formación Huancané y Formación Vilquechico.

**5.2.2.4. FALLA LAYA**

Falla inversa, entre el Grupo Mitu y la Formación Huancané, con orientación este a oeste.

### 5.3. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL LOCAL

En una escala local se puede hizo la caracterización del macizo rocoso a lo largo del camino vecinal.

#### 5.3.1. VENTANAS ESTRUCTURALES

##### 5.3.1.1. DISCONTINUIDADES

Ocurren en los macizos rocosos son planos de debilidad que pueden tener origen mecánico o tectónico (diaclasas tectónicas), sedimentario (planos de estratificación), enfriamiento de rocas (diaclasas de enfriamiento) y metamórfico (foliación), las discontinuidades independizan los bloques de matriz rocosa.

##### 5.3.1.2. RESISTENCIA ESTIMADA

La resistencia de una roca se determina mediante el martillo geológico. La relación entre el número de golpes que son necesarios para fracturar la roca y el rango de resistencia de la roca.

**Tabla 5. 1.** Grado de resistencia en campo

CLASE	DESCRIPCIÓN	IDENTIFICACIÓN	RANGO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE
R0	Roca extremadamente blanda	Se puede marcar con la uña	0,25-1
R1	Roca muy blanda	La roca se desmenuza al golpear con la punta del martillo. Con una navaja se talla fácilmente.	1-5
R2	Roca blanda	Se talla con dificultad con una navaja. Al golpear con la punta del martillo se producen pequeñas marcas.	5-25
R3	Roca moderadamente dura	No puede tallarse con la navaja. Puede fracturarse con un golpe fuerte del martillo	25-50
R4	Roca dura	Se requiere más de un golpe con el martillo para fracturarla.	50-100
R5	Roca muy dura	Se requieren muchos golpes con el martillo para fracturarla.	100-250
R6	Roca extremadamente dura	Al golpearlo con el martillo sólo saltan esquirlas	>250

**Fuente.** Ingeniería Geológica, Luis I Vallejo 2004, quien tomó de ISRM, 1981

### 5.3.1.3. *ÍNDICE DE CALIDAD DE ROCAS RQD*

Es el porcentaje de recuperación de testigos de más de 10 cm de longitud (en su eje) sin tener en cuenta las roturas frescas del proceso de perforación respecto de la longitud total del sondeo. La calidad de roca RQD se puede determinar a partir de la frecuencia de las discontinuidades por Hudson, 1989.

La ecuación a utilizar es:

$$RQD = 100e^{(0.1\lambda)}(0.1\lambda + 1)$$

### 5.3.1.4. *ESPACIAMIENTO*

Definida como la distancia perpendicular entre discontinuidades adyacentes. Es la distancia entre dos planos de discontinuidad de una misma familia, medida en la dirección perpendicular a dichos planos.

Tabla 5. 2. Valoración del espaciado

Descripción	Espaciado
Extremadamente junto	<20 mm
Muy junto	20-60mm
Junto	60-200mm
Moderadamente junto	200-600mm
Separado	600-2.000mm
Muy separado	2.000-6.000mm
Extremadamente separado	>6.000mm

### 5.3.1.5. *CONDICIÓN DE LAS DISCONTINUIDADES*

#### 5.3.1.5.1. *Orientación*

Se define por su rumbo y buzamiento y corresponde a la posición espacial de los planos de debilidad (juntas, diaclasas, fallas, estratificación, etc.).

#### 5.3.1.5.2. *Abertura*

Es la distancia perpendicular que separa las paredes de la discontinuidad cuando no existe relleno. A menor abertura la estabilidad y la condición del macizo rocoso será mayor y a mayor abertura, la estabilidad y condición del macizo rocoso será menor.

**Tabla 5. 3.** Valoración de la abertura según Bieniawski 1989.

Descripción	Abertura
Muy cerrada	<0,1 mm
Cerrada	0,1-0,25mm
Parcialmente abierta	0,25-0,5mm
Abierta	0,5-2,5mm
Moderadamente ancha	2,5-10mm
Ancha	>10mm
Muy ancha	1-10cm
Extremadamente ancha	10-100cm
Cavernosa	>1m

**5.3.1.5.3. Persistencia**

Parámetro de gran importancia, pero de difícil cuantificación a partir de la observación de afloramientos.

Se define como la extensión en área o tamaño de una discontinuidad en el macizo rocoso, es así que cuanto menor sea la persistencia, la estabilidad de la masa rocosa es mayor y si la persistencia es mayor, la estabilidad del macizo rocoso es menor.

**Tabla 5. 4.** Valoración de la persistencia según Bieniawski 1989.

Continuidad	Longitud
Muy baja continuidad	<1m
Baja continuidad	1-3m
Continuidad media	3-10m
Alta continuidad	10-20m
Muy alta continuidad	>20m

**5.3.1.5.4. Rugosidad**

Hace referencia tanto a la ondulación de las superficies de discontinuidad.

**Tabla 5. 5.** Valoración de la rugosidad según Bieniawski 1989.

Descripción	Rugosidad
Muy rugosa	6
Rugosa	5
Ligeramente rugosa	3
Lisa	1
Plana	0

**5.3.1.5.5. Relleno**

Las discontinuidades pueden presentar rellenos de material de naturaleza distinta a la roca de las paredes.

**5.3.1.5.6. Grado de alteración**

Responde a factores medioambientales y procesos físicos, químicos y biológicos que descomponen la masa rocosa in situ, la evaluación del grado de meteorización del macizo rocoso se lo puede hacer directamente sobre el afloramiento.

**Tabla 5. 6.** Estimación del grado de intemperismo y alteración, según Bieniawski 1989.

Grado	Grado de alteración	Descripción
1	Fresca	No hay signos visibles de material rocoso intemperizado, tal vez leve decoloración en las superficies de discontinuidades mayores
2	Débil o ligeramente alterada	Decoloración indica Intemperismo de la masa rocosa y de las superficies de discontinuidades. Todo el material rocoso puede estar decolorado por Intemperismo y a veces podría ser más débil que cuando fresca
3	Moderadamente alterada	Menos del 50% del material de roca está descompuesta y/o desintegrada a un suelo. La roca fresca o descolorida está presente como una estructura continua o en pedazos.
4	Altamente alterada	Más del 50% del material de roca está descompuesta y/o desintegrada en suelo. La roca fresca o descolorida está presente como una estructura discontinua, o en pedazos.
5	Completamente alterada	Casi el 100% del material de roca está descompuesto y/o desintegrado a un suelo. La estructura original de la masa rocosa aún permanece intacta en gran parte.
6	Suelo residual	Todo el material rocoso esta convertido en suelo. La estructura de la masa rocosa y la fábrica están destruidas. Hay un gran cambio en el volumen, pero el suelo no ha sido transportado de manera significativa.

**5.3.1.5.7. Presencia de agua**

El agua presente en los poros o en las discontinuidades reduce la resistencia del macizo rocoso en su conjunto.

Tabla 5. 7. Valoración de la presencia de agua en las juntas, clasificación según Bieniawski 1989.

Presencia de agua	Valoración
Completamente seco	15
húmedo	10
Mojado	7
empapado	4
Fluido	0

### 5.3.2. ANÁLISIS DE LAS VENTANAS ESTRUCTURALES

#### VENTANA ESTRUCTURAL N° 01

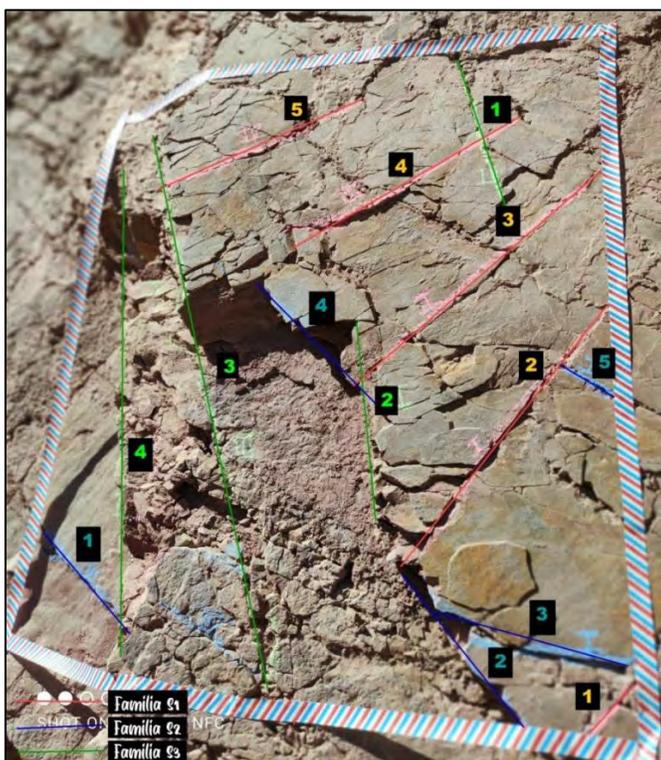


Foto 5. 1. Delimitación de la Ventana Estructural 01

Ventana Estructural realizada en el afloramiento rocoso del grupo Mitu (areniscas), De acuerdo a los parámetros evaluados, nuestra ventana estructural presenta un RQD excelente (Macizo moderadamente fracturado)

El RMR nos da una puntuación de 80, siendo este un macizo rocoso BUENO de clase I.

**Tabla 5. 8.** Valoración de la Ventana Estructural 01

VALORACIÓN DEL MACIZO ROCOSO																			
Clasificación RMR de Bieniawski (1989)																			
Ventana N°:		PROGRESIVA			Coordenadas UTM				Bz. Estrato:			Az. Estrato							
01		24+700			N: 8465323		E: 247632		NE 78°			N 244°							
PARÁMETRO		Valor		RANGO DE VALORES Y VALORACIONES										VALOR					
RESIST. COMP. UNIAXIAL (MPa)		160-225		> 250	15	100 - 250	12	50 - 100	7	25 - 50	4	< 25	2	< 5	1	< 1	0	1	12
RQD %		96.31		90 - 100	20	75 - 90	17	50 - 75	13	25 - 50	8	< 25			3	2	20		
ESPACIAMIENTO (m.)		> 2		> 2	20	0.6 - 2	15	0.2 - 0.6	10	0.06 - 0.2	8	< 0.06			5	3	10		
CONDICION DE DISCONTINUIDADES																			
Familia	Buz.	Azimut	PERSISTENCIA	< 1m.	6	1 - 3m.	4	3 - 10m.	2	10 - 20m.	1	> 20m.	0	4A	6				
S1	SE 68°	337°	APERTURA	Cerrada	6	< 0.1mm.	5	0.1 - 1.0mm.	4	1 - 5mm.	1	> 5mm.	0	4B	5				
S2	NW 65°	175°	RUGOSIDAD	Muy rugosa	6	Rugosa	5	Lig. Rugosa	3	Lisa	1	Espejo de falla	0	4C	6				
S3	NW 26°	160°	RELLENO	Limpia	6	Duro < 5mm.	4	Dura > 5mm.	2	Suave < 5mm.	1	Suave > 5mm.	0	4D	1				
			ALTERACIÓN	Sana	6	Lig. Alterada	5	Mod. Alterad.	3	Muy Alterada	2	Descompuesta	0	4E	5				
			AGUA SUBTERRÁNEA	Seco	15	Húmedo	10	Mojado	7	Goteo	4	Flujo	0	5	15				
VALOR RMR (Suma de valoración 1 a 5)																	80		
CLASE DE MACIZO ROCOSO																			
RMR		100 - 81			80 - 61			60 - 41			40 - 21			20 - 0			<b>II</b>		
DESCRIPCIÓN		I MUY BUENA			II BUENA			III REGULAR			IV MALA			V MUY MALA			<b>BUENA</b>		

VENTANA ESTRUCTURAL N° 02

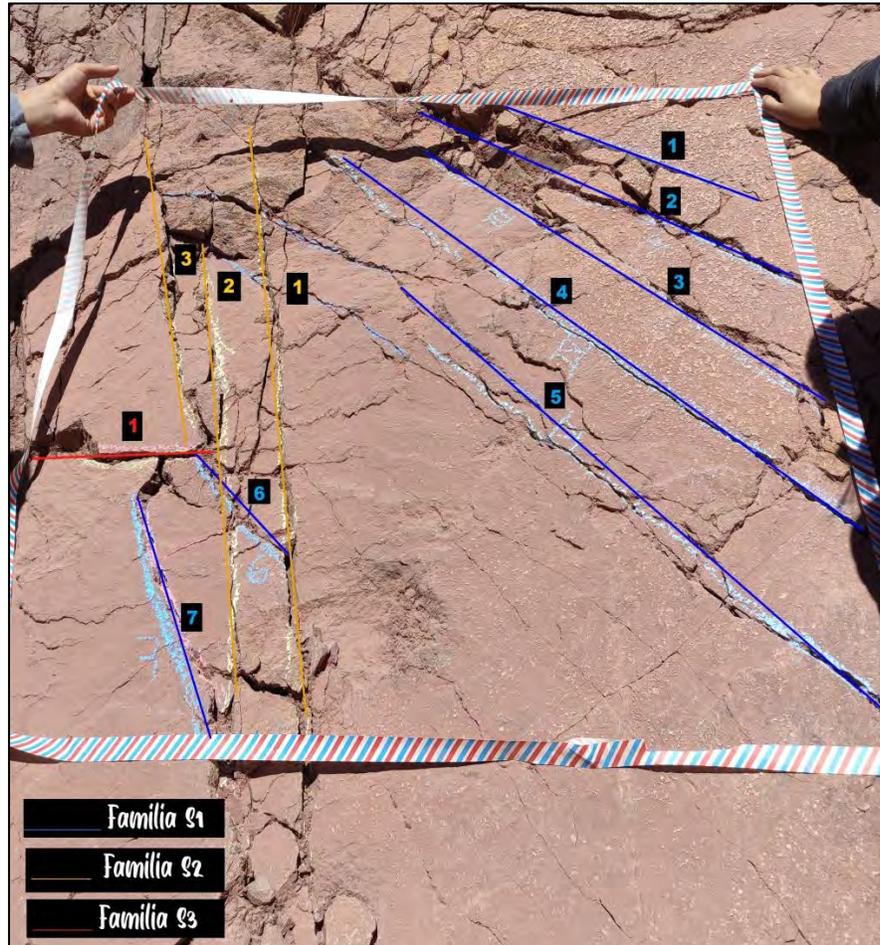


Foto 5. 2. Delimitación de la Ventana Estructural 02

La ventana estructural realizado en el afloramiento rocoso de la formación Vilquechico (areniscas cuarzosas), de acuerdo a los parámetros evaluados, nuestra ventana estructural presenta un **RQD excelente** (Macizo moderadamente fracturado).

El RMR nos da un valor de 72, siendo este un macizo rocoso *BUENO* de clase

Tabla 5. 9. Valoración de la Ventana Estructural 02

VALORACIÓN DEL MACIZO ROCOSO																			
Clasificación RMR de Bieniawski (1989)																			
Ventana N°:		PROGRESIVA		Coordenadas UTM						Bz. Estrato:		Az. Estrato							
02		20+750		N:8465608		E: 245389		Alt.: 4406		SE 49°		N 355°							
PARÁMETRO		Valor		RANGO DE VALORES Y VALORACIONES										VALORACIÓN					
RESIST. COMP. UNIAXIAL (MPa)		160-225		> 250	15	100 - 250	12	50 - 100	7	25 - 50	4	< 25	2	< 5	1	< 1	0	1	12
RQD %		96.31		90 - 100	20	75 - 90	17	50 - 75	13	25 - 50	8	< 25				3	2	20	
ESPACIAMIENTO (m.)				> 2	20	0.6 - 2	15	0.2 - 0.6	10	0.06 - 0.2	8	< 0.06				5	3	8	
CONDICION DE DISCONTINUIDADES																			
Familia	Buzamiento	Azimut	PERSISTENCIA	< 1m.	6	1 - 3m.	4	3 - 10m	2	10 - 20m.	1	> 20m.	0	4A	6				
S1	NW 85°	178°	APERTURA	Cerrada	6	< 0.1mm.	5	0.1 - 1.0mm.	4	1 - 5mm.	1	> 5mm.	0	4B	1				
S2	SE 82°	10°	RUGOSIDAD	Muy rugosa	6	Rugosa	5	Lig. Rugosa	3	Lisa	1	Espejo de falla	0	4C	3				
S3	SW 71°	174°	RELLENO	Limpia	6	Duro < 5mm.	4	Dura > 5mm.	2	Suave < 5mm.	1	Suave > 5mm.	0	4D	1				
			ALTERACIÓN	Sana	6	Lig. Alterada	5	Mod. Alterad.	3	Muy Alterada	2	Descompuesta	0	4E	6				
AGUA SUBTERRÁNEA				Seco	15	Húmedo	10	Mojado	7	Goteo	4	Flujo	0	5	15				
														VALOR RMR (Suma de valoración 1 a 5) =		72			
CLASE DE MACIZO ROCOSO																			
RMR		100 - 81		80 - 61		60 - 41		40 - 21		20 - 0		II							
DESCRIPCIÓN		I MUY BUENA		II BUENA		III REGULAR		IV MALA		V MUY MALA		BUENA							

VENTANA ESTRUCTURAL N° 03

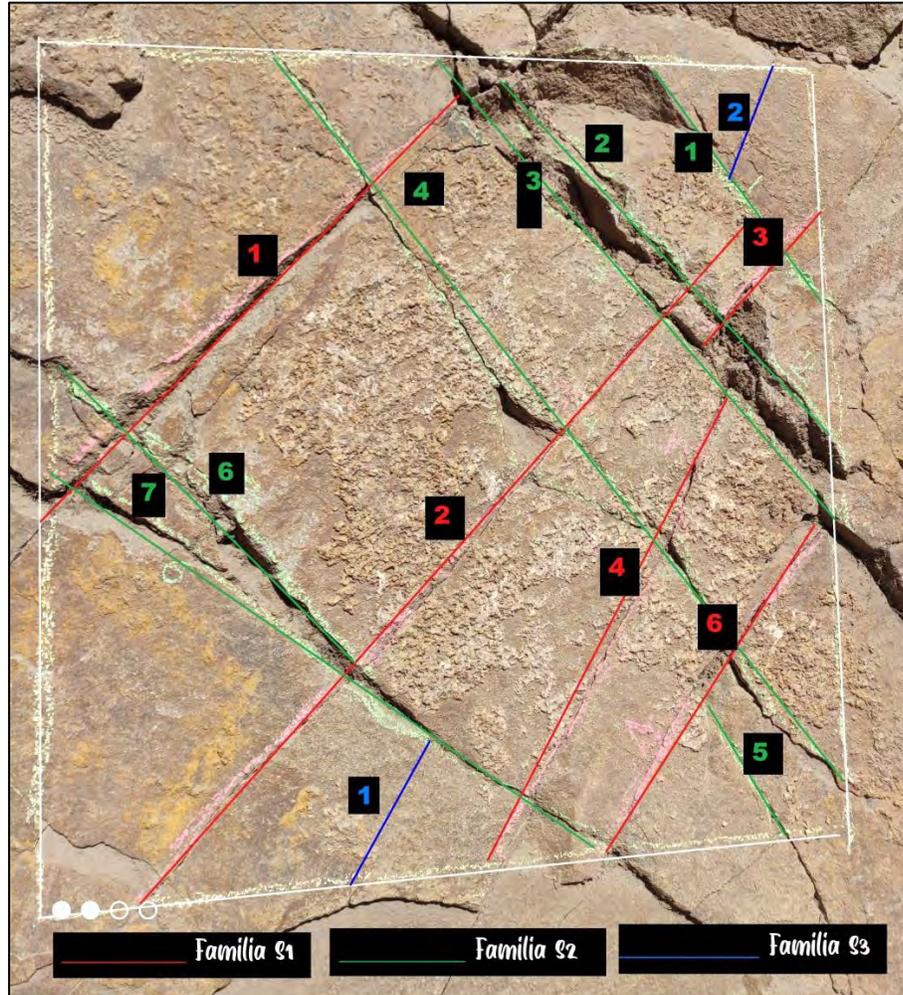


Foto 5. 3. Delimitación de la Ventana Estructural 03

De acuerdo a los parámetros evaluados, nuestra ventana estructural realizada en el afloramiento rocoso del grupo Tarma (areniscas finas), presenta un **RQD excelente** (Macizo moderadamente fracturado)

El RMR nos da un valor de 67, siendo este un macizo rocoso **BUENO de clase II**.

Tabla 5. 10. Valoración de la Ventana Estructural 03

VALORACIÓN DEL MACIZO ROCOSO																			
Clasificación RMR de Bieniawski (1989)																			
Ventana N°:		PROGRESIVA		Coordenadas UTM					Bz. Estrato:			Az. Estrato							
03				N:8465067		E: 243230		Alt.: 4258			SW 54°			N 175°					
PARÁMETRO		Valor		RANGO DE VALORES Y VALORACIONES										VALORACIÓN					
RESIST. COMP. UNIAXIAL (MPa)		160-225		> 250	15	100 - 250	12	50 - 100	7	25 - 50	4	< 25	2	< 5	1	< 1	0	1	8
RQD %		96.31		90 - 100	20	75 - 90	17	50 - 75	13	25 - 50	8	< 25			3	2	20		
ESPACIAMIENTO (m.)				> 2	20	0.6 - 2	15	0.2 - 0.6	10	0.06 - 0.2	8	< 0.06			5	3	8		
CONDICION DE DISCONTINUIDADES																			
Familia	Buzamiento	Azimut	PERSISTENCIA	< 1m.	6	1 - 3m.	4	3 - 10m	2	10 - 20m.	1	> 20m.	0	4A	6				
S1	SE 45°	40°	APERTURA	Cerrada	6	< 0.1mm.	5	0.1 - 1.0mm.	4	1 - 5mm.	1	> 5mm.	0	4B	1				
S2	SW 80°	175°	RUGOSIDAD	Muy rugosa	6	Rugosa	5	Lig. Rugosa	3	Lisa	1	Espejo de falla	0	4C	3				
S3	SE 70°	40°	RELLENO	Limpia	6	Duro < 5mm.	4	Dura > 5mm.	2	Suave < 5mm.	1	Suave > 5mm.	0	4D	1				
			ALTERACIÓN	Sana	6	Lig. Alterada	5	Mod. Alterad.	3	Muy Alterada	2	Descompuesta	0	4E	5				
AGUA SUBTERRÁNEA				Seco	15	Húmedo	10	Mojado	7	Goteo	4	Flujo	0	5	15				
VALOR RMR (Suma de valoración 1 a 5) = 67																			
CLASE DE MACIZO ROCOSO																			
RMR		100 - 81		80 - 61		60 - 41		40 - 21		20 - 0		II							
DESCRIPCIÓN		I MUY BUENA		II BUENA		III REGULAR		IV MALA		V MUY MALA		BUENA							

VENTANA ESTRUCTURAL N° 04

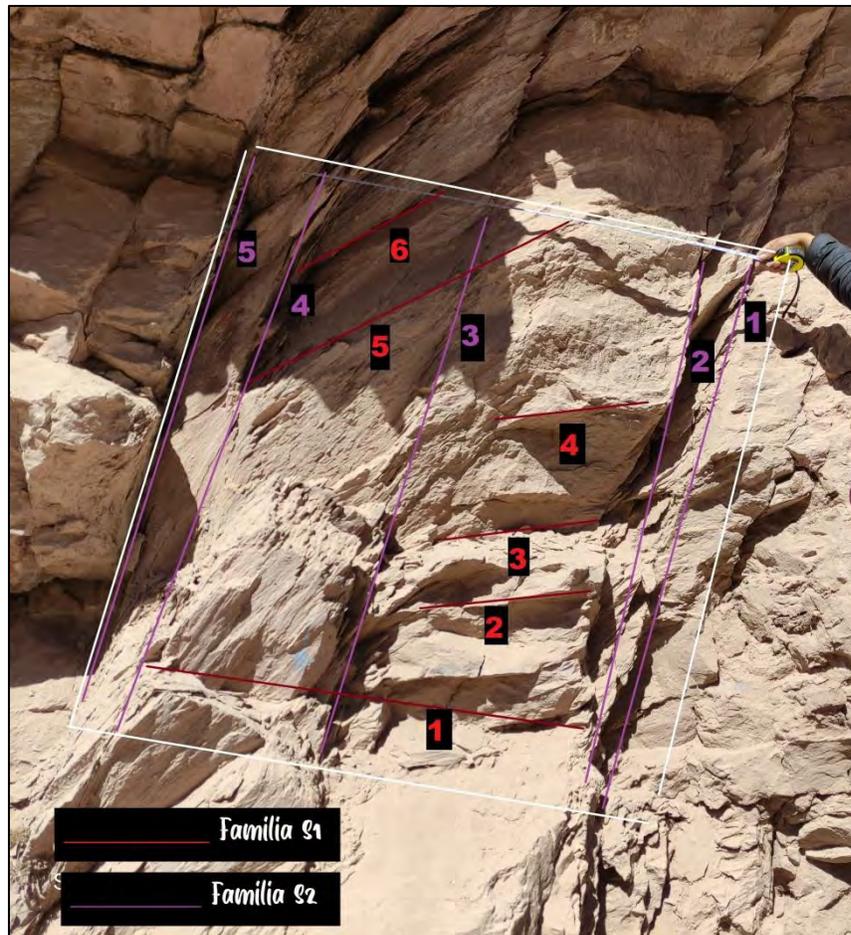


Foto 5. 4. Delimitación de la Ventana Estructural 04

La ventana estructural realizada en el grupo Tarma-Copacabana (areniscas), de acuerdo a los parámetros evaluados, nuestra ventana estructural presenta un **RQD excelente** (Macizo moderadamente fracturado).

El RMR nos da un valor de 72, siendo este un macizo rocoso **BUENO de clase II**.

Tabla 5. 11. Valoración de la Ventana Estructural 04

VALORACIÓN DEL MACIZO ROCOSO																			
Clasificación RMR de Bieniawski (1989)																			
Ventana N°:		PROGRESIVA		Coordenadas UTM					Bz. Estrato:			Az. Estrato							
04		10+650		N:8465608		E: 245389		Alt.: 4406			SE 74°			N 320°					
PARÁMETRO		Valor		RANGO DE VALORES Y VALORACIONES										VALORACIÓN					
RESIST. COMP. UNIAXIAL (MPa)		50-100		> 250	15	100 - 250	12	50 - 100	7	25 - 50	4	< 25	2	< 5	1	< 1	0	1	7
RQD %		98.25		90 - 100	20	75 - 90	17	50 -75	13	25 - 50	8	< 25			3	2	20		
ESPACIAMIENTO (m.)		> 2		20	0.6 - 2	15	0.2 - 0.6	10	0.06 - 0.2	8	< 0.06			5	3	10			
CONDICION DE DISCONTINUIDADES																			
Familia	Buzamiento	Azimut	PERSISTENCIA	< 1m.	6	1 - 3m.	4	3 - 10m	2	10 - 20m.	1	> 20m.	0	4A	6				
S1	SE 25°	38°	APERTURA	Cerrada	6	< 0.1mm.	5	0.1 - 1.0mm.	4	1 - 5mm.	1	> 5mm.	0	4B	0				
S2	NW 30°	230°	RUGOSIDAD	Muy rugosa	6	Rugosa	5	Lig. Rugosa	3	Lisa	1	Espejo de falla	0	4C	5				
			RELLENO	Limpia	6	Duro < 5mm.	4	Dura > 5mm.	2	Suave < 5mm.	1	Suave > 5mm.	0	4D	4				
			ALTERACIÓN	Sana	6	Lig. Alterada	5	Mod. Alterad.	3	Muy Alterada	2	Descompuesta	0	4E	5				
AGUA SUBTERRÁNEA				Seco	15	Húmedo	10	Mojado	7	Goteo	4	Flujo	0	5	15				
													VALOR RMR (Suma de valoración 1 a 5) =			72			
CLASE DE MACIZO ROCOSO																			
RMR		100 - 81		80 - 61		60 - 41		40 - 21		20 - 0		II							
DESCRIPCIÓN		I MUY BUENA		II BUENA		III REGULAR		IV MALA		V MUY MALA		BUENA							

VENTANA ESTRUCTURAL N° 05

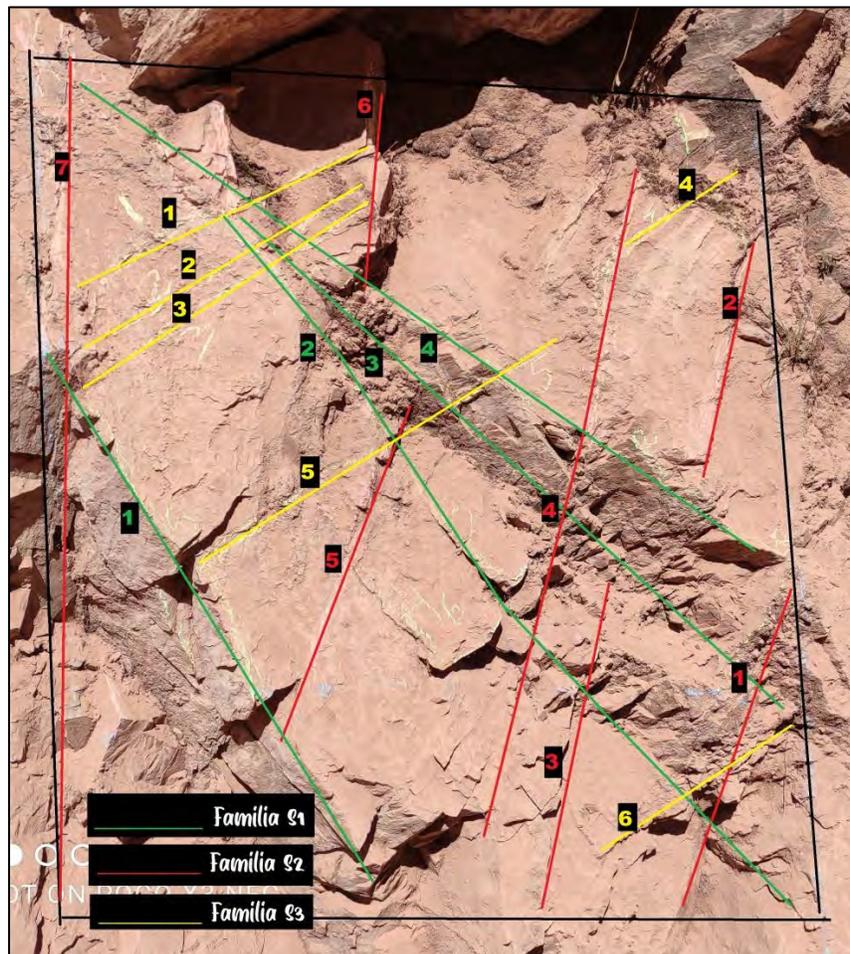


Foto 5. 5. Delimitación de la Ventana Estructural 05

La ventana estructural realizada en el grupo Tarma-Copacabana (areniscas), de acuerdo a los parámetros evaluados, nuestra ventana estructural presenta un **RQD excelente** (Macizo moderadamente fracturado).

El RMR nos da un valor de 80, siendo este un macizo rocoso **BUENO de clase II**.

**Tabla 5. 12.** Delimitación de la Ventana Estructural 05

VALORACIÓN DEL MACIZO ROCOSO																		
Clasificación RMR de Bieniawski (1989)																		
Ventana N°:		PROGRESIVA																
05		10+150																
PARÁMETRO		Valor	RANGO DE VALORES Y VALORACIONES										VALORACIÓN					
RESIST. COMP. UNIAXIAL (MPa)		100-250	> 250	15	100 - 250	12	50 - 100	7	25 - 50	4	< 25	2	< 5	1	< 1	0	1	12
RQD %		96.31	90 - 100	20	75 - 90	17	50 - 75	13	25 - 50	8	< 25				3	2	20	
ESPACIAMIENTO (m.)		> 2	20	0.6 - 2	15	0.2 - 0.6	10	0.06 - 0.2	8	< 0.06				5	3	8		
CONDICION DE DISCONTINUIDADES																		
Familia	Buzamiento	Azimut	PERSISTENCIA	< 1m.	6	1 - 3m.	4	3 - 10m	2	10 - 20m.	1	> 20m.	0	4A	6			
S1	SW 65°	95°	APERTURA	Cerrada	6	< 0.1mm.	5	0.1 - 1.0mm.	4	1 - 5mm.	1	> 5mm.	0	4B	5			
S2	NE 72°	305°	RUGOSIDAD	Muy rugosa	6	Rugosa	5	Lig. Rugosa	3	Lisa	1	Espejo de falla	0	4C	3			
S3	SW 88°	135°	RELLENO	Limpia	6	Duro < 5mm.	4	Dura > 5mm.	2	Suave < 5mm.	1	Suave > 5mm.	0	4D	6			
			ALTERACIÓN	Sana	6	Lig. Alterada	5	Mod. Alterad.	3	Muy Alterada	2	Descompuesta	0	4E	5			
AGUA SUBTERRÁNEA				Seco	15	Húmedo	10	Mojado	7	Goteo	4	Flujo	0	5	15			
<b>VALOR RMR (Suma de valoración 1 a 5) = 80</b>																		
CLASE DE MACIZO ROCOSO																		
RMR		100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21	20 - 0	<b>II</b>											
DESCRIPCIÓN		I MUY BUENA	II BUENA	III REGULAR	IV MALA	V MUY MALA	<b>BUENA</b>											

VENTANA ESTRUCTURAL N° 06

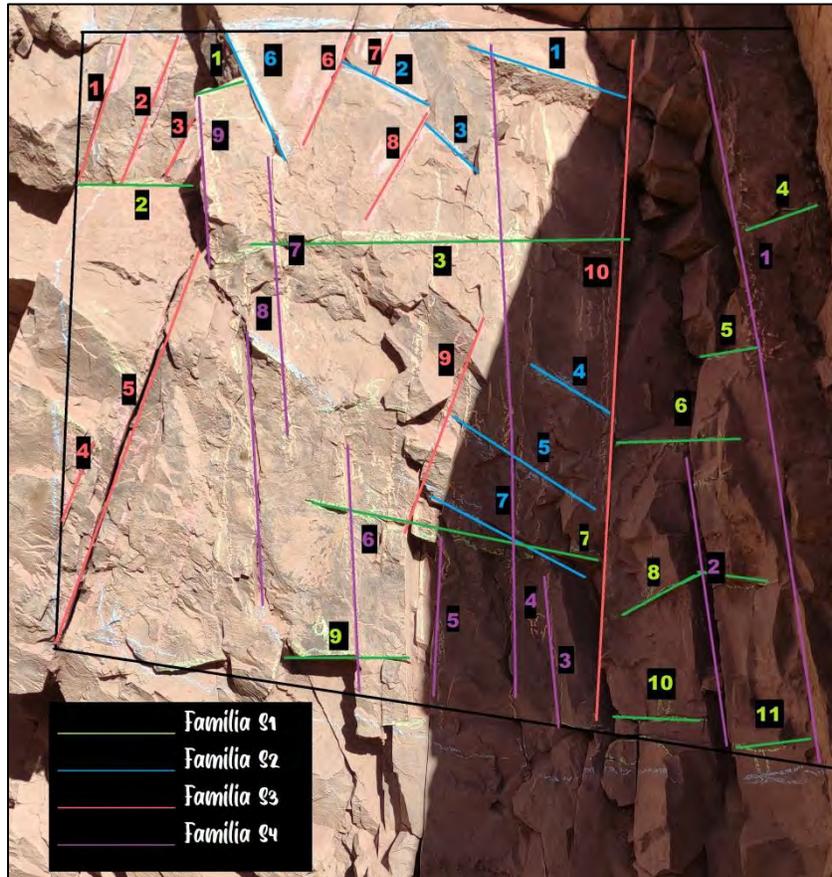


Foto 5. 6. Delimitación de la Ventana Estructural 06

La ventana estructural realizada, de acuerdo a los parámetros evaluados, nuestra ventana estructural presenta un **RQD excelente** (Macizo moderadamente fracturado).

El RMR nos da un valor de 75, siendo este un macizo rocoso **BUENO de clase II**.

Tabla 5. 13. Valoración de la Ventana Estructural

VALORACIÓN DEL MACIZO ROCOSO																		
Clasificación RMR de Bieniawski (1989)																		
Ventana N°:		PROGRESIVA																
06		6+ 700																
PARÁMETRO		Valor	RANGO DE VALORES Y VALORACIONES										VALORACIÓN					
RESIST. COMP. UNIAXIAL (MPa)		160-225	> 250	15	100 - 250	12	50 - 100	7	25 - 50	4	< 25	2	< 5	1	< 1	0	1	12
RQD %		93.85	90 - 100	20	75 - 90	17	50 - 75	13	25 - 50	8	< 25				3	2	20	
ESPACIAMIENTO (m.)			> 2	20	0.6 - 2	15	0.2 - 0.6	10	0.06 - 0.2	8	< 0.06				5	3	8	
CONDICION DE DISCONTINUIDADES																		
Familia	Buzamiento	Azimuth	PERSISTENCIA	< 1m.	6	1 - 3m.	4	3 - 10m	2	10 - 20m.	1	> 20m.	0	4A	6			
S1	SE 21°	55°	APERTURA	Cerrada	6	< 0.1mm.	5	0.1 - 1.0mm.	4	1 - 5mm.	1	> 5mm.	0	4B	5			
S2	NW 86°	178°	RUGOSIDAD	Muy rugosa	6	Rugosa	5	Lig. Rugosa	3	Lisa	1	Espejo de falla	0	4C	3			
S3	NE 72°	355°	RELLENO	Limpia	6	Duro < 5mm.	4	Dura > 5mm.	2	Suave < 5mm.	1	Suave > 5mm.	0	4D	1			
S4			ALTERACIÓN	Sana	6	Lig. Alterada	5	Mod. Alterad.	3	Muy Alterada	2	Descompuesta	0	4E	5			
AGUA SUBTERRÁNEA				Seco	15	Húmedo	10	Mojado	7	Goteo	4	Flujo	0	5	15			
<b>VALOR RMR (Suma de valoración 1 a 5) = 75</b>																		
CLASE DE MACIZO ROCOSO																		
RMR		100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21	20 - 0									<b>II</b>			
DESCRIPCIÓN		I MUY BUENA	II BUENA	III REGULAR	IV MALA	V MUY MALA									<b>BUENA</b>			

## **CAPITULO VI HIDROLOGÍA**

### **6.1. GENERALIDADES**

En Este capítulo está enfocado en el estudio hidrológico, que nos permitirá analizar y tratar la información hidro-meteorológica existente de la cuenca, analizar la escorrentía mediante registros históricos y obtener caudales a fin de que se pueda controlar y eliminar el exceso de agua superficial que discurre en la estructura vial (camino vecinal).

Desde el punto de vista conceptual la hidrología es la ciencia que tiene por objeto de estudio el agua, su movimiento y distribución, sus propiedades fisico-químicas y sus efectos en relación con el medio ambiente, la atmósfera y los seres vivos, estudiando el ciclo hidrológico y los recursos de agua.

### **6.2. INFORMACIÓN HIDROMETEOROLÓGICA**

Debido a que nuestra área de estudio no cuenta con una estación meteorológica, se optó por utilizar la data de las estaciones más cercanas, con similitud en las condiciones geográficas.

La información hidrometeorológica fue obtenida del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI).

**Tabla 6. 1.** Ubicación de estaciones meteorológicas empleadas en el área de estudio.

Estación	Departamento	Latitud	Longitud	Altitud	Periodo
Kayra	Cusco	14°33'25"S	71°52'31"W	3214	1980-2019
Pomacanchi	Acomayo	13°1'41"S	71°34'22"W	3690	1980-2019
Caycay		13°36'1"S	71°42'1"W	3117	1980-2019
Urcos	Quispicanchi	13°42'S	71°38'0"W	3168	1980-2019
Combapata	Canchis	14°6'S	71°26'0"W	3474	1980-2019

Fuente. SENAMHI

### **6.3. PRECIPITACIÓN**

Desde el punto de vista de la ingeniería hidrológica, la precipitación está definida como fuente de agua primaria en la superficie terrestre, el análisis y medición es un punto de partida para estudios relacionados con el uso y control del agua.

La precipitación aumenta con la altitud, es un factor determinante del escurrimiento superficial de la Microcuenca.

### **6.3.1. ANALISIS Y TRATAMIENTO DE LA INFORMACIÓN**

Debido a la falta de registros de algunos meses y años, se realizó un análisis para contar con un registro homogéneo.

### **6.3.2. ANALISIS DE LA PRECIPITACIÓN**

Los registros pluviométricos de las 05 estaciones meteorológicas más cercanas, fueron sometidas a diversos análisis para saber cuan confiable es la información. Para realizar un análisis de la precipitación se debe contar con una base de datos continuos y homogéneos.

#### **6.3.2.1. ANALISIS DE CONSISTENCIA**

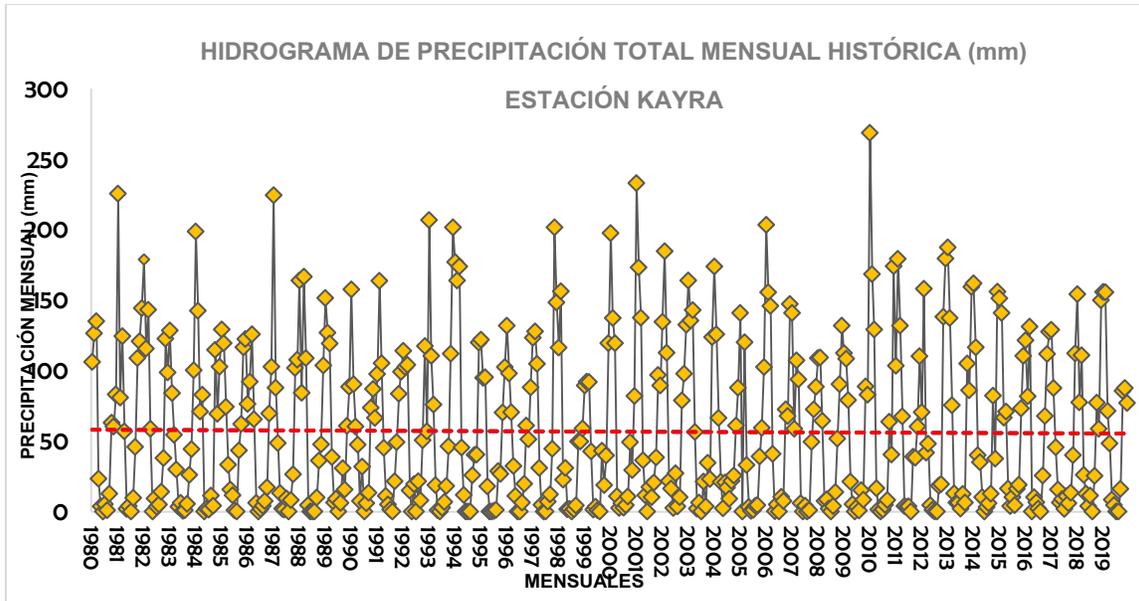
El análisis de consistencia es un proceso que nos permite identificar, evaluar y eliminar un posible déficit en la toma de datos. Antes de utilizar un registro es necesario realizar un análisis de consistencia con el fin de obtener una serie confiable (consistente y homogénea).

En el análisis de consistencia, se realiza los siguientes procesos:

##### **6.3.2.1.1. ANALISIS VISUAL GRÁFICO**

Se realiza para analizar la consistencia de los datos de forma visual mediante hidrogramas, se podrá indicar en que periodos la información es dudosa, lo que se verá reflejado en picos, saltos y/o tendencias, estos datos deberán comprobarse si son fenómenos naturales o errores sistemáticos.

Gráfico 6 – 1. Hidrograma de precipitación total anual histórica-Estación Kayra



#### 6.3.2.1.2. ANÁLISIS DOBLE MASA

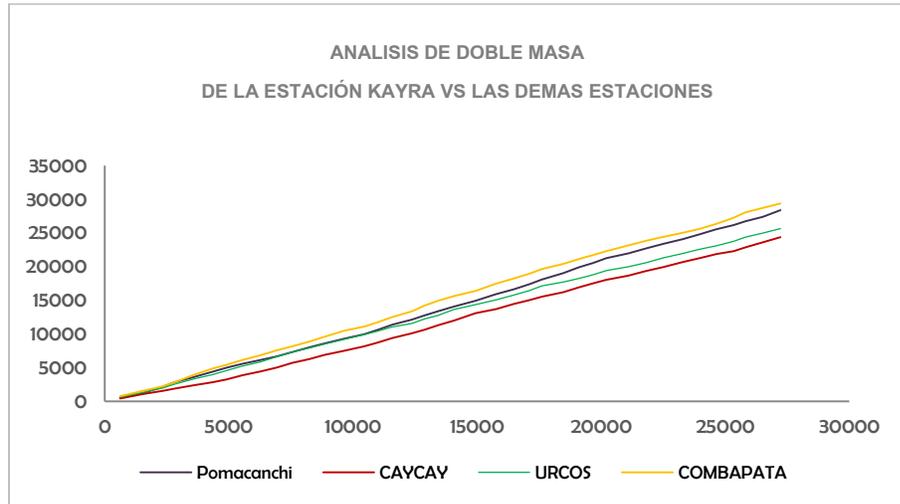
Se realiza para tener una cierta confiabilidad en la información, nos permite detectar errores que se produjeron al momento de la obtención de datos, más no permite realizar una corrección. La estación más confiable es la que presenta menos quiebres y será considerada como la estación. Tabla 6. 2. Análisis de doble masa de las precipitaciones anuales (mm).

**"ESTUDIO GEOTÉCNICO Y GEODINÁMICO PARA LA SEGURIDAD FÍSICA DEL CAMINO VECINAL TRAMO CUSIPATA - CHILLIHUANI – LLACTO - CERRO SIETE COLORES DEL DISTRITO DE CUSIPATA, PROVINCIA QUISPICANCHI, DEPARTAMENTO DE CUSCO"**

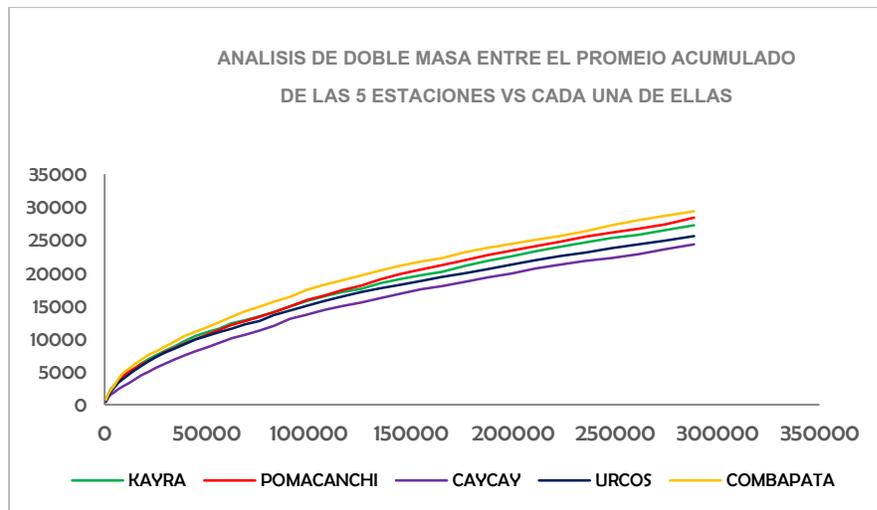
ASLLA C. ROSA - MAMANI C. ESTEFANNY

**Gráfico 6 - 2. Análisis de doble masa de estación base vs demás estaciones**

Año	EST. BASE		ESTACIONES				URCOS		COMBAPATA		PROMEDIO	
	KAYRA		POMACANCHI		CAYCAY						P mens.	P acum.
1980	619.6	619.6	598.0	598.0	400.5	400.5	597.7	597.7	733.5	733.5	589.9	589.9
1981	922.9	1542.5	611.0	1209.0	691.0	1091.5	694.0	1291.7	808.2	1541.7	1040.4	1630.2
1982	786.8	2329.3	961.0	2170.0	460.0	1551.5	664.3	1956.0	685.5	2227.2	1379.2	3009.4
1983	483.7	2813.0	645.0	2815.0	310.1	1861.6	589.2	2545.2	603.0	2830.2	1549.6	4559.0
1984	800.5	3613.5	791.0	3606.0	539.1	2400.7	786.9	3332.1	1103.2	3933.4	2090.6	6649.6
1985	728.3	4341.8	768.5	4374.5	403.7	2804.4	610.1	3942.2	901.5	4834.9	2371.0	9020.6
1986	569.1	4910.9	617.0	4991.5	459.3	3263.7	614.6	4556.8	585.7	5420.6	2598.9	11619.5
1987	630.6	5541.5	551.3	5542.8	580.9	3844.6	675.5	5232.3	723.0	6143.6	2946.6	14566.1
1988	725.5	6267.0	562.6	6105.3	595.2	4439.7	628.1	5860.4	683.0	6826.6	3269.3	17835.5
1989	653.3	6920.3	518.2	6623.6	563.6	5003.3	718.8	6579.2	718.0	7544.6	3584.3	21419.8
1990	641.1	7561.4	690.3	7313.9	676.5	5679.7	748.3	7327.5	602.1	8146.7	3938.8	25358.5
1991	682.4	8243.8	721.5	8035.4	589.1	6268.8	605.9	7933.4	714.2	8860.9	4265.5	29624.1
1992	609.3	8853.1	560.6	8596.0	620.6	6889.4	562.9	8496.3	701.8	9562.7	4545.3	34169.3
1993	799.9	9653.0	690.7	9286.7	613.3	7502.7	712.1	9208.4	895.6	10458.3	4982.1	39151.4
1994	798.4	10451.4	679.5	9966.2	632.9	8135.6	703.7	9912.1	636.2	11094.5	5301.1	44452.5
1995	560.0	11011.4	662.0	10628.2	596.1	8731.7	520.5	10432.6	636.7	11731.2	5551.0	50003.5
1996	569.9	11581.3	740.7	11368.9	630.2	9361.9	612.5	11045.1	790.2	12521.4	5922.2	55925.7
1997	805.3	12386.6	769.3	12138.2	736.5	10098.4	525.0	11570.1	833.1	13354.5	6321.7	62247.4
1998	493.9	12880.5	594.6	12732.8	519.3	10617.7	665.9	12236.0	837.0	14191.5	6576.9	68824.4
1999	543.1	13423.6	622.7	13355.5	662.7	11280.4	502.7	12738.7	696.0	14887.5	6871.3	75695.7
2000	652.0	14075.6	696.0	14051.5	719.2	11999.6	876.6	13615.3	750.7	15638.3	7307.5	83003.2
2001	864.1	14939.7	869.5	14921.0	1051.9	13051.5	704.6	14319.9	751.0	16389.3	7786.3	90789.4
2002	822.1	15761.8	965.8	15886.8	643.2	13694.8	726.2	15046.1	1051.0	17440.3	8203.8	98993.2
2003	713.7	16475.5	714.8	16601.6	721.1	14415.9	727.4	15773.5	764.0	18204.3	8511.2	107504.4
2004	632.0	17107.5	780.6	17382.2	581.7	14997.6	669.4	16442.9	701.0	18905.3	8820.0	116324.4
2005	508.3	17615.8	672.9	18055.1	515.2	15512.7	662.2	17105.1	716.0	19621.3	9098.5	125422.9
2006	856.3	18472.1	963.7	19018.8	692.9	16205.6	573.9	17679.0	782.0	20403.3	9564.8	134987.6
2007	621.4	19093.5	835.1	19853.9	662.8	16868.5	534.2	18213.2	705.0	21108.3	9849.6	144837.2
2008	592.4	19685.9	659.6	20513.5	659.3	17527.8	563.8	18777.0	613.0	21721.3	10131.4	154968.6
2009	525.5	20211.4	710.3	21223.8	482.3	18010.1	633.8	19410.8	571.0	22292.3	10407.1	165375.7
2010	876.7	21088.1	705.4	21929.2	621.2	18631.3	564.1	19974.9	833.4	23125.7	10835.0	176210.7
2011	740.5	21828.6	786.9	22716.1	722.6	19353.9	624.0	20598.9	714.1	23839.7	11192.5	187403.2
2012	679.6	22508.2	649.3	23365.4	539.8	19893.7	683.7	21282.6	582.7	24422.4	11460.7	198863.9
2013	796.6	23304.8	697.5	24062.9	787.7	20681.4	662.0	21944.6	586.8	25009.2	11853.3	210717.3
2014	660.7	23965.5	696.5	24759.4	557.9	21239.3	603.1	22547.7	574.1	25583.3	12118.7	222836.0
2015	683.6	24649.1	760.0	25519.4	605.4	21844.7	533.5	23081.2	742.4	26325.7	12474.5	235310.5
2016	685.7	25334.8	628.3	26147.7	440.2	22284.9	675.9	23757.1	908.5	27234.2	12809.7	248120.3
2017	476.9	25811.8	580.8	26728.5	545.9	22830.8	608.9	24366.0	805.4	28039.6	13079.5	261199.7
2018	707.4	26519.1	667.9	27396.4	774.8	23605.6	584.2	24950.2	651.0	28690.6	13454.7	274654.4
2019	710.4	27229.5	986.8	28383.2	729.2	24334.8	676.4	25626.6	665.8	29356.4	13869.9	288524.4



**Gráfico 6 - 3.** Análisis de doble masa entre el promedio acumulado de las cinco estaciones vs cada una de ellas



**6.3.2.1.3. ANÁLISIS ESTADÍSTICO**

Una vez construido los gráficos para el análisis visual y doble masa, se procede a realizar en análisis estadístico de saltos en la media y la desviación estándar.

**6.3.2.1.3.1. ANÁLISIS DE SALTOS**

**A. CONSISTENCIA DE LA MEDIA**

Consiste en probar mediante la prueba estadística “t student”, si los valores medios de los periodos 1 y 2 son estadísticamente iguales o diferentes con una probabilidad del 95% o 5% de significación.

**Tabla 6. 3.** Resultado del grado de libertad

DATOS DUDOSOS		DATOS CONFIABLES	
Periodos muestrales		Periodos muestrales	
Entre los años 1980 - 2000		Entre los años 2001 - 2019	
Tamaño de la muestra (n1)	21	Tamaño de la muestra (n2)	19
Media de la muestra	55.86	Media de la muestra	57.69
Desviación estándar S1 =	55.97	Desviación estándar S2 =	58.94
Grados de libertad GL1 =	20	Grados de libertad GL2 =	18

El resultado de dicho cálculo se presenta a continuación:

**Tabla 6. 4.** Prueba de t de student

PRUEBA "T" DE STUDENT			
Desviación estándar ponderada			57.40
Desviación de las diferencias de los promedios			18.17
Cálculo del T, calculado (Tc) según:			0.10
Cálculo del valor crítico de t, tabular Tt			2.02
Grados de Libertad			38.00
CONCLUSION			
tcl  = 0.10	<	Tt = 2.0244	HOMOGENEIDAD OK

## B. CONSISTENCIA EN LA DESVIACIÓN ESTANDAR

Consiste en probar mediante la prueba "F de Fisher" si los valores e la desviación estándar son iguales o diferentes con una probabilidad del 95% o 5% del nivel de significación.

Tabla 6. 5. Prueba de "F" de Fisher

PRUEBA "F" DE FISHER			
Cálculo de F, calculado (Fc) según:			1.11
Cálculo del F tabular (valor crítico de Ft) Ft			2.02
CONCLUSION			
tcl  = 1.11	<	Tt = 2.1906	HOMOGENEIDAD OK

### 6.3.2.1.3.2. ANALISIS DE TENDENCIA

Para realizar el análisis de tendencia primero se realiza el análisis de salto, con la serie de libre de saltos se procede a analizar las tendencias en la media y en la desviación estándar.

### 6.3.2.2. EVALUACIÓN Y COMPLETACIÓN DE DATOS

Una vez realizada la evaluación de los registros pluviométricos, se procedió al completado de datos de la serie pluviométrica.

### 6.3.2.3. DE LAS ESTACIONES CON DATOS FALTANTES

Tabla 6. 6. ESTACION INCOMPLETA POMACANCHI

AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.	TOTAL
1980	133.0	96.0	106.0	67.0	28.0	0.0	1.0	4.0	37.0	54.0	51.0	87.0	664
1981	120.0	103.0	37.0	85.0	4.0	0.0	0.0	5.0	14.0	46.0	127.0	105.0	646
1982	186.0	84.0	96.0	205.0	35.0	2.0	2.0	3.0	3.0	102.0	118.0	106.0	942
1983	104.0	118.0	128.0	64.0	2.0	0.0	0.0	2.0	22.0	63.0	65.0	117.0	685
1984	167.0	195.0	126.0	31.0	8.0	9.0	1.0	8.0	8.0	90.0	172.0	112.0	927
1985	201.0	48.0	68.0	98.0	76.0	13.0	0.0	5.5	55.0	36.0	141.0	130.0	871.5
1986	108.0	135.0	76.0	43.0	5.0	0.0	0.0	1.5	46.5	26.0	39.0	202.0	682
1987			39.0	33.5	0.0	0.5	21.5	0.0	3.0				97.5
1988								0.0	20.9	9.5	34.0	51.2	115.6
1989		124.0	79.4	8.9									212.3
1990													0
1991												133.5	133.5
1992	127.0	90.5	96.0					15.5	6.5	92.3	89.0	73.0	589.8
1993	198.8	134.0	102.5	31.5	0.0	2.0	6.0	12.0	16.5	87.0	81.0	186.7	858
1994	166.0	154.5	125.0	47.5	5.5	0.0	0.0	1.0	25.5	68.5	88.0	116.5	798
1995	133.0	108.5	127.0	37.0	13.5	0.0	5.5	1.5	36.0	9.0	126.0	161.0	758
1996	200.5	91.5	114.6	55.5	17.0	0.0	0.0	28.8	32.3	108.0	79.5	158.0	885.7
1997	191.0	194.0	190.5	23.0	16.0	0.0	5.0	12.5	7.5	83.0	135.8	79.0	937.3
1998	141.0	130.3	136.8	17.5	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	72.0	104.5	115.0	718.1
1999	173.5	140.6	84.2	93.3	9.2	0.0	1.6	0.0	19.1	34.4	40.7	106.3	702.9
2000	119.2	184.2	112.0	30.6	7.5	14.8	6.0	16.1	22.5	92.3	41.3	138.1	784.6
2001	246.0	159.6	180.9	45.2	15.7	3.3	21.3	15.8	18.9	84.0	81.3	198.3	1070.3
2002	128.0	236.1	174.2	69.0	13.7	0.6	27.8	17.3	62.3	65.5	108.4	121.9	1024.8
2003	167.2	164.4	150.6	63.5	16.4	8.7	0.0	6.0	17.1	64.4	50.2	110.0	818.5
2004	260.9	175.4	81.5	51.2	25.4	10.2	8.9	16.9	71.5	57.2	67.2	164.0	990.3
2005	85.8	130.3	148.0	52.0	2.1	0.0	0.2	4.3	2.6	74.2	101.5	105.7	706.7
2006	163.7	232.3	95.6	140.6	1.1	11.1	0.0	7.3	4.3	80.2	101.3	149.3	986.8
2007	172.6	175.6	226.5	77.6	14.1	0.0	4.8	0.0	4.0	52.5	99.7	102.7	930.1
2008	158.6	140.8	128.3	33.7	12.9	4.4	0.0	3.1	17.0	77.9	78.3	129.5	784.5
2009	136.7	105.6	80.5	41.8	8.6	0	14.1	0	11	18.2	277.6	111.1	805.2
2010	128.0	203.0	116.6	53.8	2.4	0.0	0.0	12.8	5.3	58.9	42.1	156.7	779.6
2011	204.9	169.2	135.7	60.2	9.3	4.7	7.1	0.0	57.1	50.9	42.8	189.7	931.6
2012	135.7	56.3	100.4	63.9	2.6	10.2	1.1	2.9	34.9	45.0	95.5	172.6	721.1
2013	236.0	85.0	91.8	46.2	8.9	1.3	0.0	19.9	22.3	60.5	105.1	210.3	887.3
2014	94.8	197.6	94.0	39.0	7.5	0.0	3.2	2.5	43.4	92.8	46.6	130.9	752.3
2015	164.7	140.8	151.0	71.4	9.7	0.0	11.2	7.9	6.6	32.4	115.3	142.3	853.3
2016	201.9	187.9	73.3	74.9	7.1	0.0	0.0	3.2	17.2	67.4	46.9	75.5	755.3
2017	142.5	129.6	81.9	42.6	25.0	0.6	2.2	13.0	22.4	40.3	70.7	109.9	680.7
2018	104.1	204.2	30.6	23.3	25.9	6.5	22.3	5.2	10.5	135.2	94.2	86.7	748.7
2019	190.3	135.5	162.6	93.9	8.2	18.7	25.7	16.9	96.3	36.2	130.1	168.8	1083.2

Fuente. SENAMHI

**"ESTUDIO GEOTÉCNICO Y GEODINÁMICO PARA LA SEGURIDAD FÍSICA DEL CAMINO VECINAL TRAMO CUSIPATA -  
CHILLIHUANI - LLACTO - CERRO SIETE COLORES DEL DISTRITO DE CUSIPATA, PROVINCIA QUISPICANCHI,  
DEPARTAMENTO DE CUSCO"**

ASLLA C. ROSA - MAMANI C. ESTEFANNY

Tabla 6. 7. ESTACION INCOMPLETA CAYCAY

AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.	TOTAL
1980	75.9	102.1	79.8	19.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.5	41.9	57.2	400.5
1981	155.0	78.3	144.2	42.5	0.0	0.0	0.0	12.9	18.7	51.3	115.8	72.3	691.0
1982	132.4	17.4	81.8	12.0	0.0	8.4	0.0	0.0	4.0	63.2	110.2	30.6	460.0
1983	125.4	64.0	15.6	6.2	13.8	7.8	0.0	0.0	7.3	6.0	23.4	40.6	310.1
1984	108.5	103.5	57.4	25.4	0.0	13.0	0.0	11.7	0.0	88.1	46.6	84.9	539.1
1985	60.4	54.5	28.4	7.4	7.2	12.5	0.0	0.0	9.2	11.2	86.4	126.5	403.7
1986	124.7	73.6	180.4	41.5	9.4	0.0	0.0	0.0	8.2	11.1	10.4		459.3
1987	193.8	50.6	84.6	24.1	4.3	7.3	10.4	0.5	0.0	14.4	135.4	55.5	580.9
1988	118.6	101.1	108.3	46.9	9.3	0.0	0.0	0.4	0.0	14.3	42.9	153.4	595.2
1989	142.2	83.6	143.0	20.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	33.5	61.4	79.2	563.6
1990	120.5	46.8	21.9	33.2	11.9	29.4	3.4	3.4	0.0	50.5	196.9	158.6	676.5
1991	50.7	160.3	47.6	19.7	11.4	21.4	0.0	0.0	0.0	13.2	112.1	152.8	589.1
1992	81.7	91.4	108.5	21.2	0.0	24.1	0.0	16.7	3.8	41.0	128.7	103.6	620.6
1993	122.8	71.7	115.4	32.9	0.0	0.0	0.0	3.5	0.0	3.9	102.5	160.5	613.3
1994	118.9	138.5	142.4	30.3	0.0	0.0	0.0	0.0	20.2	55.9	22.9	103.9	632.9
1995	147.4	26.4	203.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	12.9	45.0	160.5	596.1
1996	134.8	94.0	109.3	62.4	10.1	0.0	0.0	19.0	0.0	41.9	54.9	103.9	630.2
1997	103.7	122.7	180.6	12.3	4.9	0.0	0.0	5.7	11.1	24.6	143.3	127.4	736.5
1998	34.1	169.7	82.7	16.6	0.0	5.1	0.0	10.5	0.0	15.2	62.9	122.4	519.3
1999	105.8	149.7	121.0	76.5	1.2	0.0	7.2	0.0	25.8	23.7	36.0	116.0	662.7
2000	221.8	114.3	121.6	4.3	2.7	17.2	13.4	4.6	5.5	48.4	26.3	139.1	719.2
2001	273.3	168.9	153.0	32.3	19.3	0.0	22.5	26.6	20.7	101.9	77.6	156.0	1051.9
2002	91.3	186.3	98.6	22.7	6.0	0.0	29.0	0.0	16.3	29.9	48.8	114.3	643.2
2003	159.3	157.5	225.4	28.7	2.5	6.2	0.0	17.3	10.4	7.0	19.5	87.2	721.1
2004	121.2	107.1	72.4	18.7	2.8	34.9	19.6	11.4	10.4	26.1	61.1	96.0	581.7
2005	72.8	139.9	85.4	30.9	3.8	0.0	0.0	5.9	10.6	29.0	46.7	90.2	515.2
2006	187.4	86.2	108.1	52.8	0.0	8.5	4.3	8.2	7.2	77.1	81.0	72.1	692.9
2007	156.6	114.8	167.5	37.1	4.5	0.0	10.8	1.4	0.0	40.8	74.4	54.8	662.8
2008	142.1	129.2	41.6	10.7	14.7	16.2	0.0	9.2	7.2	52.4	75.8	160.0	659.3
2009	109.8	89.6	62.8	35.6	6.5	0.0	4.5	2.0	6.7	5.7	80.7	78.3	482.3
2010	198.3	92.9	73.3	1.3	15.0	0.0	2.0	7.8	8.7	56.9	24.1	140.9	621.2
2011	121.3	220.5											341.8
2012	86.5	167.2	25.6	5.5	2.0	0.8	3.1	1.8	10.1	6.2	87.6	143.4	539.8
2013	175.6	121.7	106.9	23.1	4.1	3.7	6.2	5.9	4.7	109.3	84.8	141.7	787.7
2014	149.3	109.7	61.2	47.9	8.1	0.0	4.0	0.8	13.0	54.7	16.0	93.2	557.9
2015	150.2	108.8	65.2	77.9	13.7	0.0	10.4	7.2	6.7	16.9	39.0	109.4	605.4
2016	90.6	102.3	53.2	29.3	8.2	0.7	8.5	2.2	15.5	64.6	17.6	47.5	440.2
2017	69.2	83.3	117.2	39.4	12.2	7.9	0.0	6.5	13.0	31.6	63.2	102.4	545.9
2018	98.3	163.3	145.0	27.7	1.0	18.3	22.6	11.2	6.8	95.6	80.1	104.9	774.8
2019	98.6	151.3	128.3	7.7	18.1	0.0	2.3	0.0	8.9	46.8	103.4	163.8	729.2

Fuente. SENAMHI

**"ESTUDIO GEOTÉCNICO Y GEODINÁMICO PARA LA SEGURIDAD FÍSICA DEL CAMINO VECINAL TRAMO CUSIPATA -  
CHILLIHUANI – LLACTO - CERRO SIETE COLORES DEL DISTRITO DE CUSIPATA, PROVINCIA QUISPICANCHI,  
DEPARTAMENTO DE CUSCO"**

ASLLA C. ROSA - MAMANI C. ESTEFANNY

**Tabla 6. 8. ESTACION INCOMPLETA URCOS**

<b>AÑO</b>	<b>ENE.</b>	<b>FEB.</b>	<b>MAR.</b>	<b>ABR.</b>	<b>MAY.</b>	<b>JUN.</b>	<b>JUL.</b>	<b>AGO.</b>	<b>SET.</b>	<b>OCT.</b>	<b>NOV.</b>	<b>DIC.</b>	<b>TOTAL</b>
1980	121.3	125.0	125.7	47.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	55.8	45.0	77.9	597.7
1981	132.0	83.9	128.4	72.6	0.5	0.1	1.4	0.4	28.9	65.9	30.1	149.8	694.0
1982	96.9	211.9	123.0	47.8	16.4	1.7	1.9	3.2	33.5	26.9	23.5	77.6	664.3
1983	139.2	90.6	56.9	24.1	1.8	0.1	0.6	0.4	33.0	27.0	90.3	125.2	589.2
1984	147.3	157.3	89.5	54.5	0.4	0.2	1.1	2.3	34.7	87.8	96.0	115.8	786.9
1985	110.6	66.4	156.5	51.9	4.1	1.5	0.2	0.0	35.5	45.2	21.1	117.1	610.1
1986	123.2	125.7	101.3	25.2	34.3	0.0	26.0	8.6	5.8	11.7	67.4	85.4	614.6
1987	195.0	178.4	98.9	38.8	0.4	0.0	3.8	0.0	0.1	25.2	24.8	110.1	675.5
1988	103.7	64.6	179.9	31.5	0.5	0.0	0.3	0.0	21.4	34.3	53.6	138.3	628.1
1989	162.2	131.2	157.3	42.3	0.6	44.6	6.0	0.7	3.9	60.5	40.4	69.1	718.8
1990	150.1	119.7	83.8	17.9	1.8	0.3	0.0	0.0	25.3	61.2	121.3	166.9	748.3
1991	77.5					1.6	0.1	0.1	2.8	62.4	78.9	90.5	313.9
1992	150.9	133.6	75.3	34.7	1.2	1.2	1.5	10.2	27.5	41.9	17.0	67.9	562.9
1993	179.6	166.8	68.1	37.1	0.2	0.1	0.1	0.2	27.2	53.9	28.6	150.2	712.1
1994	97.8	147.4	133.0	22.7	58.4	0.4	0.1	0.0	35.5	15.0	52.4	141.0	703.7
1995	119.2	92.0	61.2	6.3	46.1	0.1	5.2	1.0	35.3	21.7	43.3	89.1	520.5
1996	115.7	104.5	95.8	24.5	12.4	0.1	6.6	11.8	19.4	45.3	71.2	105.2	612.5
1997	130.8	134.3	98.2	22.9	1.2	0.0	0.0	0.2	15.4	20.4	18.9	82.7	525.0
1998	104.5	153.7	126.7	29.6	0.3	0.1	0.4	1.0	35.2	28.3	95.9	90.2	665.9
1999	66.0	117.5	73.3	32.1	0.9	0.0	0.1	0.0	31.0	16.9	45.4	119.5	502.7
2000	113.8	203.5	117.6	36.4	2.8	184.7	0.1	1.1	4.2	35.0	54.4	123.0	876.6
2001	111.2	153.7	197.3	62.7	0.7	0.0	3.9	2.2	14.5	18.4	38.8	101.2	704.6
2002	131.9	88.5	134.3	85.4	0.0	0.1	25.8	0.7	29.7	68.3	55.5	106.0	726.2
2003	178.7	132.5	135.8	46.3	6.5	0.2	0.1	3.3	22.2	17.4	84.8	99.6	727.4
2004	133.4	224.8	74.6	17.5	0.2	0.1					59.2	93.6	603.4
2005	121.2	155.7	100.8	74.7	0.0	0.1	3.2	0.3	16.9	36.5	75.4	77.4	662.2
2006	132.8	91.6	75.9	36.8	10.2	2.5	0.0	0.4	28.8	22.1	56.2	116.6	573.9
2007	90.8	119.0	81.6	26.9	46.6	0.3	0.2	0.8	16.7	9.9	57.0	84.4	534.2
2008	104.2	110.5	92.4	16.0	0.0	36.0	4.1	1.5	24.5	14.0	48.3	112.3	563.8
2009	100.8	168.2	83.5	34.6	1.5	26.3	0.0	6.9	4.1	59.8	27.1	121	633.8
2010	126.0	93.6	74.4	55.1	0.0	47.6	12.7	0.0	4.9	25.5	40.8	83.5	564.1
2011	87.2	180.8	122.2	15.7	24.0	41.5	0.0	12.4	25.4	4.3	32.0	78.5	624.0
2012	96.2	173.6	140.4	7.5	35.4	36.4	0.0	9.4	27.4	17.9	55.8	83.7	683.7
2013	93.7	37.8	123.8	55.6	0.0	37.4	3.6	1.1	29.3	44.9	78.8	156.0	662.0
2014	98.8	116.2	134.1	20.3	0.0	0.0	0.0	6.3	34.9	15.6	85.4	91.5	603.1
2015	84.6	89.5	145.3	31.4	0.2	0.0	5.8	8.3	9.7	22.9	50.0	85.8	533.5
2016						0.0	9.1	9.1	7.6	67.8	31.7	145.9	271.2
2017	93.4	140.2	126.4	38.7	0.0	25.4	0.0	0.0	3.4	61.6	21.5	98.3	608.9
2018	110.0	156.8	83.9	29.0	6.2	33.0	14.0	0.0	23.2	9.6	57.9	60.6	584.2
2019	111.2	149.6	53.2	47.8	28.4	0.0	2.0	2.9	34.8	17.5	80.6	148.4	676.4

Fuente. SENAMHI

**"ESTUDIO GEOTÉCNICO Y GEODINÁMICO PARA LA SEGURIDAD FÍSICA DEL CAMINO VECINAL TRAMO CUSIPATA -  
CHILLIHUANI – LLACTO - CERRO SIETE COLORES DEL DISTRITO DE CUSIPATA, PROVINCIA QUISPICANCHI,  
DEPARTAMENTO DE CUSCO"**

ASLLA C. ROSA - MAMANI C. ESTEFANNY

Tabla 6. 9. ESTACION INCOMPLETA COMBAPATA

AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.	TOTAL
1980	99.2	144.5	139.0	11.7	2.9	1.4	0.0	0.0	18.9	60.5	91.5	163.9	733.5
1981	150.3	118.2	129.6	70.2	4.2	5.2	0.0	8.4	23.1	105.5	76.8	116.7	808.2
1982	184.7	108.8	61.6	57.0	0.0	0.0	0.0	19.5	16.4	35.6	95.4	106.5	685.5
1983	139.1	83.9	79.1	53.2	13.5	0.0	0.0	0.0	4.9	37.0	62.6	129.7	603.0
1984	244.1	253.4	232.2	39.0	28.8	0.0	0.0	0.0	0.0	123.0	29.8	152.9	1103.2
1985	60.4	201.5	245.7	62.0	44.0	0.0	0.0	0.0	17.9	36.0	149.0	85.0	901.5
1986	59.0	76.0	128.0	69.0				0.0	5.0	30.0	107.0	97.0	571.0
1987	112.0	84.0	181.0	67.0	5.0	0.0	29.0	1.0	6.0	37.0	122.0	79.0	723.0
1988	125.0	77.0	76.0	61.0	3.0	0.0	1.0	0.0	3.0	51.0	89.0	197.0	683.0
1989	162.0	120.0	106.0	39.0	6.0	14.0	0.0	1.0	24.0	64.0	100.0	82.0	718.0
1990	158.9	79.6	54.6	33.0	0.0	0.0	0.0	1.0	5.0	63.0	93.0	114.0	602.1
1991	183.0	83.9	121.3	34.2	11.0	15.1	0.0	1.8	8.9	63.1	53.5	138.4	714.2
1992	207.1	127.6	70.2	8.2	0.0	6.6	0.0	19.1	1.1	71.2	114.6	76.1	701.8
1993	208.2	125.6	88.2	59.9	0.6	0.8	17.5	30.1	40.7	79.3	69.9	174.8	895.6
1994	137.5	114.4	77.6	47.8	9.1	0.0	0.0	0.0	26.5	53.7	70.4	99.2	636.2
1995	92.0	104.5	123.1	31.7	16.7	0.0	1.5	0.0	12.8	8.9	119.9	125.6	636.7
1996	163.2	118.0	119.9	67.3	19.7	0.0	0.0	28.6	18.8	86.0	44.7	124.0	790.2
1997	171.7	161.7	167.6	25.0	19.3	0.0	9.8	2.0	2.0	37.0	127.0	110.0	833.1
1998	113.0	162.0	270.0	22.0	9.0	1.0	0.0	10.0	11.0	73.0	40.0	126.0	837.0
1999	167.0	126.0	91.0	26.0	2.0	0.0	0.0	0.0	31.0	6.0	82.0	165.0	696.0
2000					10.0	0.0	2.0	0.0	17.0	22.0	73.0	170.0	294.0
2001	66.0	287.0	78.0	22.0	6.0	15.0	0.0	4.0	30.0	19.0	102.0	122.0	751.0
2002	204.0	335.0	110.0	43.0	6.0	1.0	73.0	1.0	30.0	73.0	52.0	123.0	1051.0
2003	192.0	179.0	66.0	78.0	1.0	0.0	0.0	2.0	11.0	30.0	38.0	167.0	764.0
2004	205.0	78.0	169.0	37.0	4.0	1.0	6.0	1.0	29.0	49.0	48.0	74.0	701.0
2005	156.0	111.0	96.0	69.0	1.0	6.0	0.0	0.0	10.0	64.0	58.0	145.0	716.0
2006	205.0	151.0	66.0	63.0	7.0	0.0	0.0	48.0	10.0	33.0	90.0	109.0	782.0
2007	164.0	75.0	142.0	36.0	29.0	0.0	3.0	0.0	2.0	46.0	123.0	85.0	705.0
2008	111.0	105.0	108.0	13.0	18.0	2.0	1.0	0.0	20.0	48.0	85.0	102.0	613.0
2009	162.0	100.0	74.0	37.0	1.0	0.0	3.0	3.0	13.0	17.0	83.0	78.0	571.0
2010	216.7	200.8	65.5	54.2	24.3	0.0	0.0	4.0	14.7	59.8	61.9	131.5	833.4
2011	139.5	29.8	173.7	66.6	24.6	0.0	0.0					133.0	567.2
2012	72.4	206.9	50.1	49.6	0.0	2.0	15.7	16.7	10.5	10.5	75.9	72.4	582.7
2013	123.5	156.6	57.8	23.5	8.0	0.9	18.3	1.8	4.3	31.4	73.0	87.7	586.8
2014	168.1	54.0	55.3	12.3	8.3	0.0	0.0	12.5	24.2	13.6	59.3	166.5	574.1
2015	200.1	112.9	139.1	24.8	0.0	0.6	0.0	22.2	19.4	35.5	43.7	144.1	742.4
2016	115.6	219.6	183.5	72.2	4.8	1.3	14.2	0.0	18.9	32.1	88.3	158.0	908.5
2017	155.9	149.2	199.8	35.4	6.3	0.0	17.7	0.0	23.7	50.8	63.9	102.7	805.4
2018	99.9	120.2	60.6	24.8	0.0	1.5	12.0	23.8	4.9	66.8	122.9	113.6	651.0
2019	161.8	76.2	47.3	55.7	0.0	0.0	13.7	0.3	33.1	20.4	101.7	155.6	665.8

Fuente. SENAMHI.

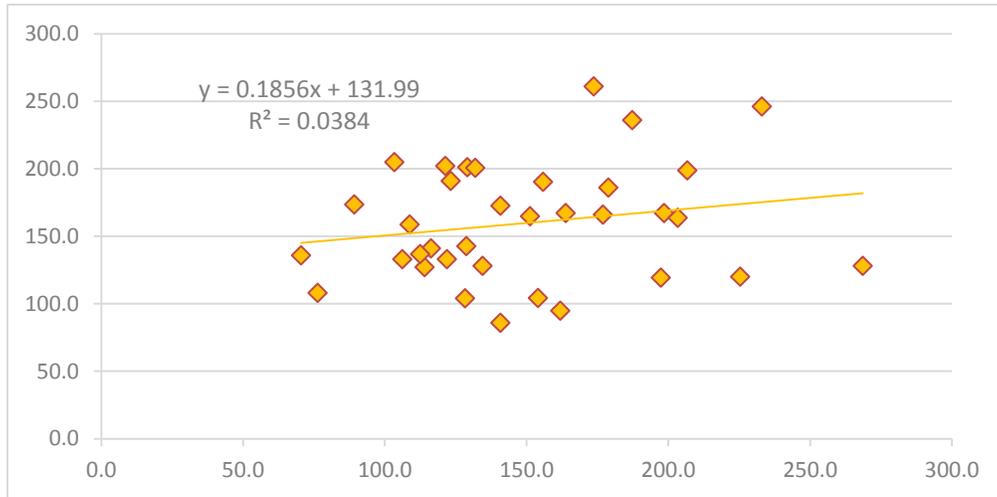
#### 6.3.2.4. COMPLETADO DE DATOS

Existen varios métodos para efectuar el completado de datos faltantes, se utilizará el método estadístico de la “recta de la regresión lineal”, este método permitirá completar los datos vacíos de las estaciones a utilizar con una estación base.

**Tabla 6. 10.** Modelo del Método estadístico recta de regresión lineal para el completado de datos

Año	E.B.(KAYRA)	E1 (POMACANCHI)	
	Ene	Ene	Ene-data completa
1980	106.2	133.0	133
1981	225.4	120.0	120
1982	178.9	186.0	186
1983	128.4	104.0	104
1984	198.6	167.0	167.0
1985	129.1	201.0	201.0
1986	76.4	108.0	108.0
1987	224.3		173.8
1988	163.8		162.5
1989	151.4		160.2
1990	157.6		161.4
1991	97.6		150.2
1992	114.1	127.0	127
1993	206.7	198.8	198.8
1994	177.0	166.0	166
1995	122.0	133.0	133
1996	131.9	200.5	200.5
1997	123.3	191.0	191
1998	116.3	141.0	141
1999	89.3	173.5	173.5
2000	197.4	119.2	119.2
2001	233.0	246.0	246
2002	134.5	128.0	128
2003	163.9	167.2	167.2
2004	173.7	260.9	260.9
2005	140.8	85.8	85.8
2006	203.4	163.7	163.7
2007	140.8	172.6	172.6
2008	108.8	158.6	158.6
2009	112.5	136.7	136.7
2010	268.6	128.0	128
2011	103.4	204.9	204.9
2012	70.5	135.7	135.7
2013	187.3	236.0	236
2014	161.9	94.8	94.8
2015	151.3	164.7	164.7
2016	121.4	201.9	201.9
2017	128.8	142.5	142.5
2018	154.1	104.1	104.1
2019	155.8	190.3	190.3

**Gráfico 6 - 4. Regresión lineal**



### 6.3.2.5. ESTACIONES CON DATOS COMPLETOS

**Tabla 6. 11. ESTACIÓN COMPLETA POMACANCHI**

AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.	TOTAL
1980	96.0	106.0	67.0	67.0	28.0	0.0	1.0	4.0	37.0	54.0	51.0	87.0	598.0
1981	103.0	37.0	85.0	85.0	4.0	0.0	0.0	5.0	14.0	46.0	127.0	105.0	611.0
1982	84.0	96.0	205.0	205.0	35.0	2.0	2.0	3.0	3.0	102.0	118.0	106.0	961.0
1983	118.0	128.0	64.0	64.0	2.0	0.0	0.0	2.0	22.0	63.0	65.0	117.0	645.0
1984	195.0	126.0	31.0	31.0	8.0	9.0	1.0	8.0	8.0	90.0	172.0	112.0	791.0
1985	48.0	68.0	98.0	98.0	76.0	13.0	0.0	5.5	55.0	36.0	141.0	130.0	768.5
1986	135.0	76.0	43.0	43.0	5.0	0.0	0.0	1.5	46.5	26.0	39.0	202.0	617.0
1987	134.2	39.0	33.5	33.5	0.0	0.5	21.5	0.0	3.0	53.1	105.0	128.0	551.3
1988	133.2	120.9	95.5	95.5	0.0	0.0	1.9	0.0	20.9	9.5	34.0	51.2	562.6
1989	124.0	79.4	8.9	8.9	0.0	0.0	1.9	8.0	32.7	48.6	82.8	122.9	518.2
1990	134.9	107.5	64.4	64.4	0.0	0.0	1.9	7.9	22.8	72.4	97.0	117.1	690.3
1991	155.6	113.2	63.2	63.2	0.0	0.0	3.4	4.3	27.4	62.4	95.2	133.5	721.5
1992	90.5	96.0	48.0	48.0	0.0	0.0	1.9	15.5	6.5	92.3	89.0	73.0	560.6
1993	134.0	102.5	31.5	31.5	0.0	2.0	6.0	12.0	16.5	87.0	81.0	186.7	690.7
1994	154.5	125.0	47.5	47.5	5.5	0.0	0.0	1.0	25.5	68.5	88.0	116.5	679.5
1995	108.5	127.0	37.0	37.0	13.5	0.0	5.5	1.5	36.0	9.0	126.0	161.0	662.0
1996	91.5	114.6	55.5	55.5	17.0	0.0	0.0	28.8	32.3	108.0	79.5	158.0	740.7
1997	194.0	190.5	23.0	23.0	16.0	0.0	5.0	12.5	7.5	83.0	135.8	79.0	769.3
1998	130.3	136.8	17.5	17.5	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	72.0	104.5	115.0	594.6
1999	140.6	84.2	93.3	93.3	9.2	0.0	1.6	0.0	19.1	34.4	40.7	106.3	622.7
2000	184.2	112.0	30.6	30.6	7.5	14.8	6.0	16.1	22.5	92.3	41.3	138.1	696.0
2001	159.6	180.9	45.2	45.2	15.7	3.3	21.3	15.8	18.9	84.0	81.3	198.3	869.5
2002	236.1	174.2	69.0	69.0	13.7	0.6	27.8	17.3	62.3	65.5	108.4	121.9	965.8
2003	164.4	150.6	63.5	63.5	16.4	8.7	0.0	6.0	17.1	64.4	50.2	110.0	714.8
2004	175.4	81.5	51.2	51.2	25.4	10.2	8.9	16.9	71.5	57.2	67.2	164.0	780.6
2005	130.3	148.0	52.0	52.0	2.1	0.0	0.2	4.3	2.6	74.2	101.5	105.7	672.9
2006	232.3	95.6	140.6	140.6	1.1	11.1	0.0	7.3	4.3	80.2	101.3	149.3	963.7
2007	175.6	226.5	77.6	77.6	14.1	0.0	4.8	0.0	4.0	52.5	99.7	102.7	835.1
2008	140.8	128.3	33.7	33.7	12.9	4.4	0.0	3.1	17.0	77.9	78.3	129.5	659.6
2009	105.6	80.5	41.8	41.8	8.6	0.0	14.1	0.0	11.0	18.2	277.6	111.1	710.3
2010	203.0	116.6	53.8	53.8	2.4	0.0	0.0	12.8	5.3	58.9	42.1	156.7	705.4
2011	169.2	135.7	60.2	60.2	9.3	4.7	7.1	0.0	57.1	50.9	42.8	189.7	786.9
2012	56.3	100.4	63.9	63.9	2.6	10.2	1.1	2.9	34.9	45.0	95.5	172.6	649.3
2013	85.0	91.8	46.2	46.2	8.9	1.3	0.0	19.9	22.3	60.5	105.1	210.3	697.5
2014	197.6	94.0	39.0	39.0	7.5	0.0	3.2	2.5	43.4	92.8	46.6	130.9	696.5
2015	140.8	151.0	71.4	71.4	9.7	0.0	11.2	7.9	6.6	32.4	115.3	142.3	760.0
2016	187.9	73.3	74.9	74.9	7.1	0.0	0.0	3.2	17.2	67.4	46.9	75.5	628.3
2017	129.6	81.9	42.6	42.6	25.0	0.6	2.2	13.0	22.4	40.3	70.7	109.9	580.8
2018	204.2	30.6	23.3	23.3	25.9	6.5	22.3	5.2	10.5	135.2	94.2	86.7	667.9
2019	135.5	162.6	93.9	93.9	8.2	18.7	25.7	16.9	96.3	36.2	130.1	168.8	986.8

**Tabla 6. 12. ESTACIÓN COMPLETA CAYCAY**

AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.	TOTAL
1980	75.9	102.1	79.8	19.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.5	41.9	57.2	400.5
1981	155.0	78.3	144.2	42.5	0.0	0.0	0.0	12.9	18.7	51.3	115.8	72.3	691.0
1982	132.4	17.4	81.8	12.0	0.0	8.4	0.0	0.0	4.0	63.2	110.2	30.6	460.0
1983	125.4	64.0	15.6	6.2	13.8	7.8	0.0	0.0	7.3	6.0	23.4	40.6	310.1
1984	108.5	103.5	57.4	25.4	0.0	13.0	0.0	11.7	0.0	88.1	46.6	84.9	539.1
1985	60.4	54.5	28.4	7.4	7.2	12.5	0.0	0.0	9.2	11.2	86.4	126.5	403.7
1986	124.7	73.6	180.4	41.5	9.4	0.0	0.0	0.0	8.2	11.1	10.4	106.1	565.4
1987	193.8	50.6	84.6	24.1	4.3	7.3	10.4	0.5	0.0	14.4	135.4	55.5	580.9
1988	118.6	101.1	108.3	46.9	9.3	0.0	0.0	0.4	0.0	14.3	42.9	153.4	595.2
1989	142.2	83.6	143.0	20.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	33.5	61.4	79.2	563.6
1990	120.5	46.8	21.9	33.2	11.9	29.4	3.4	3.4	0.0	50.5	196.9	158.6	676.5
1991	50.7	160.3	47.6	19.7	11.4	21.4	0.0	0.0	0.0	13.2	112.1	152.8	589.1
1992	81.7	91.4	108.5	21.2	0.0	24.1	0.0	16.7	3.8	41.0	128.7	103.6	620.6
1993	122.8	71.7	115.4	32.9	0.0	0.0	0.0	3.5	0.0	3.9	102.5	160.5	613.3
1994	118.9	138.5	142.4	30.3	0.0	0.0	0.0	0.0	20.2	55.9	22.9	103.9	632.9
1995	147.4	26.4	203.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	12.9	45.0	160.5	596.1
1996	134.8	94.0	109.3	62.4	10.1	0.0	0.0	19.0	0.0	41.9	54.9	103.9	630.2
1997	103.7	122.7	180.6	12.3	4.9	0.0	0.0	5.7	11.1	24.6	143.3	127.4	736.5
1998	34.1	169.7	82.7	16.6	0.0	5.1	0.0	10.5	0.0	15.2	62.9	122.4	519.3
1999	105.8	149.7	121.0	76.5	1.2	0.0	7.2	0.0	25.8	23.7	36.0	116.0	662.7
2000	221.8	114.3	121.6	4.3	2.7	17.2	13.4	4.6	5.5	48.4	26.3	139.1	719.2
2001	273.3	168.9	153.0	32.3	19.3	0.0	22.5	26.6	20.7	101.9	77.6	156.0	1051.9
2002	91.3	186.3	98.6	22.7	6.0	0.0	29.0	0.0	16.3	29.9	48.8	114.3	643.2
2003	159.3	157.5	225.4	28.7	2.5	6.2	0.0	17.3	10.4	7.0	19.5	87.2	721.1
2004	121.2	107.1	72.4	18.7	2.8	34.9	19.6	11.4	10.4	26.1	61.1	96.0	581.7
2005	72.8	139.9	85.4	30.9	3.8	0.0	0.0	5.9	10.6	29.0	46.7	90.2	515.2
2006	187.4	86.2	108.1	52.8	0.0	8.5	4.3	8.2	7.2	77.1	81.0	72.1	692.9
2007	156.6	114.8	167.5	37.1	4.5	0.0	10.8	1.4	0.0	40.8	74.4	54.8	662.8
2008	142.1	129.2	41.6	10.7	14.7	16.2	0.0	9.2	7.2	52.4	75.8	160.0	659.3
2009	109.8	89.6	62.8	35.6	6.5	0.0	4.5	2.0	6.7	5.7	80.7	78.3	482.3
2010	198.3	92.9	73.3	1.3	15.0	0.0	2.0	7.8	8.7	56.9	24.1	140.9	621.2
2011	121.3	220.5	124.0	36.6	4.7	4.7	5.0	1.5	13.1	30.7	55.7	107.4	725.4
2012	86.5	167.2	25.6	5.5	2.0	0.8	3.1	1.8	10.1	6.2	87.6	143.4	539.8
2013	175.6	121.7	106.9	23.1	4.1	3.7	6.2	5.9	4.7	109.3	84.8	141.7	787.7
2014	149.3	109.7	61.2	47.9	8.1	0.0	4.0	0.8	13.0	54.7	16.0	93.2	557.9
2015	150.2	108.8	65.2	77.9	13.7	0.0	10.4	7.2	6.7	16.9	39.0	109.4	605.4
2016	90.6	102.3	53.2	29.3	8.2	0.7	8.5	2.2	15.5	64.6	17.6	47.5	440.2
2017	69.2	83.3	117.2	39.4	12.2	7.9	0.0	6.5	13.0	31.6	63.2	102.4	545.9
2018	98.3	163.3	145.0	27.7	1.0	18.3	22.6	11.2	6.8	95.6	80.1	104.9	774.8
2019	98.6	151.3	128.3	7.7	18.1	0.0	2.3	0.0	8.9	46.8	103.4	163.8	729.2

**Tabla 6. 13. ESTACIÓN COMPLETA URCOS**

<b>AÑO</b>	<b>ENE.</b>	<b>FEB.</b>	<b>MAR.</b>	<b>ABR.</b>	<b>MAY.</b>	<b>JUN.</b>	<b>JUL.</b>	<b>AGO.</b>	<b>SET.</b>	<b>OCT.</b>	<b>NOV.</b>	<b>DIC.</b>	<b>TOTAL</b>
1980	121.3	125.0	125.7	47.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	55.8	45.0	77.9	597.7
1981	132.0	83.9	128.4	72.6	0.5	0.1	1.4	0.4	28.9	65.9	30.1	149.8	694.0
1982	96.9	211.9	123.0	47.8	16.4	1.7	1.9	3.2	33.5	26.9	23.5	77.6	664.3
1983	139.2	90.6	56.9	24.1	1.8	0.1	0.6	0.4	33.0	27.0	90.3	125.2	589.2
1984	147.3	157.3	89.5	54.5	0.4	0.2	1.1	2.3	34.7	87.8	96.0	115.8	786.9
1985	110.6	66.4	156.5	51.9	4.1	1.5	0.2	0.0	35.5	45.2	21.1	117.1	610.1
1986	123.2	125.7	101.3	25.2	34.3	0.0	26.0	8.6	5.8	11.7	67.4	85.4	614.6
1987	195.0	178.4	98.9	38.8	0.4	0.0	3.8	0.0	0.1	25.2	24.8	110.1	675.5
1988	103.7	64.6	179.9	31.5	0.5	0.0	0.3	0.0	21.4	34.3	53.6	138.3	628.1
1989	162.2	131.2	157.3	42.3	0.6	44.6	6.0	0.7	3.9	60.5	40.4	69.1	718.8
1990	150.1	119.7	83.8	17.9	1.8	0.3	0.0	0.0	25.3	61.2	121.3	166.9	748.3
1991	77.5	134.8	110.7	36.7	9.8	1.6	0.1	0.1	2.8	62.4	78.9	90.5	605.9
1992	150.9	133.6	75.3	34.7	1.2	1.2	1.5	10.2	27.5	41.9	17.0	67.9	562.9
1993	179.6	166.8	68.1	37.1	0.2	0.1	0.1	0.2	27.2	53.9	28.6	150.2	712.1
1994	97.8	147.4	133.0	22.7	58.4	0.4	0.1	0.0	35.5	15.0	52.4	141.0	703.7
1995	119.2	92.0	61.2	6.3	46.1	0.1	5.2	1.0	35.3	21.7	43.3	89.1	520.5
1996	115.7	104.5	95.8	24.5	12.4	0.1	6.6	11.8	19.4	45.3	71.2	105.2	612.5
1997	130.8	134.3	98.2	22.9	1.2	0.0	0.0	0.2	15.4	20.4	18.9	82.7	525.0
1998	104.5	153.7	126.7	29.6	0.3	0.1	0.4	1.0	35.2	28.3	95.9	90.2	665.9
1999	66.0	117.5	73.3	32.1	0.9	0.0	0.1	0.0	31.0	16.9	45.4	119.5	502.7
2000	113.8	203.5	117.6	36.4	2.8	184.7	0.1	1.1	4.2	35.0	54.4	123.0	876.6
2001	111.2	153.7	197.3	62.7	0.7	0.0	3.9	2.2	14.5	18.4	38.8	101.2	704.6
2002	131.9	88.5	134.3	85.4	0.0	0.1	25.8	0.7	29.7	68.3	55.5	106.0	726.2
2003	178.7	132.5	135.8	46.3	6.5	0.2	0.1	3.3	22.2	17.4	84.8	99.6	727.4
2004	133.4	224.8	74.6	17.5	0.2	0.1	12.3	3.0	21.9	28.8	59.2	93.6	669.4
2005	121.2	155.7	100.8	74.7	0.0	0.1	3.2	0.3	16.9	36.5	75.4	77.4	662.2
2006	132.8	91.6	75.9	36.8	10.2	2.5	0.0	0.4	28.8	22.1	56.2	116.6	573.9
2007	90.8	119.0	81.6	26.9	46.6	0.3	0.2	0.8	16.7	9.9	57.0	84.4	534.2
2008	104.2	110.5	92.4	16.0	0.0	36.0	4.1	1.5	24.5	14.0	48.3	112.3	563.8
2009	100.8	168.2	83.5	34.6	1.5	26.3	0.0	6.9	4.1	59.8	27.1	121.0	633.8
2010	126.0	93.6	74.4	55.1	0.0	47.6	12.7	0.0	4.9	25.5	40.8	83.5	564.1
2011	87.2	180.8	122.2	15.7	24.0	41.5	0.0	12.4	25.4	4.3	32.0	78.5	624.0
2012	96.2	173.6	140.4	7.5	35.4	36.4	0.0	9.4	27.4	17.9	55.8	83.7	683.7
2013	93.7	37.8	123.8	55.6	0.0	37.4	3.6	1.1	29.3	44.9	78.8	156.0	662.0
2014	98.8	116.2	134.1	20.3	0.0	0.0	0.0	6.3	34.9	15.6	85.4	91.5	603.1
2015	84.6	89.5	145.3	31.4	0.2	0.0	5.8	8.3	9.7	22.9	50.0	85.8	533.5
2016	111.4	128.5	116.9	38.2	9.7	0.0	9.1	9.1	7.6	67.8	31.7	145.9	675.9
2017	93.4	140.2	126.4	38.7	0.0	25.4	0.0	0.0	3.4	61.6	21.5	98.3	608.9
2018	110.0	156.8	83.9	29.0	6.2	33.0	14.0	0.0	23.2	9.6	57.9	60.6	584.2
2019	111.2	149.6	53.2	47.8	28.4	0.0	2.0	2.9	34.8	17.5	80.6	148.4	676.4

**"ESTUDIO GEOTÉCNICO Y GEODINÁMICO PARA LA SEGURIDAD FÍSICA DEL CAMINO VECINAL TRAMO CUSIPATA -  
CHILLIHUANI - LLACTO - CERRO SIETE COLORES DEL DISTRITO DE CUSIPATA, PROVINCIA QUISPICANCHI,  
DEPARTAMENTO DE CUSCO"**

ASLLA C. ROSA - MAMANI C. ESTEFANNY

Tabla 6. 14. ESTACIÓN COMPLETA COMBAPATA

AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.	TOTAL
1980	99.2	144.5	139.0	11.7	2.9	1.4	0.0	0.0	18.9	60.5	91.5	163.9	733.5
1981	150.3	118.2	129.6	70.2	4.2	5.2	0.0	8.4	23.1	105.5	76.8	116.7	808.2
1982	184.7	108.8	61.6	57.0	0.0	0.0	0.0	19.5	16.4	35.6	95.4	106.5	685.5
1983	139.1	83.9	79.1	53.2	13.5	0.0	0.0	0.0	4.9	37.0	62.6	129.7	603.0
1984	244.1	253.4	232.2	39.0	28.8	0.0	0.0	0.0	0.0	123.0	29.8	152.9	1103.2
1985	60.4	201.5	245.7	62.0	44.0	0.0	0.0	0.0	17.9	36.0	149.0	85.0	901.5
1986	59.0	76.0	128.0	69.0	9.2	1.8	3.8	0.0	5.0	30.0	107.0	97.0	585.7
1987	112.0	84.0	181.0	67.0	5.0	0.0	29.0	1.0	6.0	37.0	122.0	79.0	723.0
1988	125.0	77.0	76.0	61.0	3.0	0.0	1.0	0.0	3.0	51.0	89.0	197.0	683.0
1989	162.0	120.0	106.0	39.0	6.0	14.0	0.0	1.0	24.0	64.0	100.0	82.0	718.0
1990	158.9	79.6	54.6	33.0	0.0	0.0	0.0	1.0	5.0	63.0	93.0	114.0	602.1
1991	183.0	83.9	121.3	34.2	11.0	15.1	0.0	1.8	8.9	63.1	53.5	138.4	714.2
1992	207.1	127.6	70.2	8.2	0.0	6.6	0.0	19.1	1.1	71.2	114.6	76.1	701.8
1993	208.2	125.6	88.2	59.9	0.6	0.8	17.5	30.1	40.7	79.3	69.9	174.8	895.6
1994	137.5	114.4	77.6	47.8	9.1	0.0	0.0	0.0	26.5	53.7	70.4	99.2	636.2
1995	92.0	104.5	123.1	31.7	16.7	0.0	1.5	0.0	12.8	8.9	119.9	125.6	636.7
1996	163.2	118.0	119.9	67.3	19.7	0.0	0.0	28.6	18.8	86.0	44.7	124.0	790.2
1997	171.7	161.7	167.6	25.0	19.3	0.0	9.8	2.0	2.0	37.0	127.0	110.0	833.1
1998	113.0	162.0	270.0	22.0	9.0	1.0	0.0	10.0	11.0	73.0	40.0	126.0	837.0
1999	167.0	126.0	91.0	26.0	2.0	0.0	0.0	0.0	31.0	6.0	82.0	165.0	696.0
2000	166.5	146.0	105.9	38.3	10.0	0.0	2.0	0.0	17.0	22.0	73.0	170.0	750.7
2001	66.0	287.0	78.0	22.0	6.0	15.0	0.0	4.0	30.0	19.0	102.0	122.0	751.0
2002	204.0	335.0	110.0	43.0	6.0	1.0	73.0	1.0	30.0	73.0	52.0	123.0	1051.0
2003	192.0	179.0	66.0	78.0	1.0	0.0	0.0	2.0	11.0	30.0	38.0	167.0	764.0
2004	205.0	78.0	169.0	37.0	4.0	1.0	6.0	1.0	29.0	49.0	48.0	74.0	701.0
2005	156.0	111.0	96.0	69.0	1.0	6.0	0.0	0.0	10.0	64.0	58.0	145.0	716.0
2006	205.0	151.0	66.0	63.0	7.0	0.0	0.0	48.0	10.0	33.0	90.0	109.0	782.0
2007	164.0	75.0	142.0	36.0	29.0	0.0	3.0	0.0	2.0	46.0	123.0	85.0	705.0
2008	111.0	105.0	108.0	13.0	18.0	2.0	1.0	0.0	20.0	48.0	85.0	102.0	613.0
2009	162.0	100.0	74.0	37.0	1.0	0.0	3.0	3.0	13.0	17.0	83.0	78.0	571.0
2010	216.7	200.8	65.5	54.2	24.3	0.0	0.0	4.0	14.7	59.8	61.9	131.5	833.4
2011	139.5	29.8	173.7	66.6	24.6	0.0	0.0	4.4	25.5	41.9	75.1	133.0	714.1
2012	72.4	206.9	50.1	49.6	0.0	2.0	15.7	16.7	10.5	10.5	75.9	72.4	582.7
2013	123.5	156.6	57.8	23.5	8.0	0.9	18.3	1.8	4.3	31.4	73.0	87.7	586.8
2014	168.1	54.0	55.3	12.3	8.3	0.0	0.0	12.5	24.2	13.6	59.3	166.5	574.1
2015	200.1	112.9	139.1	24.8	0.0	0.6	0.0	22.2	19.4	35.5	43.7	144.1	742.4
2016	115.6	219.6	183.5	72.2	4.8	1.3	14.2	0.0	18.9	32.1	88.3	158.0	908.5
2017	155.9	149.2	199.8	35.4	6.3	0.0	17.7	0.0	23.7	50.8	63.9	102.7	805.4
2018	99.9	120.2	60.6	24.8	0.0	1.5	12.0	23.8	4.9	66.8	122.9	113.6	651.0
2019	161.8	76.2	47.3	55.7	0.0	0.0	13.7	0.3	33.1	20.4	101.7	155.6	665.8

### 6.3.3. REGIONALIZACIÓN DE DATOS PLUVIOMÉTRICOS

#### 6.3.3.1. REGIONALIZACIÓN DE LA PRECIPITACIÓN

Mediante el método determinístico entre dos variables (precipitación y altitud) podremos generar precipitación en zonas donde no se cuenta con datos pluviométricos con un buen grado de aproximación.

#### ESTACIONES METEOROLÓGICAS UTILIZADAS PARA LA REGIONALIZACIÓN

**Tabla 6. 15.** Datos de precipitación Mensual Estación Base

PARÁMETRO	ESTACIÓN BASE - KAYRA											Altitud: 3214	
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
Media	150.8	118.8	97.7	38.0	5.8	4.7	3.4	4.9	16.5	49.7	77.2	113.5	680.7
Desv. Standar	45.1	37.8	37.4	24.0	4.8	6.6	5.8	5.4	11.6	26.8	35.3	33.0	116.6
Coef. Variación	29.9	31.8	38.2	63.1	82.2	141.1	169.3	111.7	70.3	54.0	45.7	29.1	17.1
Prec. Máx.	268.6	184.6	173.9	108.9	16.4	31.8	27.1	21.4	45.9	114.6	201.5	201.5	922.9
Prec. Mín.	70.5	0.0	22.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	8.3	23.1	57.0	476.9

**Tabla 6. 16.** Datos de precipitación Mensual Estación Pomacanchi

PARÁMETRO	EST. 01-POMACANCHI											Altitud: 3690	
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
Media	143.0	112.2	59.7	59.7	11.1	3.0	5.3	7.3	24.6	62.6	91.7	129.5	709.6
Desv. Standar	44.4	41.1	35.0	35.0	13.8	5.0	7.8	7.0	21.1	27.1	44.6	37.5	117.5
Coef. Variación	31.1	36.6	58.7	58.7	124.5	163.2	148.9	95.3	85.7	43.2	48.6	28.9	16.6
Prec. Máx.	236.1	226.5	205.0	205.0	76.0	18.7	27.8	28.8	96.3	135.2	277.6	210.3	986.8
Prec. Mín.	48.0	30.6	8.9	8.9	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	9.0	34.0	51.2	518.2

**Tabla 6. 17.** Datos de precipitación Mensual Estación Caycay

PARÁMETRO	EST.02-CAYCAY											Altitud: 3117	
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
Media	125.8	110.4	102.3	28.0	5.8	6.2	4.7	5.4	7.6	38.3	68.6	105.2	608.4
DESV. Standar	47.6	44.5	50.3	18.6	5.7	9.1	7.4	6.5	6.8	28.0	40.7	41.0	129.6
Coef. Variación	37.8	40.3	49.1	66.2	97.4	146.6	156.2	119.4	89.3	73.0	59.4	38.9	21.3
Prec. Máx.	273.3	220.5	225.4	77.9	19.3	34.9	29.0	26.6	25.8	109.3	196.9	163.8	1051.9
Prec. Mín.	34.1	17.4	15.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.9	10.4	0.0	310.1

**Tabla 6. 18.** Datos de precipitación Mensual Estación Urcos

EST.03-URCOS											Altitud: 3168		
PARÁMETRO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
Media	118.9	131.4	109.0	36.9	9.1	13.1	3.8	2.8	20.9	35.1	53.9	105.9	640.7
Desv. Standar	28.2	40.7	33.5	17.7	15.2	31.9	6.4	3.8	11.9	20.9	25.1	27.4	78.5
Coef. Variación	23.7	31.0	30.8	48.0	167.5	243.7	166.9	137.1	57.0	59.6	46.6	25.9	12.3
Prec. Máx.	195.0	224.8	197.3	85.4	58.4	184.7	26.0	12.4	35.5	87.8	121.3	166.9	876.6
Prec. Mín.	66.0	37.8	53.2	6.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.3	17.0	60.6	502.7

**Tabla 6. 19.** Datos de precipitación Mensual Estación Combapata

EST.04-COMBAPATA											Altitud: 3474		
PARÁMETRO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
Media	150.6	134.1	115.2	43.5	9.1	1.9	6.1	6.7	15.7	47.1	81.4	122.6	733.9
Desv. Standar	46.1	63.0	56.9	19.6	10.1	4.0	13.0	11.0	10.3	25.9	28.3	32.9	121.8
Coef. Variación	30.6	47.0	49.3	45.1	110.9	207.8	215.2	165.0	65.9	55.0	34.7	26.8	16.6
Prec. Máx.	244.1	335.0	270.0	78.0	44.0	15.1	73.0	48.0	40.7	123.0	149.0	197.0	1103.2
Prec. Mín.	59.0	29.8	47.3	8.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.0	29.8	72.4	571.0

En la siguiente tabla se puede observar las estaciones meteorológicas utilizadas para el análisis regional de la Microcuenca Chillihuani donde se puede apreciar las constantes y el coeficiente de correlación (r).

#### Ecuación de Regionalización

$$P^2 = B_0 + B_1 \times H_m$$

Dónde:

P: Precipitación (mm)

$H_m$ : Altitud media de la Microcuenca en estudio

r: Coeficiente de correlación

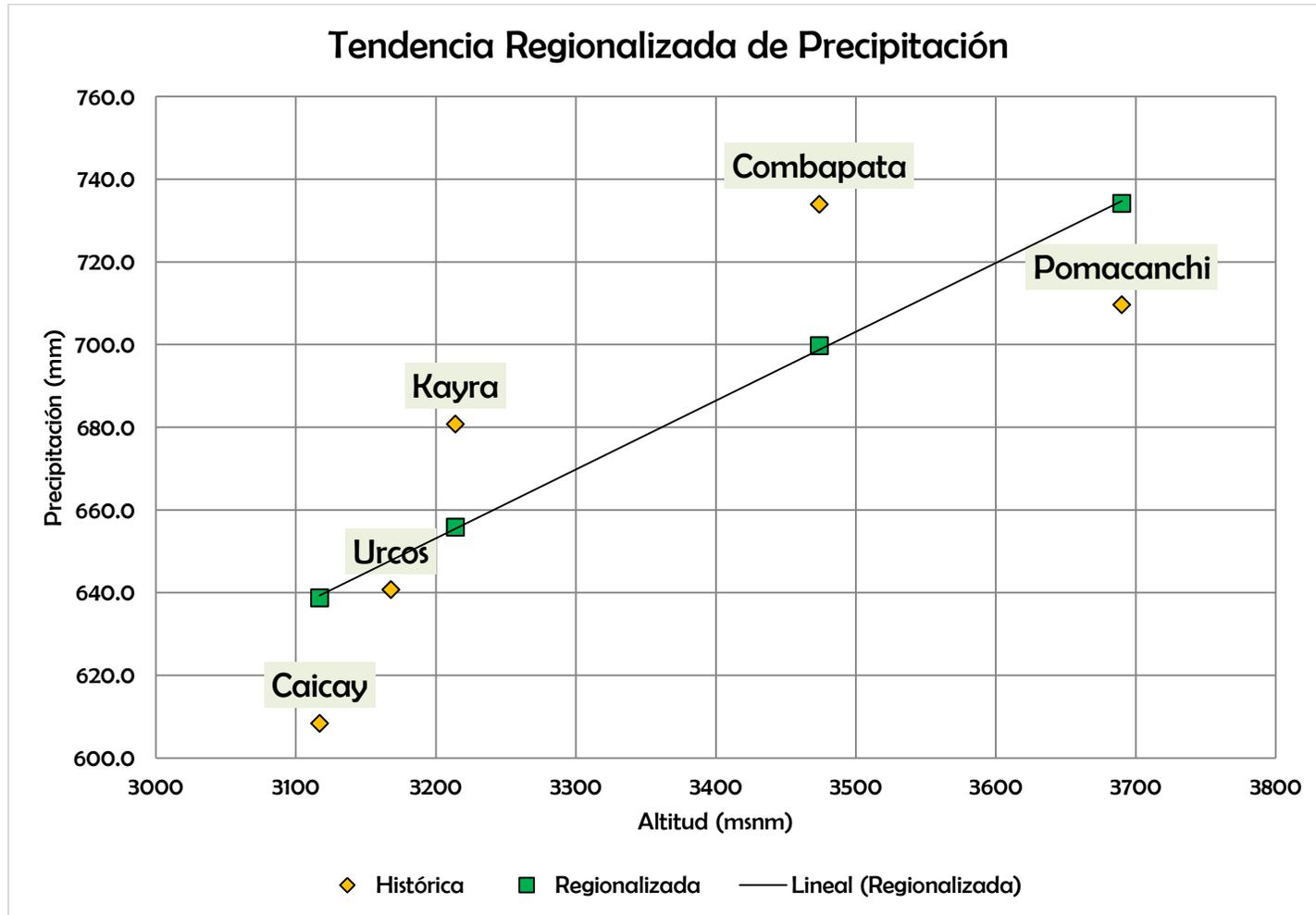
$B_0$  y  $B_1$ : Coeficientes de ecuación de regresión

El coeficiente de correlación “r” resultó *0.81*, lo que nos indica que existe una BUENA correlación y dependencia entre los valores de la altitud con la precipitación para la Microcuenca Chillihuani

Tabla 6. 20. Matriz de Regionalización anual de la precipitación por regresión lineal.

MATRIZ DE REGIONALIZACIÓN ANUAL MICROCUENCA CHILLIHUANI							
NOMBRE DE LA ESTACIÓN	ALTITUD MEDIA msnm (X)	PRECIPITACIÓN MEDIA ANUAL (Y)	ECUACIÓN DE REGRESIÓN $P2=BO+B1*H$				PRECIPITACIÓN MEDIA ANUAL CORR.
	msnm	mm	X2	Y2	X*Y2	Y4	mm/año
KAYRA	3214	680.7	10329796	463406.9476	1489389930	2.14746E+11	655.831
POMACANCHI	3690	709.6	13616100	503503.7764	1857928935	2.53516E+11	734.103
CAICAY	3117	608.4	9715689	370114.0569	1153645515	1.36984E+11	638.705
URCOS	3168	640.7	10036224	410458.0489	1300331099	1.68476E+11	647.766
COMBAPATA	3474	733.9	12068676	538623.8881	1871179387	2.90116E+11	699.671
<b>SUMA</b>	<b>16663</b>	<b>3428.8</b>	<b>55766485</b>	<b>2286106.718</b>	<b>7672474866</b>	<b>1.06384E+12</b>	<b>1871.890</b>
n	5	5	5	5	5	5	5
<b>PROMEDIO</b>	<b>3332.6</b>	<b>685.754</b>	<b>11153297</b>	<b>457221.3436</b>	<b>1534494973</b>	<b>2.12768E+11</b>	<b>675.2153273</b>
<b>CÁLCULO DE PARÁMETROS DE REGRESIÓN</b>				<b>VALORES DE PARÁMETROS DE REGRESIÓN</b>			
A = SUM X	16663	G = C -(A^2)/n	2.35E+05	COEF. INDEPENDIENTE	Bo =	-3.04E+05	
B = SUM Y	3373.27	H = E -(A*D)/n	5.38E+07	COEF. DEPENDIENTE	B1 =	2.29E+02	
C = SUM X^2	55766485	I = F -(D^2)/n	1.86E+10	<b>COEF. DE CORRELACION</b>	<b>r =</b>	<b>0.81222571</b>	
D = SUM Y^2	2286106.718	J = B1 = H/G	2.29E+02	<b>PRECIP. MEDIA ANUAL EN LA MICROCUENCA CHILLIHUANI</b>			
E = X*Y^2	7672474866	BO = (D - J*A)/n	-3.04E+05	Altitud (msnm)	Precip. (mm)		
F = Y^4	1.06384E+12			4566.056	859.730034		
<b>FORMULAS DE PARÁMETRO DE REGRESIÓN</b>				<b>Ecuación de Regionalización</b>			
COEF. INDEPENDIENTE		BO = (D - J*A)/n		<b>P2=Bo + B1 x Hm</b>			
COEF. DEPENDIENTE		J = B1 = H/G					
COEF. DE CORRELACION		r = H/SQRT(G*I)					
DESVIACIÓN ESTÁNDAR							

Gráfico 6 - 5. Tendencia regionalizada de precipitación



6.3.3.1.1. Coeficientes de ajuste para la Microcuenca Chillihuani

**Tabla 6. 21.** ECUACIONES DE INFLUENCIA ENTRE ESTACIÓN BASE Y ESTACIÓN EN ESTUDIO

ESTACIÓN	ESTACIÓN	LATITUD				LONGITUD				ALTITUD media	PRECIPITACIÓN total	FACTOR INFLUENCIA	
		°	'	"	conversión	°	'	"	conversión			ai	gi
E1	KAYRA	13	33	25	13.5569	71	52	31	71.8753	3214	680.74	1.2629	0.1065
E2	POMACANCHI	14	1	41	14.0281	71	34	22	71.5728	3690	709.58	1.2116	0.2654
E3	CAICAY	13	36	1	13.6003	71	42	1	71.7003	3117	608.37	1.4142	0.1495
E4	URCOS	13	42	0	13.7000	71	38	0	71.6333	3168	640.67	1.3419	0.2084
E5	COMBAPATA	14	6	0	14.1000	71	26	0	71.4333	3474	733.91	1.1714	0.2701
<b>ESTACIONES EN ESTUDIO (Ei)</b>													
Mc. Chillihuani		13	52	35.82	13.8766	71	23	59.41	71.3998	4566.056	859.730034		

*a<sub>i</sub>: factor de influencia altitudinal  
g<sub>i</sub>: factor de influencia geográfica*

**Tabla 6. 22.** FACTORES DE CORRECCION POR INFLUENCIA ALTITUDINAL, POR DISTANCIA Y UBICACIÓN GEOGRAFICA

ESTACION	FACTOR DE AJUSTA POR ALTITUD (ai)	FACTOR DE AJUSTE POR DISTANCIA (di)	FACTOR DE AJUSTE POR UBICACIÓN GEOGRAFICA (gi)
KAYRA	1.2629	0.5729	0.1065
POMACANCHI	1.2116	0.2299	0.2654
CAICAY	1.4142	0.4082	0.1495
URCOS	1.3419	0.2928	0.2084
COMBAPATA	1.1714	0.2259	0.2701
	6.4011	16.3882	

**Tabla 6. 23.** Ecuaciones de influencia

ECUACIONES DE INFLUENCIA		
KAYRA	E1	0.13451
POMACANCHI	E2	0.32162
CAICAY	E3	0.21125
URCOS	E4	0.27969
COMBAPATA	E5	0.31645

6.3.3.2. PRECIPITACIÓN MEDIA MENSUAL REGIONALIZADA PARA LA MICROCUENCA CHILLIHUANI

Reemplazamos en la Ecuación de Regionalización:

$$PPi = 0.1345 \times E_1 + 0.322 \times E_2 + 0.211 \times E_3 + 0.279 \times E_4 + 0.316 \times E_5$$

**Dónde:**

*P<sub>Pi</sub>*: Precipitación para el mes *i*

*E<sub>1,2,3,4,5</sub>*: Estación para el mes *i*

Utilizando la ecuación de Regionalización se pudo generar precipitación mensual para la Microcuenca Chillihuani.

Tabla 6. 24. Datos geográficos del centroide de la microcuenca Chillihuani

DATOS				
ZONA DE ESTUDIO	ALTITUD	COORDENADAS UTM		PRECIPITACIÓN HISTÓRICA
		X	Y	
Mc. Chillihuani	4566.056	242225	8466138	859.73

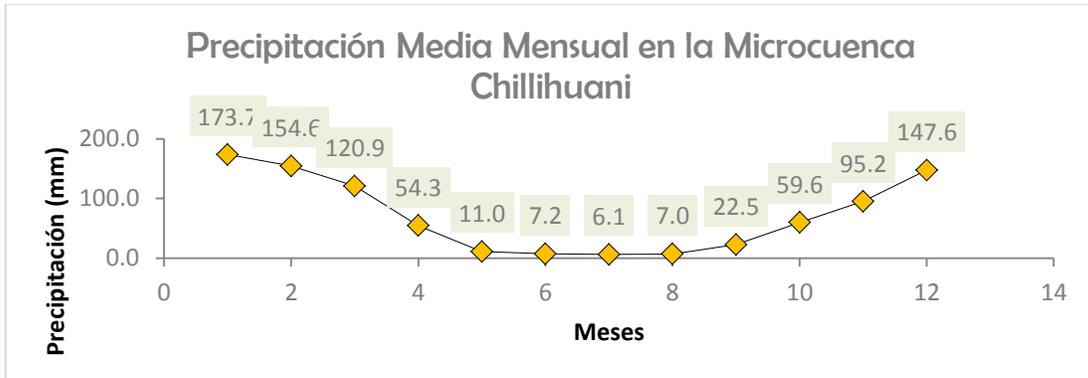
**"ESTUDIO GEOTÉCNICO Y GEODINÁMICO PARA LA SEGURIDAD FÍSICA DEL CAMINO VECINAL TRAMO CUSIPATA -  
CHILLIHUANI – LLACTO - CERRO SIETE COLORES DEL DISTRITO DE CUSIPATA, PROVINCIA QUISPICANCHI,  
DEPARTAMENTO DE CUSCO"**

**ASLLA C. ROSA - MAMANI C. ESTEFANNY**

**Tabla 6. 25.** Precipitación media mensual regionalizada para la Mc. Chillihuani

<b>AÑO</b>	<b>ENE.</b>	<b>FEB.</b>	<b>MAR.</b>	<b>ABR.</b>	<b>MAY.</b>	<b>JUN.</b>	<b>JUL.</b>	<b>AGO.</b>	<b>SET.</b>	<b>OCT.</b>	<b>NOV.</b>	<b>DIC.</b>	<b>TOTAL</b>
1980	126.5	153.3	135.7	45.6	10.4	0.4	1.0	1.4	19.6	65.8	74.9	124.9	759.56
1981	180.7	100.2	151.5	86.5	3.0	2.2	0.4	8.4	30.0	92.1	114.3	147.3	916.48
1982	164.6	143.8	156.4	107.8	15.8	4.1	1.6	8.7	18.3	70.0	114.5	109.2	914.80
1983	164.7	117.9	72.2	49.5	8.8	2.5	0.2	0.9	20.1	44.3	76.9	135.7	693.63
1984	230.8	205.7	130.2	54.1	11.8	6.0	0.8	7.2	12.8	126.5	110.8	148.6	1045.15
1985	95.6	131.8	169.0	71.7	43.1	8.8	0.2	1.8	41.1	46.3	132.3	144.6	886.33
1986	133.2	111.6	137.7	60.3	16.9	0.6	8.7	3.5	20.9	25.8	76.8	133.4	729.27
1987	204.3	111.5	120.1	49.7	2.9	1.9	20.6	0.4	4.0	42.4	121.6	123.1	802.55
1988	158.5	114.0	150.4	83.4	3.7	0.0	1.0	0.1	15.0	36.7	69.6	163.8	796.05
1989	186.9	134.9	126.7	36.6	2.9	18.1	2.3	3.9	23.3	62.0	90.7	113.5	801.85
1990	182.3	115.3	74.1	49.5	4.0	10.6	1.3	4.3	17.8	80.9	147.8	162.9	850.99
1991	153.5	156.5	113.9	51.6	10.1	10.4	1.3	2.0	15.3	66.9	104.5	157.6	843.74
1992	169.5	141.7	95.6	34.2	0.3	10.1	1.0	20.3	12.0	79.4	112.6	96.1	772.89
1993	213.0	149.4	91.7	48.9	0.4	0.9	7.9	15.1	28.2	75.2	92.9	218.4	941.87
1994	169.5	168.9	130.5	49.3	22.6	0.1	0.0	0.3	34.2	60.4	75.5	146.4	857.78
1995	144.9	118.0	123.8	26.1	22.5	0.0	3.8	0.9	29.4	18.1	109.5	164.2	761.22
1996	159.6	136.5	115.2	63.5	18.8	0.0	1.8	26.5	24.4	91.7	78.1	153.3	869.37
1997	191.8	193.1	140.1	28.5	13.3	0.0	4.7	6.9	11.4	55.3	146.5	130.2	921.79
1998	129.7	195.1	147.0	28.5	3.1	1.7	0.1	5.9	14.2	64.1	93.1	135.9	818.49
1999	150.9	143.8	117.2	69.1	4.3	0.5	2.2	0.0	35.9	25.2	64.7	160.4	774.17
2000	217.2	181.8	118.0	34.5	7.3	60.8	5.8	7.1	16.4	63.3	61.1	173.0	946.21
2001	192.4	251.0	145.2	50.7	12.8	5.8	15.0	14.0	26.8	64.9	98.7	175.7	1052.82
2002	214.8	251.0	130.5	67.4	9.8	0.9	49.0	6.6	42.7	80.2	90.3	149.7	1092.78
2003	219.3	193.6	146.1	71.7	8.2	5.0	0.0	10.0	17.9	41.2	59.1	151.2	923.44
2004	207.6	153.3	115.0	39.9	10.4	13.7	14.6	10.2	43.4	50.9	74.5	134.4	867.99
2005	159.5	155.8	109.5	70.4	2.2	2.0	1.1	3.3	11.6	65.7	89.9	134.4	805.41
2006	243.7	143.3	129.8	92.1	5.4	6.7	0.9	20.8	15.1	68.5	103.0	150.1	979.47
2007	185.8	162.0	142.5	64.3	28.5	0.1	5.4	0.5	6.7	49.5	112.4	107.0	864.69
2008	154.2	147.4	88.3	22.7	14.1	15.8	1.5	3.9	22.0	62.2	93.7	156.9	782.77
2009	151.8	138.1	84.1	45.2	5.6	7.4	6.9	3.4	12.2	30.3	152.1	122.0	758.97
2010	247.1	169.5	91.7	52.4	11.8	13.3	4.2	7.7	10.7	65.6	55.1	168.6	897.52
2011	162.5	174.3	152.4	61.7	19.0	14.5	3.8	5.2	41.5	42.5	66.4	162.0	905.82
2012	95.7	202.9	86.7	46.0	11.8	14.4	6.0	9.2	26.8	26.7	107.4	156.3	789.89
2013	154.9	133.8	100.5	44.5	7.1	12.8	8.4	10.2	18.6	79.2	108.4	190.4	868.72
2014	197.7	118.7	85.9	36.9	8.1	0.0	2.3	7.5	35.8	61.1	66.1	161.0	781.09
2015	184.3	151.3	130.4	65.6	8.3	0.7	8.8	14.0	14.6	34.2	83.0	153.3	848.42
2016	163.7	161.6	143.7	63.8	9.6	1.4	9.1	4.0	20.3	73.6	70.6	142.3	863.84
2017	149.1	142.2	143.2	46.1	13.5	10.2	6.6	7.0	19.2	54.7	67.7	132.1	791.44
2018	169.5	136.7	95.7	32.8	12.0	16.2	21.2	11.6	16.2	97.9	110.2	123.1	843.04
2019	167.7	171.1	96.8	69.3	15.5	6.6	13.6	6.3	55.2	44.4	130.2	190.0	966.84
<b>MEDIA</b>	<b>173.7</b>	<b>154.6</b>	<b>120.9</b>	<b>54.3</b>	<b>11.0</b>	<b>7.2</b>	<b>6.1</b>	<b>7.0</b>	<b>22.5</b>	<b>59.6</b>	<b>95.2</b>	<b>147.6</b>	<b>859.73</b>
<b>COEF. VAR.</b>	<b>20.0</b>	<b>22.5</b>	<b>20.8</b>	<b>34.7</b>	<b>75.3</b>	<b>144.5</b>	<b>144.4</b>	<b>86.5</b>	<b>50.5</b>	<b>37.5</b>	<b>26.9</b>	<b>16.4</b>	<b>10.40</b>
<b>MÁXIMO</b>	<b>247.1</b>	<b>251.0</b>	<b>169.0</b>	<b>107.8</b>	<b>43.1</b>	<b>60.8</b>	<b>49.0</b>	<b>26.5</b>	<b>55.2</b>	<b>126.5</b>	<b>152.1</b>	<b>218.4</b>	<b>1092.78</b>
<b>MÍNIMO</b>	<b>95.6</b>	<b>100.2</b>	<b>72.2</b>	<b>22.7</b>	<b>0.3</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>4.0</b>	<b>18.1</b>	<b>55.1</b>	<b>96.1</b>	<b>693.63</b>
<b>DESVIACION</b>	<b>34.83</b>	<b>34.71</b>	<b>25.19</b>	<b>18.87</b>	<b>8.27</b>	<b>10.39</b>	<b>8.85</b>	<b>6.07</b>	<b>11.39</b>	<b>22.35</b>	<b>25.61</b>	<b>24.23</b>	<b>89.41</b>

**Gráfico 6 - 6.** Distribución de la precipitación en la Mc. Chillihuani



La precipitación máxima mensual ocurre en el mes de *Enero* (173.7mm/mes), la precipitación mínima mensual ocurre en el mes de *Julio* (6.1 mm/mes), la precipitación media anual para la Mc. Chillihuani es de 859.73 mm/año.

**Erosión a causa de la precipitación**

Para hallar el grado de erosión en función a la precipitación se hará un análisis:

- *Índice Modificado de Fournier (IMF)*.- Evalúa de forma directa la agresividad de la lluvia (agente erosivo) y se calcula de la siguiente forma:

**Tabla 6. 26.** Clasificación del índice modificado de Fournier

CLASE	RANGO	DESCRIPCIÓN
1	Menores a 60	Muy bajo
2	60 — 90	Bajo
3	90 — 120	Moderado
4	120 — 160	Alto
5	Mayores a 160	Muy alto

Fuente. CEC, 1992.

$$IMF = \sum_{i=1}^{12} \frac{P_i^2}{P_t}$$

Dónde:  $P_i$ : Precipitación de cada mes (mm)

$P_t$ : Precipitación media anual (mm)

$$IMF = \frac{173.7^2 + 154.6^2 + 120.9^2 + 54.3^2 + 11.0^2 + 7.2^2 + 6.1^2 + 7.0^2 + 22.5^2 + 59.6^2 + 95.2^2 + 147.6^2}{859.73}$$

$$IMF = 124.2121604$$

- *Índice de Concentración de Precipitaciones (ICP).*- Refleja la estacionalidad de las lluvias, a mayor valor, mayor diferencia entre las temporadas secas y lluviosas. Se calcula de la siguiente forma:

**Tabla 6. 27.** Clasificación del Índice de Concentración de Precipitaciones

RANGO	DESCRIPCIÓN
8.1 — 10	Uniforme
11 — 15	Estacional Moderada
16 — 20	Estacional
21 — 50	Fuertemente Estacional
51 — 100	Aislada

Fuente. Michiels y Gabriels, 1996

$$ICP = 100 \times \frac{\sum P_i^2}{P^2}$$

Dónde:

$P_i$ : Precipitación de cada mes (mm)

P: Precipitación media anual (mm)

$$ICP = 100 \times \frac{173.7^2 + 154.6^2 + 120.9^2 + 54.3^2 + 11.0^2 + 7.2^2 + 6.1^2 + 7.0^2 + 22.5^2 + 59.6^2 + 95.2^2 + 147.6^2}{859.73^2}$$

$$IMF = 100 \times \frac{106788.9207}{8739135.672959.73}$$

$$IMF = 14.45\%$$

- *Índice de Erosividad Total (IET).*- Describe la capacidad que tienen las lluvias para erosionar suelos. Se calcula de la siguiente forma:

**Tabla 6. 28.** Clasificación del Índice de Erosividad Total

RANGO	DESCRIPCIÓN	CLASE
Menores a 1500	Baja	1
1501 — 2500	Moderada	2
2501 — 5000	Alta	3
Mayores a 5000	Muy Alta	4

Fuente. Vega y Febles, 2008

$$IET = IMF \times ICP$$

$$IET = 124.2121604 \times 14.45$$

$$IET = 1794.83$$

De acuerdo al resultado obtenido, el IET es de “clase 2,” lo que indica que el grado de erosividad producto de las precipitaciones es “Moderada”.

## CAPITULO VII GEODINÁMICA

### 7.1. GENERALIDADES

En este capítulo se describe las características de los movimientos en masa presentes a lo largo del camino vecinal.

Desde el punto de vista conceptual la geodinámica es una disciplina de las ciencias geológicas, esta nos permite comprender como ocurren los fenómenos, cuáles son sus causas y factores que lo generan, las condiciones en las que se desarrollan y sus efectos sobre la corteza terrestre. Los procesos endógenos constituyen manifestaciones de la energía interna de la tierra que crea nuevas estructuras. Los procesos exógenos están representados por fenómenos que ocurren en la superficie terrestre, destructores del relieve primigenio.

### 7.2. Geodinámica interna (Sismicidad)

El Perú es uno de los países de mayor potencial sísmico ya que forma parte del cinturón de fuego, región donde se libera más del 85% de la energía acumulada en su interior debido a los procesos de convección del manto.

En América del Sur, en su borde oriental la placa de Nazca y se introduce por debajo de la Continental o Sudamericana, este proceso es el causante de la geodinámica activa del país.

La Región Cusco se encuentra según la zonificación por intensidad sísmica MM en el grado VI (escala MKS).

#### 7.2.1. Características Sismotectónicas del Perú

Los elementos estructurales que intervienen en el proceso de deformación regional y local en el Perú son descritos a continuación:

- Proceso de Subducción. - Este proceso es originado por la convergencia de la placa de Nazca (oceánica) y Sudamericana (Continental). En el Perú se presenta en el borde occidental.

Estudios de GPS han permitido conocer que el proceso de subducción se realiza con velocidades de orden 7 a 9 cm/año (DeMets et al, 1994, Norabuena et al, 1999).

- Zona Sismogénica. - Superficie de fricción entre la placa de Nazca y Sudamericana, es aquí donde se produce los sismos de mayor magnitud, en esta zona se producen todos los sismos interplaca.
- Fallas Tectónicas. - Son una consecuencia de la subducción de las placas tectónicas y del reacomodo que ocurre en el interior del país, esto se puede evidenciar en los sistemas de fallas y pliegues que se encuentran en el Altiplano, en la zona subandina, al pie de los nevados y cordilleras etc.

Imagen 7 - 1. Proceso de subducción entre la placa de Nazca y Suramericana.



Fuente. Recuperado de Mantilla (2018)

### 7.2.2. Fuentes Sismogénicas

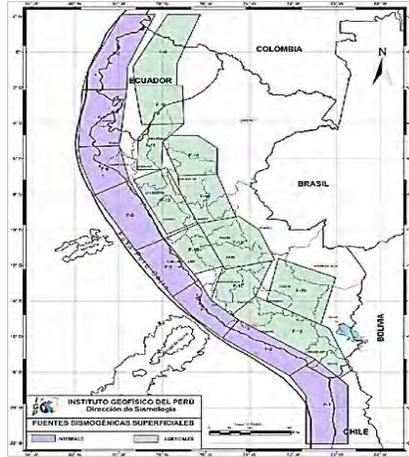
Línea, área o volumen geográfico que presenta similitudes geológicas, geofísicas y sísmicas, se puede asegurar que tu potencial sísmico es homogéneo en toda fuente; es decir, el proceso de generación y recurrencia de sismos es espacial y temporalmente homogéneo.

Se propone 33 fuentes sismogénicas agrupadas en 3:

*Sismicidad Interface:* F-1 a F-8.  
*Deformación Cortical:* F-9 a F-19.

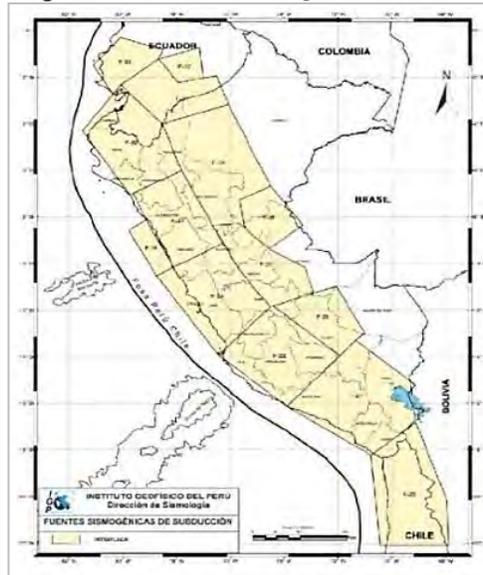
**Sismicidad Intraplaca: F-20 a F-33.**

Imagen 7 - 2. Fuentes Sismogénicas superficiales



Fuente. IGP, 2014

Imagen 7 - 3. Fuentes Sismogénicas de Subducción



Fuente. IGP, 2014.

**7.2.3. Antecedentes Sísmicos en la Región Cusco**

La Región Cusco ha sido afectada altamente por sismos de magnitudes elevadas, como consecuencia de ello fue la pérdida de vidas humanas y daño en las viviendas.

Se ha recopilado información sísmica de la Región Cusco y próximas al área de estudio.

- *31 marzo de 1650.-* Grado X en la escala de Mercalli, destrucción en ruinas y deslizamientos en la Ciudad de Cusco, Pisac, Paucartambo, Yanaoca, Paruro, Quispicanchi, Canchis y Acomayo.
- *18 noviembre de 1744.-* Magnitud 7 en la escala de Richter en el departamento de Cusco.
- *11 febrero de 1746.-* Se desplomó la iglesia, Urcos, Quispicanchi y Acomayo.
- *18 septiembre de 1941.-* Magnitud de 6.4 en la escala de Richter, se produjo daños en los edificios y viviendas en Cusco, se sintió en Abancay y en los pueblos situados en las estribaciones de la Cordillera Occidental.
- *21 mayo de 1950.-* Magnitud de 6.8 en la escala de Richter, más de 50 % de los edificios y viviendas resultan averiados, provoca derrumbes de montañas y cerros de Cusco, dejó al menos 1581 muertos. Su epicentro fue en el valle de Cusco.
- *08 noviembre de 1961.-* Magnitud de 6 en la escala de Richter, Distrito de Acos, Provincia de Acomayo.
- *08 mayo de 1965.-* Magnitud de 6 en la escala de Richter, se produjo desprendimiento de las laderas de los cerros, Distrito de Urcos.
- *05 abril de 1966.-* Magnitud de 5.8 en la escala de Richter, tras un largo silencio sísmico se produce un sismo en Cusco que deja 27 muertos.
- *08 agosto de 2003.-* Se registraron dos movimientos sísmicos de regular intensidad en el Distrito de Ccapacmarca, Provincia de Chumbivilcas, causaron daños.

### **7.3. FENÓMENOS POR GEODINÁMICA EXTERNA**

Los fenómenos de geodinámica externa participan en la evolución del modelado de la superficie terrestre, estos fenómenos ocurren bajo diferentes mecanismos, dependiendo del agente principal y los factores que participan en su origen y desarrollo

Los fenómenos de geodinámica externa están condicionados por factores que determinan su intensidad, magnitud y frecuencia. Los fenómenos más frecuentes a lo largo del camino vecinal Cusipata-Cerro Siete Colores son deslizamiento (corte de talud).

#### **7.3.1. MOVIMIENTOS EN MASA**

Los movimientos en masa son desplazamientos del terreno a favor de la pendiente que se generan por acción de gravedad, estos movimientos producen modificaciones en el terreno.

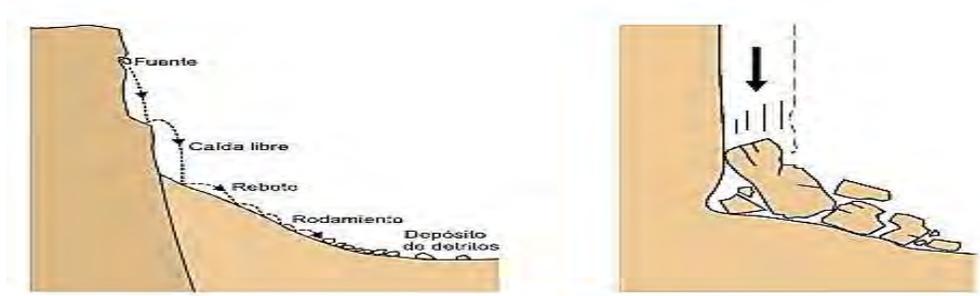
### 7.3.1.1. CLASIFICACIÓN DE MOVIMIENTOS EN MASA

Tabla 7. 1. Clasificación de movimientos en masa según Varnes (1958), (1978) y Hutchinson(1968), (1988)

TIPO	SUBTIPO
Caídas	Caída de roca
Volcamiento	Volcamiento de roca
	Volcamiento flexural
Deslizamiento de suelo o roca	Deslizamiento traslacional, en cuña.
	Deslizamiento rotacional
Propagación lateral	Propagación lateral lenta
	Propagación lateral por licuación
flujo	Flujo de detritos
	Crecida de detritos
	Flujo de lodo
	Flujo de tierra
	Flujo de turba
	Avalancha de detritos
	Avalancha de rocas
	Deslizamiento por flujo o deslizamiento por licuación
reptación	Reptación de suelos
	Soliflucción, geliflucción
Deformaciones gravitacionales profundas	

**Caídas.** - La caída es un tipo de movimiento en masa en el cual uno o varios bloques de suelo o roca se desprenden de una ladera, sin que a lo largo de esta superficie ocurra desplazamiento cortante apreciable. Una vez desprendido, el material cae desplazándose principalmente por el aire pudiendo efectuar golpes, rebotes y rodamiento (Varnes, 1978).

Imagen 7 - 4. Representación gráfica de caídas

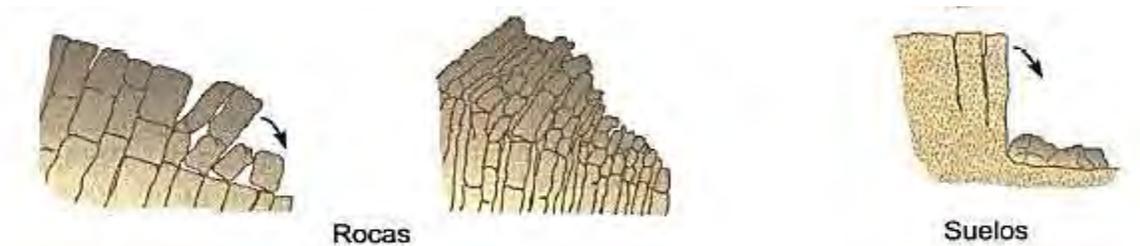


**Fuente.** Clasificación para los tipos de movimientos gravitacionales según Varnes (1978) modificado por Corominas y Yagüe (1997); Highland y Bobrowsky (2008).

**Volcamiento.** - Se denomina así a un tipo de movimiento en masa en el cual hay una rotación generalmente hacia adelante de uno o varios bloques de roca o suelo, alrededor de un punto o

pivote de giro en su parte inferior. Este movimiento ocurre por acción de la gravedad, por empujes de las unidades adyacentes o por la presión de fluidos en grietas (Varnes, 1978).

Imagen 7 - 5. Representación gráfica de volcamiento

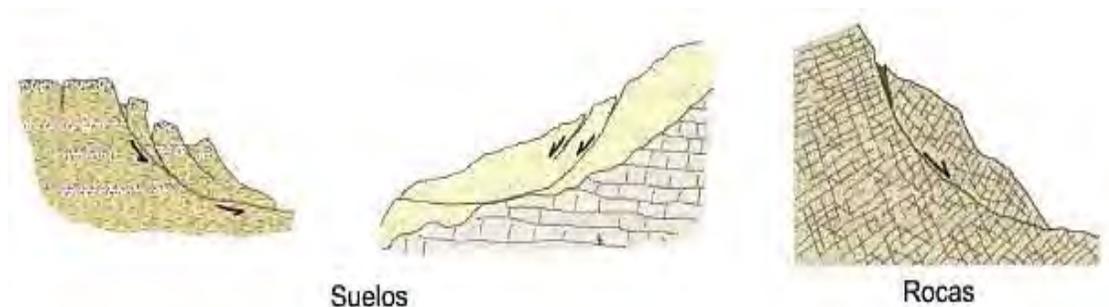


**Fuente.** Clasificación para los tipos de movimientos gravitacionales según Varnes (1978) modificado por Corominas y Yagüe (1997); Highland y Bobrowsky (2008).

**Deslizamiento.** - Desplazamiento rápido de una masa de roca, suelo residual o sedimentos que cubren la ladera, sobre dicha ladera el centro de gravedad de la masa avanza hacia abajo y hacia el exterior (Terzaghi, 1950)

Deslizamientos Rotacionales. - Masas que desplazan importantes volúmenes de material se desprenden y mueven hacia abajo sobre una superficie de ruptura en forma curva o cóncava.

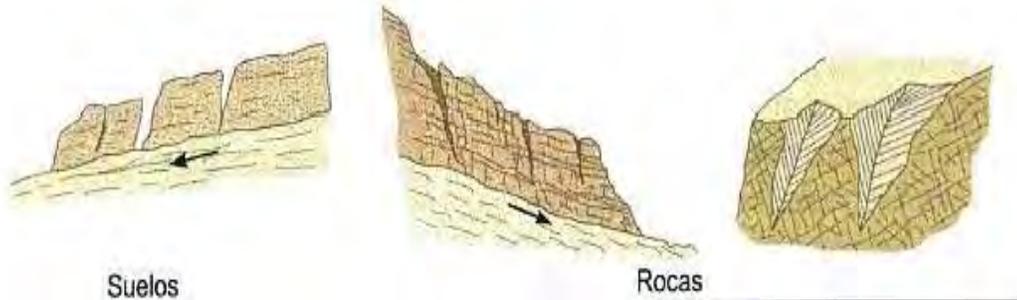
Imagen 7 - 6. Representación gráfica de deslizamientos rotacionales



**Fuente.** Clasificación para los tipos de movimientos gravitacionales según Varnes (1978) modificado por Corominas y Yagüe (1997); Highland y Bobrowsky (2008).

Deslizamientos traslacionales. - Masas de suelo que se desplazan hacia abajo sobre una superficie de ruptura con forma relativamente plana u ondulada.

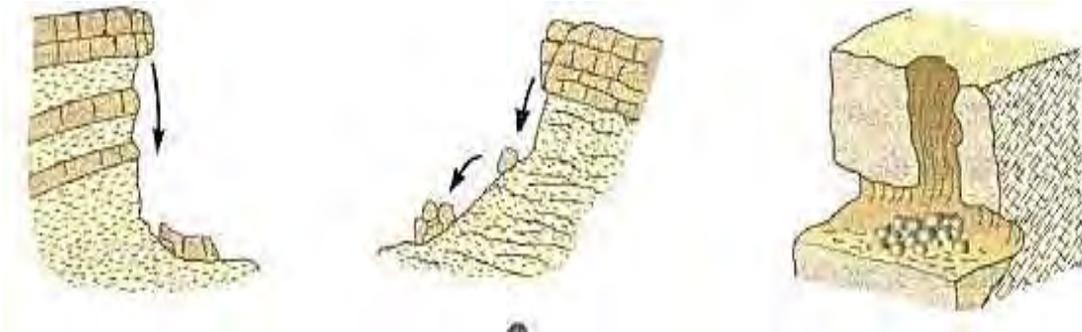
Imagen 7 - 7. Representación gráfica de deslizamientos traslacionales



**Fuente.** Clasificación para los tipos de movimientos gravitacionales según Varnes (1978) modificado por Corominas y Yagüe (1997); Highland y Bobrowsky (2008).

**Desprendimiento.** - Desprendimiento repentino de bloques de suelo o roca, se originan en pendientes abruptas de una ladera, el material que desciende lo hace en caída libre o rebotando o rodando.

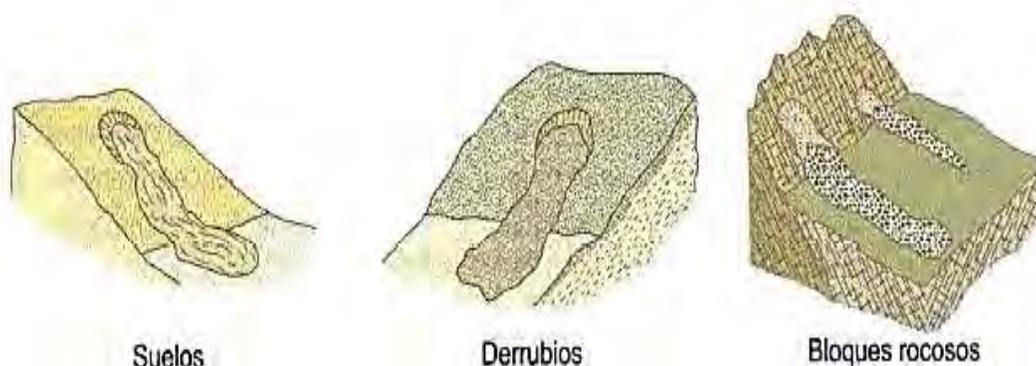
Imagen 7 - 8. Representación gráfica de desprendimientos



**Fuente.** Clasificación para los tipos de movimientos gravitacionales según Varnes (1978) modificado por Corominas y Yagüe (1997); Highland y Bobrowsky (2008).

**Flujos.** - Bajo este sustantivo se agrupan a diferentes movimientos de ladera que tienen en común la deformación interna y continua del material y la ausencia de una superficie neta de desplazamiento (Varnes, 1978).

Imagen 7 - 9. Representación gráfica de flujos



**Fuente.** Clasificación para los tipos de movimientos gravitacionales según Varnes (1978) modificado por Corominas y Yagüe (1997); Highland y Bobrowsky (2008).

### 7.3.1.2. Movimientos en masa en el área de estudio

Se hizo el cartografiado de los diferentes movimientos en masa más importantes a lo largo del camino vecinal.

**Tabla 7. 2.** Inventario de movimientos en masa

CÓDIGO	TIPO MOVIMIENTO	PRESENCIA DE AGUA	ANCHO APROX.	LARGO APROX.	ACTIVIDAD
Mx01	Desliz. rotacional	Seco	30	38	Act. En movimiento
Mx02	Corte de talud	Seco	34	13	Act. Suspendido
Mx03	Corte de talud	Seco	28	16	Activo suspendido
Mx04	Corte de talud	Seco	42	16	Latente
Mx05	Corte de talud	Seco	14	13	Latente
Mx06	Corte de talud	Seco	29	18	Activo suspendido
Mx07	cárcava	Seco	37	30	Activo en movimiento
Mx08	Corte de talud	Seco	29	18	Activo suspendido
Mx09	Corte de talud	Seco	23	18	Activo suspendido
Mx10	Corte de talud	Seco	16	16	Activo suspendido
Mx11	Corte de talud	Seco	38	40	Activo suspendido
Mx12	Desliz. Traslacional	Seco	38	34	Activo suspendido
Mx13	Desliz. rotacional	Seco	28	31	Activo en movimiento
Mx14	Desliz. rotacional	Seco	42	34	Activo suspendido
Mx15	Desliz. rotacional	Seco	68	11	Activo en movimiento
Mx16	Corte de talud	Seco	46	22	latente
Mx17	Corte de talud	Seco	37	26	inactivo

**7.3.1.3. Descripción de los movimientos en masa**

**Tabla 7. 3.** Descripción del Deslizamiento Rotacional Mx01.

Tipo de Movimiento: Deslizamiento Rotacional



UTM Epicentro	N: 8465269 E: 247018
Actividad	Act. movimiento
Litología:	Suelo
Altura máx.:	38m
Ancho pro. :	30m
Pres. agua:	seco
Velocidad:	moderado
Factores condicionantes	
Pendiente: 25-50%	
Litología: Arenisca limosa	

**Tabla 7. 4.** Descripción del corte de talud Mx02

Tipo de Movimiento: corte de talud



UTM Epicentro	N: 8465376 E: 246724
Actividad	Act. suspendido
Litología:	suelo
Altura máx.:	13
Ancho pro. :	34
Pres. agua:	seco
Velocidad:	moderada
Factores condicionantes	
Pendiente: 25-50%	
Litología: Arenisca limosa	

**Tabla 7. 5.** Descripción del corte de talud Mx03

Tipo de Movimiento: corte de talud



UTM Epicentro	N: 8465496 E: 246473
Actividad	Act. suspendido
Litología:	suelo
Altura máx.:	16
Ancho pro. :	28
Pres. agua:	seco
Velocidad:	moderado
Factores condicionantes	
Pendiente: 25-50%	
Litología: Arenisca limosa	

**Tabla 7. 6.** Descripción del corte de talud Mx04

Tipo de Movimiento: corte de talud



UTM Epicentro	N: 8465517 E: 246384
Actividad	Latente
Litología:	suelo
Altura máx.:	16m
Ancho pro. :	42m
Pres. agua:	seco
Velocidad:	moderado
Factores condicionantes	
Pendiente: 25-50%	
Litología: Arenisca limosa	

**Tabla 7. 7.** Descripción del corte de talud Mx05

Tipo de Movimiento: corte de talud



UTM Epicentro	N: 8465513 E: 245949
Actividad	latente
Litología:	Suelo
Altura máx.:	13
Ancho pro. :	14
Pres. agua:	Seco
Velocidad:	lento
Factores condicionantes	
Pendiente: 25-50%	
Litología: Arenisca limosa	

**Tabla 7. 8.** Descripción del corte de talud Mx06

Tipo de Movimiento: corte de talud



UTM Epicentro	N: 8465552 E: 245667
Actividad	Act. suspendido
Litología:	Suelo
Altura máx.:	18
Ancho pro. :	29
Pres. agua:	seco
Velocidad:	lento
Factores condicionantes	
Pendiente: 25-50%	
Litología: Arenisca limosa	

**Tabla 7. 9. Descripción del Deslizamiento Mx07**

Tipo de Movimiento: Mixto



UTM Epicentro	N: 8466115 E: 243047
Actividad	Act. movimiento
Litología:	suelo
Altura máx.:	30
Ancho pro. :	37
Pres. agua:	seco
Velocidad:	lento
Factores condicionantes	
Pendiente: 25-50%	
Litología: grava limosa	

**Tabla 7. 10. Descripción del corte de talud Mx08**

Tipo de Movimiento: corte de talud



UTM Epicentro	N: 8466109 E: 242699
Actividad	Act. suspendido
Litología:	suelo
Altura máx.:	18
Ancho pro. :	29
Pres. agua:	seco
Velocidad:	moderado
Factores condicionantes	
Pendiente: 25-50%	
Litología: grava arcillosa	

**Tabla 7. 11. Descripción del corte de talud Mx09**

Tipo de Movimiento: corte de talud



UTM Epicentro	N: 8466109 E: 242316
Actividad	Act. suspendido
Litología:	suelo
Altura máx.:	18
Ancho pro. :	23
Pres. agua:	seco
Velocidad:	moderado
Factores condicionantes	
Pendiente: 25-50%	
Litología: grava arcillosa	

**Tabla 7. 12. Descripción del corte de talud Mx10**

Tipo de Movimiento: corte de talud



UTM Epicentro	N: 8465496 E: 246473
Actividad	Act. suspendido
Litología:	suelo
Altura máx.:	16
Ancho pro. :	16
Pres. agua:	seco
Velocidad:	rapido
Factores condicionantes	
Pendiente: 25-50%	
Litología: grava arcillosa	

**Tabla 7. 13.** Descripción del corte de talud Mx11

Tipo de Movimiento: corte de talud



UTM Epicentro	N: 8465888 E: 241298
Actividad	Act. movimiento
Litología:	suelo
Altura máx.:	40
Ancho pro. :	38
Pres. agua:	seco
Velocidad:	rapido
Factores condicionantes	
Pendiente:	25-50%
Litología:	grava arcillosa

**Tabla 7. 14.** Descripción del Deslizamiento Traslacional Mx12

Tipo de Movimiento: Deslizamiento Traslacional



UTM Epicentro	N: 8465619 E: 240949
Actividad	Act. suspendido
Litología:	suelo
Altura máx.:	34
Ancho pro. :	38
Pres. agua:	seco
Velocidad:	moderada
Factores condicionantes	
Pendiente:	25-50%
Litología:	grava arcillosa

**Tabla 7. 15. Descripción del Deslizamiento Rotacional Mx13**

Tipo de Movimiento: Deslizamiento Rotacional



UTM Epicentro	N: 8465587 E: 240915
Actividad	Act. movimiento
Litología:	suelo
Altura máx.:	31
Ancho pro. :	28
Pres. agua:	seco
Velocidad:	lento
Factores condicionantes	
Pendiente: 25-50%	
Litología: grava arcillosa	

**Tabla 7. 16. Descripción del Deslizamiento Rotacional Mx14**

Tipo de Movimiento: Deslizamiento Rotacional



UTM Epicentro	N: 8465503 E: 240663
Actividad	Act. suspendido
Litología:	suelo
Altura máx.:	34
Ancho pro. :	42
Pres. agua:	seco
Velocidad:	lenta
Factores condicionantes	
Pendiente: 25-50%	
Litología: gravas arcillosas	

**Tabla 7. 17. Descripción del Deslizamiento Rotacional Mx15**

Tipo de Movimiento: Deslizamiento Rotacional



Km inicio:	
Km final:	
UTM Epicentro	N: 8465446 E: 240467
Actividad	Act. movimiento
Litología:	suelo
Altura máx.:	31
Ancho pro. :	68
Pres. agua:	seco
Velocidad:	moderada
Factores condicionantes	
Pendiente: 25-50%	
Litología: gravas arcillosas	

**Tabla 7. 18. Descripción del corte de talud Mx16**

Tipo de Movimiento: corte de talud



UTM Epicentro	
N: 8465422 E: 240221	
Actividad	latente
Litología:	suelo
Altura máx.:	22
Ancho pro. :	46
Pres. agua:	seco
Velocidad:	moderada
Factores condicionantes	
Pendiente: 25-50%	
Litología: grava arcillosa	

Tabla 7. 19. Descripción del corte de talud Mx17

Tipo de Movimiento: corte de talud



UTM Epicentro	N: 8465521 E: 239867
Actividad	inactivo
Litología:	suelo
Altura máx.:	26
Ancho pro. :	37
Pres. agua:	seco
Velocidad:	lento
Factores condicionantes	

Pendiente: 25-50%  
Litología: grava arcillosa

## **7.4. ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES**

El estudio de estabilidad de taludes se aborda fenómenos de estado último o de rotura de masas. Los agentes responsables de la inestabilidad son una fuerza de masa, peso y eventualmente los efectos de filtración, a los cuales hay que añadir otros factores como las sobrecargas (estáticas/dinámicas).

Se determinará la estabilidad o posible inestabilidad de un talud a partir del análisis de la Estabilidad de Taludes, se obtuvo muestras en diferentes puntos para obtener los parámetros geotécnicos que nos permitirán determinar el factor seguridad de las diferentes secciones.

Este análisis se basa en el planteamiento físico-matemático en el que intervienen las fuerzas estabilizadoras y desestabilizadoras, que actúan sobre el talud y que determinan su comportamiento y condiciones de estabilidad. Existen diversos tipos de fallas en un talud y factores que lo propician, los diversos métodos se encargan de analizar a detalle estas fallas con sus respectivos parámetros, con la finalidad de dar una calificación conocida como factor seguridad.

### **7.4.1. METODOLOGÍA**

El análisis de estabilidad de taludes tiene por objetivo determinar el factor seguridad, para dicho análisis existen métodos, siendo el más utilizado el método de dovelas.

El método de dovelas se clasifica en métodos precisos (teorías de Morgenstern - Price, Spencer y Bishop Riguroso) y en métodos aproximados (Janbú, Fellenius y Bishop Simplificado). El método de dovelas es usado en aquellos casos en que la superficie de rotura del terreno es del tipo circular.

#### **Método de Bishop Simplificado (1955)**

Método que analiza la estabilidad de un talud con SPF del tipo circular, tomando en cuenta el efecto de las fuerzas entre dovelas, este método considera dentro de sus hipótesis fundamentales, el hecho de que las fuerzas de contacto (verticales o de contacto) entre dos dovelas sí se toman en cuenta, pero no resultan influyentes, puesto que se encuentran equilibradas.



Los Resultados del análisis de estabilidad de taludes en condiciones naturales (sin intervención) se muestran a continuación:

Tabla 7. 20. Resultado del análisis de taludes.

SECCIÓN	Bishop Simplificado	Janbú Simplificado
A — A'	0.736	0.714
B — B'	1.033	0.995
C — C'	0.835	0.677
D — D'	2.395	2.41
E — E'	0.977	0.775
F — F'	0.955	0.933
G — G'	2.086	2.061
H — H'	1.430	1.456
I — I'	0.955	0.933
J — J'	1.853	1.845
K — K'	1.422	1.412
L — L'	1.656	1.748
M — M'	1.211	0.977
N — N'	2.066	2.127
O — O'	1.875	1.820
P — P'	1.332	1.294
Q — Q'	1.030	0.994
R — R'	0.922	0.855

## **CAPITULO VIII GEOTECNIA**

### **8.1. GENERALIDADES**

En este capítulo se determina la calidad y propiedades del material que conforma el Camino Vecinal.

Desde el punto de vista conceptual la Ingeniería Geotécnica se encarga del estudio de las propiedades mecánicas, hidráulicas e ingenieriles de los materiales provenientes del medio geológico aplicada a las obras de la ingeniería Civil. Utiliza la mecánica de suelos y rocas para investigar las condiciones y los materiales del subsuelo, determinar las propiedades físicas y químicas de estos materiales.

### **8.2. MECANICA DE SUELOS**

La Mecánica de Suelos estudia las propiedades físicas y el aprovechamiento de suelos, el propósito de la mecánica de suelos es garantizar la estabilidad del suelo, también ayuda a determinar qué tipo de pavimento (rígido o flexible) durará más.

#### **8.2.1. EXPLORACIÓN EN CAMPO**

Para determinar las propiedades físico-mecánicas del suelo en la zona de estudio, es vital realizar investigación en campo para extraer una muestra sin alterar sus condiciones naturales que serán llevadas a laboratorio.

- **Ubicación de calicatas.** - Las calicatas se realizaron cada kilómetro, haciendo un total de 24 puntos de exploración a lo largo del camino vecinal; a continuación, se detalla las progresivas de cada una de ellas:

Tabla 8. 1. Ubicación de calicatas.

<b>PROGR.</b>	<b>CALICATA</b>	<b>PROFUNDIDAD</b>
00+000	C-01	1.50
01+920	C-02	1.50
02+550	C-03	1.50
03+600	C-04	1.50
04+490	C-05	1.50
05+500	C-06	1.50
06+600	C-07	1.50
07+650	C-08	1.50
08+500	C-09	1.00
09+500	C-10	1.50
10+700	C-11	1.50
11+350	C-12	1.50
12+400	C-13	1.50
13+450	C-14	1.00
14+550	C-15	1.50
15+680	C-16	1.50
16+400	C-17	1.50
17+300	C-18	1.50
18+350	C-19	1.50
19+550	C-20	1.50
20+400	C-21	1.50
21+400	C-22	1.50
22+500	C-23	1.50
23+550	C-24	1.50
24+50	C-25	1.50

***Trabajos in situ. -***

**Descripción e identificación de suelos**

- Se realizó una descripción visual de la estratigrafía expuesta y un registro.
- Dicha descripción incluye:
  - Profundidad total
  - Profundidad de la capa freática
  - Profundidad del estrato a describir, referida al nivel de terreno natural.
- Descripción del suelo, empleando la terminología según del tipo de suelo se trate.
- Otras características relevantes

### Extracción de Muestras Representativas

Las muestras fueron extraídas de las paredes, piso y trincheras de las calicatas, fueron perfectamente identificadas.

### 8.2.2. ENSAYOS DE LABORATORIO

Los ensayos de laboratorio que se realizaron fueron de acuerdo con las normas técnicas vigentes que se indican en la tabla N°8. 2.

Tabla 8. 2. Ensayos estándar de laboratorio

ENSAYO	NORMA APLICABLE
Contenido de humedad	NTP 339.127 (ASTM D2216)
Análisis granulométrico	NTP 339.128 (ASTM D422)
Límite Líquido y límite plástico	NTP 339.129 (ASTM D4318)
Clasificación Unificada de Suelos (SUCS)	NTP 339.134 (ASTM D2487)
Clasificación AASHTO	
CBR	NTP 339.127 (ASTM D2216)
Ensayo de compactación Proctor Modificado	NTP 339.141 (ASTM D1557)

#### 8.2.2.1. CONTENIDO DE HUMEDAD NTP 339-127 (ASTM D2216)

Establece el método para determinar el contenido de humedad de un suelo. El contenido de humedad es la relación expresada como porcentaje del peso del agua en una masa dada del suelo al peso de las partículas sólidas.

#### *Procedimiento:*

- Se determina el peso del agua eliminada, secano el suelo húmedo hasta un peso constante en un horno controlado a  $110^{\circ} \pm 5^{\circ}\text{C}$ .
- El peso del suelo que permanece del secado en el horno es usado como peso de las partículas sólidas
- La pérdida del peso debido al secado es considerada como peso del agua.

#### 8.2.2.2. ANALISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

Consiste en la determinación cuantitativa de la distribución de tamaños de partículas de los suelos. La clasificación de las partículas mayores que  $75 \mu\text{m}$  (retenido por el tamiz N°200) se efectúa por tamizado.

### Materiales

- Balanza sensible
- Horno con capacidad de  $110^{\circ} \pm 5^{\circ}\text{C}$ .
- Recipientes
- Brochas, espátulas.
- Tamices (4", 3", 2", 1 1/2", 1", 3/4, 3/8, N°4, N°10, N°20, N°40, N°60, N°140, N°200)



**Foto 8. 1.** Ensayo para el análisis granulométrico

### Procedimiento:

- a. Seleccionar la muestra, cuartearla, hasta obtener la cantidad necesaria.
- b. Pesar la tara y pesar la muestra + tara
- c. Llevarla al horno y dejarla secar (12 a 16 hrs o toda la noche) a  $110^{\circ} \pm 5^{\circ}\text{C}$ .
- d. Retirar la muestra del horno ya seca
- e. Pesar la tara y pesar la muestra seca + tara
- f. Lavar la muestra en el caño, vaciar toda la muestra en un balde limpio y echarle agua, abriendo el caño poco a poco y e empieza a deshacer la muestra con la mano.
- g. Se lava el tamiz N° 200 y se empieza a lavar la muestra cuentas veces sea necesario para eliminar todos los finos y hasta que el agua del balde este transparente.
- h. Retirar la muestra del tamiz N° 200 a una tara ya registrada con ayuda del caño. Mientras se va lavando se va retirando las rocas más grandes
- i. Lo que quede del lavado va al horno para secar la muestra en una tara registrada.
- j. Retirar la muestra del horno ya seco
- k. Pesar la tara y pesar la muestra seca + tara

### **8.2.2.2.1. LÍMITES DE ATTERBERG**

#### **8.2.2.2.1.1. LÍMITE LÍQUIDO**

##### Procedimiento:

Contenido de humedad expresado en porcentaje para el cual el suelo se halla en el límite entre los estados líquido y plástico.

En el límite líquido los suelos plásticos tienen resistencia muy pequeña al esfuerzo cortante y la cohesión del suelo es casi nula.

Se determina realizando pruebas en las que se esparce una porción de muestra en una copa de bronce, dividida en dos por un ranurador, y luego permitiendo que fluya debido a los impactos causados por las repetidas caídas de la copa en un depósito mecánico estándar.

Se requiere realizar tres o más pruebas sobre un rango de contenido de humedad y graficar o calcular la información de las pruebas para establecer una relación a partir de la cual se determina el límite líquido.

#### **8.2.2.2.1.2. LÍMITE PLÁSTICO**

Es el contenido de humedad, expresado en porcentaje para el cual, el suelo se halla entre el límite en estado plástico y semisólido.

Arbitrariamente se designa como el contenido de humedad más bajo al cual el suelo puede ser rolando en hilos de 3,2 mm (1/8") sin que se rompan en pedazos.

##### Procedimiento:

Se determina presionando y enrollando alternadamente a un hilo de 3,2mm, una porción pequeña de suelo plástico hasta que su contenido e humedad se reduzca hasta el punto en que el hilo se quiebre y no puede ser más presionado y enrollado.

#### **8.2.2.2.1.3. ÍNDICE DE PLASTICIDAD**

Es el rango de contenido de humedad sobre el cual el suelo se comporta plásticamente. Numéricamente es la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico

$$IP = L_L - L_P$$

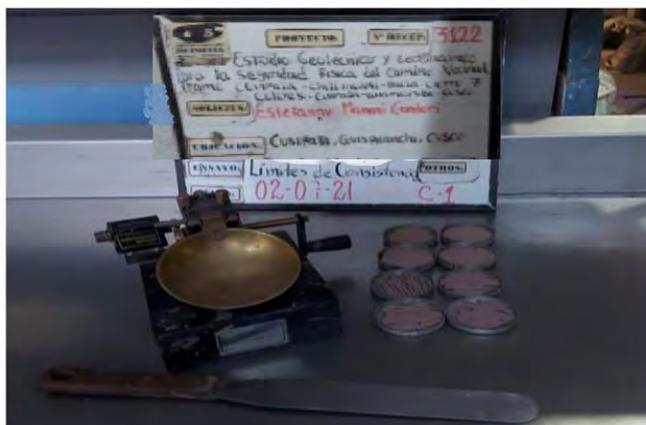


Foto 8. 2. Ensayo para determinar los límites de consistencia

### 8.2.2.3. CLASIFICACIÓN DE SUELOS SEGÚN SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS (SUCS Y AASHTO)

Las clasificaciones de suelos más usados son los métodos de Sistema de Clasificación AASHTO y el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos SUCS. Se trabaja según los datos granulométricos obtenidos, seguidamente se analiza los suelos de partícula fina (limos y arcillas) y gruesa (gravas y arenas), finalmente se caracteriza el suelo según SUCS y AASHTO.

#### 8.2.2.3.1. Sistema de Clasificación AASHTO

De acuerdo a esta clasificación, el suelo se clasifica en siete grupos mayores: A-1 al A-7.

Los suelos de los grupos:

- A-1, A-2, A-3.- Suelos granulares, el 35% o menos del suelo pasa por la malla N° 200
- A-4, A-5, A-6 y A-7.- Suelos que más del 35% pasan por la malla N° 200

Tabla 8. 3. Clasificación de suelos por el método AASHTO

CLASIFICACIÓN GENERAL	Material granular (35% o menos pasa el tamiz N° 200)							Materiales limo-arcillosos (Más del 35% pasa el tamiz N°200)			
	A1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
Grupo	A-1a	A-1b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				
Subgrupo											
Porcentaje que pasa el tamiz:											
N° 10	50 máx.										
N° 40	30 máx.	50 máx.	51 mín.								
N° 200	15 máx.	25 máx.	10 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	36 mín.	36 mín.	36 mín.	
Características del material que pasa el tamiz N° 40											
Límite Líquido				40 máx.	41 min	40 máx.	41 min	40 máx.	41 min	40 máx.	41 min
Índice de plasticidad	6 máx.		NP	10 min	10 máx.	11 min	11 min	10 máx.	10 máx.	11 min	11 min
Terreno de Fundación	Excelente a bueno		Excelente a bueno	Excelente a bueno				Regular a malo			

El índice de plasticidad del subgrupo A75, es igual o menor a LL-30  
 El índice de plasticidad del subgrupo A76, es mayor que LL-30

#### 8.2.2.3.2. Sistema SUCS

Sistema presentado por Arthur Casagrande, usado para describir la textura y tamaño de las partículas del suelo.

Los suelos se designan por símbolos de grupo, el símbolo de cada grupo tiene un prefijo y sufijo, los prefijos son iniciales de los nombres en ingles de los seis principales tipos de suelos, los sufijos indican las subdivisiones en dichos grupos.

**Tabla 8. 4.** Designación de suelos por símbolos de grupos

TIPO DE SUELO	PREFIJO	SUB GRUPO	SUFIJO
Grava	G	Bien graduado	W
Arena	S	Pobremente graduado	P
Limo	M	Limoso	M
Arcilla	C	Arcilloso	C
Orgánico	O	Baja plasticidad	L
Turba	Pt	Alta plasticidad	H

#### 8.2.2.4. Ensayo de CBR (Relación de Soporte de California)

Este método es una forma de clasificación de un suelo para ser utilizado como subrasante o material base en construcción de carreteras.

El método del ensayo es para evaluar principalmente la resistencia de los materiales cohesivos de tamaños máximos de partículas menores a 14 mm (3/4").



**Foto 8. 3.** Ensayo de CBR

#### 8.2.2.5. Ensayo de Compactación Proctor Modificado

La prueba de laboratorio que se utiliza para obtener el peso específico seco máximo de compactación y el contenido de agua óptimo es la prueba Proctor de Compactación.

El CBR se define como la fuerza requerida para que un pistón penetre a una profundidad determinada y la fuerza requerida para tener la misma penetración en una muestra patrón.



**Foto 8. 4.** Ensayo de Compactación Proctor Modificado

### **8.2.3. PROPIEDADES DE LOS SUELOS DEL CAMINO VECINAL**

De acuerdo a los resultados del trabajo de campo y los ensayos de laboratorio, se resume lo siguiente:

- *De la progresiva 00+000 a 02+550*, presenta una superficie de rodadura conformado por suelos de tipo afirmado, con un estado de transitabilidad regular, en promedio conformado por suelos gravosos limosos, con un índice de plasticidad bajo.

Según el sistema de clasificación SUCS, son suelos GM y GC (gravas limosas y gravas arcillosas), en el sistema AASHTO son suelos A-4(2), A-4(3) y A-2-6(0).

- *De la progresiva 02+550 a 04+490*, presenta una superficie de rodadura conformado por suelos de tipo afirmado, con un estado de transitabilidad regular, presenta una superficie de rodadura conformado por suelos gravosos limoso, con un índice de plasticidad NP.

Según el sistema de clasificación SUCS, son suelos GM (gravas limosas), en el sistema AASHTO son suelos A-4(2) y A-4(3).

- *De la progresiva 04+490 a 06+600*, presenta una superficie de rodadura conformado por suelos de tipo afirmado, con un estado de transitabilidad regular, presenta una superficie de rodadura conformado por suelos gravosos limosos, con un índice de plasticidad muy baja.

Según el sistema de clasificación SUCS, son suelos GM y GC-GM (gravas limosas y gravas arcillo limosas), en el sistema AASHTO son suelos A-4(1).

- *De la progresiva 06+600 a 08+500*, presenta una superficie de rodadura conformado por suelos de tipo afirmado, con un estado de transitabilidad regular, presenta una superficie de rodadura conformado por suelos gravosos limosos, con un índice de plasticidad NP.

Según el sistema de clasificación SUCS, son suelos GM (gravas limosas), en el sistema AASHTO son suelos A-4(1), A-4(2).

- *De la progresiva 08+500 a 10+700*, presenta una superficie de rodadura conformado por suelos de tipo afirmado, con un estado de transitabilidad regular, presenta una superficie de rodadura conformado por suelos gravas arcillo-limosas, con un índice de plasticidad muy baja.  
Según el sistema de clasificación SUCS, son suelos GC-GM (gravas arcillo limosas), en el sistema AASHTO son suelos A-4(0) y A-4(1).
- *De la progresiva 10+700 a 12+400*, presenta una superficie de rodadura conformado por suelos de tipo afirmado, con un estado de transitabilidad regular, presenta una superficie de rodadura conformado por suelos gravosos limosos y arcillosos, con un índice de plasticidad NP en gavas limosas y en gravas arcillosas el IP es media.  
Según el sistema de clasificación SUCS, son suelos GM y GC (gravas limosas y gravas arcillosas), en el sistema AASHTO son suelos A-4(2) y A-2-7(2).
- *De la progresiva 12+400 a 14+550*, presenta una superficie de rodadura conformado por suelos de tipo afirmado, con un estado de transitabilidad regular, presenta una superficie de rodadura conformado por suelos gravosos arcillosos, con un índice de plasticidad baja.  
Según el sistema de clasificación SUCS, son suelos GC (gravas arcillosas), en el sistema AASHTO son suelos A-6(0) y A-2-6(0).
- *De la progresiva 14+550 a 16+400*, presenta una superficie de rodadura conformado por suelos de tipo afirmado, con un estado de transitabilidad regular, presenta una superficie de rodadura conformado por suelos gravosos arcillosos, presentan un índice de plasticidad baja.  
Según el sistema de clasificación SUCS, son suelos GC (gravas arcillosas), en el sistema AASHTO son suelos A-2-6(0).
- *De la progresiva 16+400 a 18+350*, presenta una superficie de rodadura conformado por suelos de tipo afirmado, con un estado de transitabilidad regular, presenta una superficie de rodadura conformado por suelos gravosos limosos y arcillosos, con un índice de plasticidad baja.

Según el sistema de clasificación SUCS, son suelos GC y GM (gravas limosas y gravas arcillosas), en el sistema AASHTO son suelos A-2-6(0) y A-4(2).

- *De la progresiva 18+350 a 20+400*, presenta una superficie de rodadura conformado por suelos de tipo afirmado, con un estado de transitabilidad regular, presenta una superficie de rodadura conformado por suelos gravosos limosos y arcillosos, con un índice de plasticidad baja en gravas arcillosas y un IP nula en gravas limosas.

Según el sistema de clasificación SUCS, son suelos GC y GM (gravas limosas y gravas arcillosas), en el sistema AASHTO son suelos A-2-6(0) y A-4(2).

- *De la progresiva 20+400 a 22+500*, presenta una superficie de rodadura conformado por suelos de tipo afirmado, con un estado de transitabilidad regular, presenta una superficie de rodadura conformado por limos de baja plasticidad, con un índice de plasticidad NP.

Según el sistema de clasificación SUCS, son suelos ML (limos de baja plasticidad), en el sistema AASHTO son suelos A-4(4) y A-4(5).

- *De la progresiva 22+500 a 24+561*, presenta una superficie de rodadura conformado por suelos de tipo afirmado, con un estado de transitabilidad regular, presenta una superficie de rodadura conformado por suelos gravosos limosos, presentan un índice de plasticidad NP.

Según el sistema de clasificación SUCS, son suelos GM (gravas limosas), en el sistema AASHTO son suelos A-4(2).

### 8.2.4. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE LABORATORIO

**Tabla 8. 5.** Resumen de los resultados de Laboratorio.

N° DE CALIC	PROGRESIVA	HUMEDAD NATURAL	LIMITES DE CONSISTENCIA			CLASIFICACION		PESO ESPECÍFICO DE SUELO (FRACCIÓN GRUESA)	PRÓCTOR MODIFICADO		CBR AL 100% DE LA DSM (SATURADO)	CBR AL 95% DE LA DSM (SATURADO)*
			LL	LP	IP	SUCS	AASHTO		DSM gr/cm3	CHO %		
C-1	00+695	11.10%	17.52%	N.P.	N.P.	GM	A-4(2)	2.38 gr/cm3	2.13	8.90%	16.06%	14.69%
C-2	01+920	12.11%	17.30%	N.P.	N.P.	GM	A-4(3)	2.47 gr/cm3	2.06	9.77%	17.02%	15.38%
C-3	02+550	7.53%	33.19%	21.21%	11.98%	GC	A-2-6(0)	2.39 gr/cm3	2.10	9.05%	33.31%	30.12%
C-4	03+600	9.50%	14.42%	N.P.	N.P.	GM	A-4(3)	2.45 gr/cm3	1.85	9.54%	38.79%	29.41%
C-5	04+490	7.87%	18.99%	N.P.	N.P.	GM	A-4(2)	2.57 gr/cm3	1.95	9.25%	13.92%	10.53%
C-6	05+500	8.17%	21.11%	N.P.	N.P.	GM	A-4(1)	2.57 gr/cm3	2.07	10.98%	17.67%	15.85%
C-7	06+600	6.63%	25.69%	19.03%	6.67%	GC-GM	A-4(1)	2.59 gr/cm3	2.04	11.08%	16.65%	14.21%
C-8	07+650	8.33%	21.46%	N.P.	N.P.	GM	A-4(1)	2.64 gr/cm3	2.07	9.45%	15.94%	12.73%
C-9	08+500	6.42%	N.P.	N.P.	N.P.	GM	A-4(2)	2.53 gr/cm3	2.00	13.00%	13.37%	10.05%
C-10	09+500	4.14%	25.42%	18.44%	6.97%	GP-GC	A-2-4(0)	2.64 gr/cm3	2.09	7.91%	32.53%	21.46%
C-11	10+700	4.24%	26.83%	20.23%	6.60%	GC-GM	A-4(0)	2.58 gr/cm3	2.17	11.82%	32.88%	28.25%
C-12	11+350	8.52%	21.29%	N.P.	N.P.	GM	A-4(2)	2.57 gr/cm3	2.11	12.18%	16.26%	15.08%
C-13	12+400	12.04%	41.88%	23.30%	18.58%	GC	A-2-7(2)	2.68 gr/cm3	2.19	8.27%	32.26%	23.80%
C-14	13+450	12.84%	32.36%	21.16%	11.20%	GC	A-6(0)	2.53 gr/cm3	2.15	11.48%	32.69%	26.20%
C-15	14+550	11.41%	31.42%	20.03%	11.39%	GC	A-2-6(0)	2.63 gr/cm3	2.16	10.58%	30.42%	23.26%
C-16	15+680	10.68%	32.30%	20.89%	11.41%	GC	A-2-6(0)	2.62 gr/cm3	2.17	10.88%	26.53%	20.01%
C-17	16+400	9.88%	29.09%	17.59%	11.50%	GC	A-2-6(0)	2.54 gr/cm3	2.17	11.50%	27.34%	21.38%
C-18	17+300	9.88%	33.13%	21.77%	11.36%	GC	A-2-6(0)	2.48 gr/cm3	2.15	9.94%	33.80%	24.95%
C-19	18+350	10.22%	22.00%	20.30%	1.70%	GM	A-4(2)	2.40 gr/cm3	2.05	10.27%	14.69%	10.21%
C-20	19+550	7.73%	29.97%	18.46%	11.51%	GC	A-2-6(0)	2.46 gr/cm3	2.14	9.27%	28.54%	21.98%
C-21	20+400	5.77%	23.93%	N.P.	N.P.	GM	A-4(2)	2.46 gr/cm3	2.11	10.56%	14.27%	10.99%
C-22	21+400	15.20%	17.08%	N.P.	N.P.	ML	A-4(4)	2.58 gr/cm3	1.85	9.07%	22.03%	16.18%
C-23	22+500	13.55%	16.20%	N.P.	N.P.	ML	A-4(5)	2.60 gr/cm3	2.15	9.97%	16.32%	12.40%
C-24	23+550	6.23%	20.05%	N.P.	N.P.	GM	A-4(2)	2.58 gr/cm3	2.10	8.56%	14.90%	10.59%
C-25	24+250	6.21%	18.67%	N.P.	N.P.	GM	A-4(2)	2.52 gr/cm3	2.14	10.27%	16.41%	12.72%

### 8.3. DRENAJE

El estudio de drenaje tiene como objetivo evacuar adecuadamente el agua en superficie que discurre ya sea de forma permanente o transitoria por la infraestructura vial (camino vecinal). Tiene como propósito establecer cada una de las obras de arte necesarias en el tramo carretero (camino vecinal).

A lo largo del camino vecinal se han encontrado diversas obras de arte como: alcantarillas, pontones, cunetas, badenes, etc., estas obras de arte como estructuras deben garantizar el buen funcionamiento y una operatividad ininterrumpida.

#### 8.3.1. Tipos de drenaje

Existen dos tipos de drenajes viales:

##### 8.3.1.1. Drenaje superficial

Tiene como propósito alejar el agua que discurre en el pavimento, para evitar una influencia negativa.

En el presente caso se plantea como drenaje superficial a:

- *Alcantarillas.* - Sirven para conducir el agua atravesando el camino por debajo de la superficie y luego canalizándola hacia cursos de agua existentes.
- *Pontones.* - Estructuras que se emplean en el plazo de depresiones topográficas y que a su vez sirven de cursos para aguas de régimen continuo o estacionario.
- *Badenes.* - Son depresiones en el perfil de una carretera que permiten el paso de vehículos y además del flujo de una quebrada que atraviesa la vía.
- *Cunetas.* - Son zanjas longitudinales revestidas o sin revestir abiertas en el terreno, ubicadas a ambos lados o a un solo lado de la carretera, con el objeto de captar, conducir y evacuar adecuadamente los flujos del agua superficial.

##### 8.3.1.2. Drenaje subterráneo

Tiene el objetivo de interceptar, conducir y/o desviar el agua subterránea.

#### 8.3.2. Obras de drenaje superficiales existentes.

A lo largo del camino vecinal en estudio, se ha observado sistemas de drenaje de aguas superficiales constituido principalmente por alcantarillas, pontones; así como también cunetas laterales que permiten la conservación de la plataforma de la carretera.

*Alcantarillas.* - A continuación, se presenta el inventario de las alcantarillas existentes a lo largo del camino vecinal en estudio.



Foto 8. 5. Alcantarilla en buen estado de conservación



Foto 8. 6. Alcantarilla instalada debajo de la subrasante

Tabla 8. 6. Inventario de alcantarillas a lo largo del camino vecinal

PROGRESIVA	TIPO	MATERIAL	ESTADO	OPERATIVIDAD	OPERATIVIDAD
00+300	A	CA	R	SI	Se requiere limpieza de la alcantarilla
00+505	A	CA	B	SI	Ninguna
00+700	A	CA	B	SI	Ninguna
01+120	A	CA	R	SI	Se requiere limpieza de la alcantarilla
02+640	A	CA	R	SI	Se requiere limpieza de la alcantarilla
02+920	A	CA	M	SI	Se requiere limpieza de la alcantarilla
02+980	A	CA	R	SI	Se requiere limpieza de la alcantarilla
03+540	A	CA	R	SI	Se requiere limpieza de la alcantarilla
05+540	A	CA	R	L	Se requiere limpieza de la alcantarilla
07+080	A	CA	R	SI	Se requiere limpieza de la alcantarilla
07+795	A	CA	R	O	Se requiere limpieza de la alcantarilla
08+250	A	CA	R	SI	Se requiere limpieza de la alcantarilla
09+620	A	CA	R	SI	Se requiere limpieza de la alcantarilla
11+600	A	CA	B	L	Se requiere limpieza de la alcantarilla

**Pontones.** - A continuación, se presenta el inventario de pontones existentes a lo largo del camino vecinal en estudio.



**Foto 8. 7.** Vista de pontón ubicado en la progresiva 00+840

**Tabla 8. 7.** Inventario de pontones a lo largo del camino vecinal

PROGRESIVA	TIPO	MATERIAL	ESTADO	OPERATIVIDAD	COMENTARIO
02+240	Ptn	CA	R	SI	Se sugiere limpieza del pontón
02+770	Ptn	CA	R	SI	Se sugiere limpieza del pontón
04+260	Ptn	CA	R	L	Pontón en buen estado
04+520	Ptn	CA	R	L	Pontón en buen estado

**Cunetas.** - A lo largo del camino vecinal se observó la presencia de cunetas las cuales se encuentran colmatadas y otra en buen estado de conservación.



Foto 8. 9. Vista de cuneta en buen estado de conservación



Foto 8. 8. Vista de cuneta colmatada

**Puentes.** - A continuación, se presenta el inventario de las alcantarillas existentes a lo largo del camino vecinal en estudio.



Foto 8. 10. Vista de puente Collpa.

**Tabla 8. 8.** Inventario de puentes a lo largo del camino vecinal

PROGRESIVA	TIPO	MATERIAL	ESTADO	OPERATIVIDAD	COMENTARIO
00+850	P	CA	R	SI	Se sugiere limpieza del puente.
04+200	P	CA	R	SI	Se sugiere limpieza del puente y reemplazo de las barandas.

## 8.4. CANTERAS

Desde el punto de vista conceptual la explotación de la Cantera (yacimiento no mineral), generalmente a cielo abierto, en la que se obtienen rocas industriales, ornamentales o áridas. Toda cantera tiene una vida útil, y una vez agotada, el abandono de la actividad puede originar problemas de carácter ambiental, principalmente relacionados con la destrucción del paisaje.

El estudio de Canteras tiene como objetivo determinar la ubicación y verificación de las propiedades físicas y mecánicas de las canteras.

### 8.4.1. INVESTIGACIÓN EN CAMPO

#### 8.4.1.1. Exploración

La exploración de canteras a lo largo del camino vecinal se realizó mediante el reconocimiento en campo de depósitos de materiales que presentan características adecuadas para ser utilizadas en la construcción de la carretera.

#### 8.4.1.2. Ubicación de canteras

Se ubicaron “3” depósitos de material como probable cantera. La ubicación de las canteras se describe a continuación:

#### 8.4.1.3. Excavación de calicatas en las canteras

Una vez ubicado los depósitos de material, se procede a la excavación

**8.4.2. TRABAJOS DE LABORATORIO**

Para poder determinar las características, propiedades y calidad del material de cantera se realizan ensayos, a continuación, se presenta un cuadro que resume los ensayos realizados para el estudio de canteras:

**Tabla 8. 9.** Ensayos de laboratorio para Canteras

ENSAYO	MÉTODO AASHTO	ENSAYO ASTM
Granulometría	T88	D422
Limite líquido	T89	D4318
Límite plástico	T90	D4318
Índice plástico	T90	D4318
Equivalente arena	T176	D2419
Abrasión de los ángeles	T96	C131-C535
CBR	T193	D1883
Proctor modificado		D1883
Clasificación de suelos-SUCS		D2487
Clasificación de suelos- AASHTO		D3282
Terrones de arcilla y partículas desmenuzables en los agregados	T112	C142
Peso específico y absorción del agregado	T84	C128
Impurezas orgánicas en el agregado grueso	T21	C40
Cubrimientos de los agregados con materiales asfálticos en presencia de agua	T182	-
Adhesividad de lo ligantes bituminosos a los áridos finos	-	-

### 8.4.3. DESCRIPCIÓN DE CANTERAS

En el camino vecinal objeto de estudio existen 03 canteras que se pueden utilizar en diferentes requerimientos del proyecto.

#### CANTERA N° 01



Foto 8. 11. Cantera N° 01 en la progresiva 05+700

**Ubicación:** Se ubica en la progresiva 05+700, lado derecho del camino vecinal.

**Acceso:** A una distancia de 50 metros y se encuentra con libre disponibilidad.

**Área:** Posee un área de 2455.75 m<sup>2</sup>

**Disponibilidad:** Disponible.

**Volumen bruto:** Presenta 13 489 m<sup>3</sup>

**Uso:** Puede ser utilizado para la capa de Sub-base en un 60% después de un zarandeo con una malla de 3 pulgadas, mezclada con el material de la Cantera 2 en un 40%.

Tabla 8. 10. Propiedades de la Cantera 01

CARACTERÍSTICAS	CANTERA 01 Km 05+700		LIMITE SEGÚN NORMA	OBSERVACIONES
Clasificación AASHTO	A-1-a (0)		-	-
clasificación SUCS	GP-GM		-	-
Tamaño Máximo	15-20 Pulgadas Sub Redondeada		-	-
Porcentaje Mayor a ¼"	47.60%		-	-
Porcentaje pasa N° 200	5.30%		-	-
Limite Liquido	18.49%		35% Máx	Dentro de los límites de la norma
Limite Plástico	NP		-	No Presenta
Índice Plástico	NP		4-9% Máx	No presenta
Humedad Natural	6.50%		-	-
Porcentaje de Caras Fracturadas en los agregados	Una Cara	Dos o más Caras	-	-
	14.30%	17.10%	-	-
Proctor Modificado	Max Densidad	Hume óptima	-	-
	2.204	5.65%	-	-
CBR sobre Muestras Compactadas	42.80%		40% Mín	
Abrasión (Ángeles)	27.06%		50%Máx	

### CANTERA N° 02



Foto 8. 12. Cantera N° 02 en la progresiva 07+420

**Ubicación:** Se ubica en la progresiva 07+420, en el lado derecho del camino vecinal.

**Acceso:** A una distancia de 50 metros

**Área:** Posee un área de 2230.16 m<sup>2</sup>

**Disponibilidad:** Disponible.

**Volumen bruto:** 14 784 m<sup>3</sup>

**Uso:** Puede ser utilizado para la capa de Sub-base en un 40% después de un zarandeo con una malla de 3 pulgadas, mezclada con el material de la Cantera 1 en un 60%.

Tabla 8. 11. Propiedades de la Cantera 02

CARACTERISTICAS	CANTERA 02 Km 07+420		LIMITE SEGÚN NORMA	OBSERV.
Clasificación AASHTO	A-1-b (0)		-	-
clasificación SUCS	SC-SM		-	-
Tamaño Máximo	Bloques Angulosos de 12 Pulgadas		-	-
Porcentaje Mayor a ¼"	37.70%		-	-
Porcentaje pasa N° 200	17%		-	-
Limite Liquido	21.45%		35% Máx	Dentro de los límites
Limite Plástico	16.96%		-	-
Índice Plástico	4.5%		4-9% Máx	Dentro de los límites
Humedad Natural	13.33%		-	-
Porcentaje de Caras Fracturadas en los agregados	Una Cara	Dos o más Caras	-	-
	14.30%	17.10%	-	-
Proctor Modificado	Max Dens	Hum óptima	-	-
	2.11	7.13	-	-
CBR sobre Muestras Compactadas	41.9%		40% Mín	Dentro de los límites
Abrasión (Ángeles)	42.06%		50%Máx	Dentro de los límites

### CANTERA N° 03



**Ubicación:** Se ubica en la progresiva 16+430, lado derecho del camino vecinal.

**Acceso:** Al margen del tramo carretero, no se encuentra disponible, ya que pertenece a la comunidad de Chillihuani

**Área:** Posee un área de 1852.36 m<sup>2</sup>

**Disponibilidad:** No disponible

**Volumen bruto:** 8,467.9 m<sup>3</sup>

**Uso:** Puede ser utilizado para la capa de Base en un 10% después de un zarandeo con una malla de 1 1/2"

Foto 8. 13. Cantera N° 03 ubicado en la progresiva 16+430

**Tabla 8. 12.** Propiedades de la Cantera 03

CARACTERISTICAS	CANTERA 03 Km 16+430		LIMITE SEGÚN NORMA	OBSERV.
Clasificación AASHTO	A-2-4 (0)		-	-
clasificación SUCS	GP-GC		-	-
Tamaño Máximo	Bloques Angulosos de 12 Pulgadas		-	-
Porcentaje Mayor a 1/4"	37.70%		-	-
Porcentaje pasa N° 200	17%		-	-
Limite Liquido	22%		35% Máx	Dentro de los límites
Limite Plástico	15%		-	-
Índice Plástico	7.5%		4-9% Máx	Dentro de los límites
Humedad Natural	10.03%		-	-
Porcentaje de Caras Fracturadas en los agregados	Una Cara	Dos o más Caras	-	-
	53.60%	42.20%	-	-
Proctor Modificado	Max Densidad	Hum óptima	-	-
	2.19	8.13		
CBR sobre Muestras Compactadas	41.9%		40% Mín	Dentro de los límites
Abrasión (Ángeles)	42.06%		50%Máx	Dentro de los límites

## CAPITULO IX DE IMPACTO AMBIENTAL

### 9.1. GENERALIDADES

Este capítulo tiene como finalidad identificar y evaluar los impactos ambientales generados por las actividades del proyecto.

Desde el punto de vista conceptual, el estudio de Impacto Ambiental es un estudio de carácter interdisciplinario que tiene por objetivo prever, identificar, evaluar y cambiar los efectos del ambiente.

### 9.2. IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES

Las principales actividades del proyecto que generan impactos ambientales se presentan a continuación:

Tabla 10. 1. Principales actividades generadoras del impacto

ETAPA PRELIMINAR	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Limpieza y desbroce</li> <li>• Construcción de campamento de obra</li> </ul>
ETAPA DE CONSTRUCCION	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Trazo, nivelación y replanteo</li> <li>• Movilización y desmovilización de Equipos                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mantenimiento de tránsito temporal y seguridad vial</li> <li>• Mejoramiento de acceso a canteras</li> </ul> </li> <li>• Extracción, preparación y transporte del material granular</li> <li>• Estabilización y tratamiento de taludes                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• Obras de arte y drenaje Pavimento</li> </ul> </li> <li>• Pruebas de control de calidad Protección ambiental</li> <li>• Programas de contingencia</li> </ul>
ETAPA DE OPERACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Programa de información y capacitación a la población</li> <li>• Uso de la infraestructura Vial                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• Monitoreo periódico de la infraestructura vial</li> <li>• Mantenimiento de la infraestructura vial.</li> </ul> </li> </ul>

### **9.2.1. ACTIVIDADES PRELIMINARES**

#### ***Limpieza y Desbroce.***

Las actividades consisten en adecuar las zonas de trabajo, comenzando por la eliminación de residuos sólidos, eliminación de vegetación muerta como malezas, acciones que producirán impactos positivos.

#### ***Trazo y replanteo de vía.***

Consiste en la colocación y mantenimiento de plantillas, cotas, estacas y demás puntos importantes a lo largo de todo el proyecto, generando así residuos sólidos y cambios en el paisaje natural.

### **9.2.2. ETAPA DE CONSTRUCCIÓN**

#### ***Instalación de Campamentos.***

Las acciones en esta actividad consisten en adecuar construcciones existentes que servirán como letrinas, almacenes, comedores, talleres de reparación y mantenimiento de equipo, produciendo así residuos sólidos durante todo el tiempo de trabajo. Acciones que producirán residuos sólidos durante todo el tiempo del proyecto, contaminación de suelos por residuos de combustibles y lubricantes, deterioro de césped natural por circulación de maquinarias.

#### ***Movilización de Maquinarias***

Actividad que consiste en el transporte del equipo en camiones de plataforma, mientras que el equipo liviano podrá transportarse por sus propios medios, llevando el equipo no autopropulsado como herramientas, martillos neumáticos, vibradores, etc., acciones que se desarrollarán antes de iniciar, durante y después de finalizar los trabajos, generando contaminación acústica y contaminando el aire por emisión de gases de combustible fósil y polución, además de producir residuos sólidos para el transporte de combustible.

#### ***Mantenimiento de tránsito temporal y seguridad vial.***

Comprende actividades para todo el período de ejecución de la obra y aplicable a cada una de las fases de construcción, como: desvíos, rutas alternas para esto se deberán instalar señales y otros dispositivos que indiquen y guíen claramente al usuario a través de ellos, generando residuos sólidos, contaminación del aire, contaminación acústica y cambios en el paisaje natural.

***Mejoramiento de acceso a canteras.***

Esta partida consiste en la habilitación y disposición de una vía de acceso para el transporte de material de afirmado, además el área de colocación de zaranda para la cantera de agregados donde trabajará el equipo que será un cargador frontal y su personal, generando el cambio en la morfología natural, además de producir contaminación acústica y aire en horarios de trabajo, y desestabilización de talud.

***Extracción, preparación y transporte de material granular.***

La actividad consiste en extraer material de cantera incluido el material de desecho, preparar el material con cargador frontal, los cuales serán transportados y apilados con maquinaria pesada durante toda la etapa de construcción. Se generará contaminación de aire por polución y por emisión de gases de combustible fósil, destruyendo la vegetación y flora natural existente.

***Estabilización y tratamiento de taludes.***

Las actividades en esta partida consisten en cortar los taludes, retiro de materiales inestables, nuevo perfilado de taludes y banqueo de taludes, lo que generará cambios en la morfología natural del terreno, vegetación y flora existente.

***Obras de arte y drenaje.***

Comprende la conformación de cunetas laterales, en material suelto, roca suelta o roca fija, en donde requiera encauzar la escorrentía de agua superficial para no causar daños a la estructura, en el proceso de construcción se producirá residuos sólidos.

***Pavimento.***

Las actividades en esta partida consisten en el acarreo de material para la conformación de Rasante, Sub rasante, Base y carpeta asfáltica en maquinarias pesadas, el tendido de material y compactación, Se generarán residuos sólidos, material de desecho, contaminación por polución y por emisión de gases en la aplicación de alquitrán, Y con la constante compactación por vibración se producirán desestabilización en casas y taludes.

***Prueba de control de Calidad.***

Las acciones en esta partida son muy importantes consisten en medir la calidad del suelo, rocas y constituyentes en la conformación del tramo carretero y en taludes, calidad del concreto, calidad de la carpeta asfáltica, etc, asegurándose de que los materiales que se emplean en obra cumplen con las especificaciones técnicas que se requiere para el tipo de proyecto, acciones que permiten garantizar la calidad del proyecto.

***Protección ambiental.***

Esta partida consiste en la recuperación, de ser posible el mejoramiento de las condiciones originales de áreas afectadas por la construcción de la carretera, tales como las áreas de canteras, taludes, zonas de estacionamiento, campamentos, almacenes, patio de máquinas, caminos provisionales, y otras instalaciones dónde las actividades constructivas alteraron el entorno ambiental.

***Programas de contingencia.***

Se considera para la presente partida, la capacitación por un especialista en seguridad para el personal de obra en temas de seguridad, salud, medio ambiente, prevención, primeros auxilios y similares.

**9.2.3. FASE DE OPERACIÓN**

***Programa de información y capacitación a la población.***

Consiste en la organización por parte de la autoridad local para informar y capacitar a los pobladores en el debido aprovechamiento, conservación, mantenimiento y uso adecuado de la infraestructura vial.

***Uso de infraestructura vial.***

Las diferentes actividades producirán residuos sólidos y líquidos por parte de los pobladores y visitantes, con la apertura de la vía la afluencia de vehículos aumentará y así la contaminación atmosférica.

Foto 9. 1. Vista de camino vecinal con afluencia de vehículos



### *Monitoreo periódico de la infraestructura vial.*

Las acciones comprenden inspecciones periódicas a la infraestructura vial, para recopilar información de la velocidad, localización y alertas de conducción a lo largo de la vía, acciones que generarán una adecuada y segura vialidad.

### *Mantenimiento de la infraestructura vial.*

Consiste en la reconstrucción oportuna de la infraestructura deteriorada por el inadecuado y mal uso de la vía, actividad que garantiza la disponibilidad de la carretera

## **9.3. FACTORES DEL AMBIENTE**

Los factores ambientales están conformados por elementos o componentes ambientales que caracterizan a la zona de estudio. Los cambios en el medio ambiente afectan de forma positiva o negativa sobre los componentes ambientales, la elección de cada componente ambiental se determina mediante un consenso razonado lo más amplio posible, para lo que es necesario la información pública. Teniendo en cuenta estos criterios, se puede considerar los siguientes factores ambientales susceptibles a ser impactados:

Tabla 10. 2. Factores ambientales susceptibles a ser impactados

FÍSICO	Aire Suelo Agua
BIOLOGICO	Flora Fauna
SOCIO ECONÓMICO	Social Económico
INFRAESTRUCTURA EN EL MEDIO	Servicios Cultural

### **9.3.1. FÍSICO**

#### **9.3.1.1. AIRE**

Recurso natural indispensable más importante de la tierra y el que hace posible la existencia de la vida. La condición geomorfológica del área en estudio genera la existencia de microclimas con muchas variaciones espaciales y temporales, por ende, existen diversas masas de aire seco entre frío y muy fríos.

#### **9.3.1.2. SUELO**

El suelo; es el tercer recurso natural más importante del planeta tierra, constituye una capa superficial natural de la corteza terrestre local, las condiciones geomorfológicas y climáticas

determinaron la condición productiva para la calidad habitacional, recreacional, agrícola y pecuaria, con limitaciones de drenaje y erosión.

### **9.3.1.3. AGUA**

El agua es un elemento indispensable para el desarrollo de los procesos biológicos, y la mayor influencia del río Tigre en el potencial hídrico de la cuenca media del Río Vilcanota, es en el período de lluvias, las precipitaciones que van desde el mes de noviembre hasta marzo, además del constante deshielo de los nevados en períodos de sequía. Principal uso del agua es para riego, actividad que se práctica con técnicas de bajo nivel de preparación del terreno.

## **9.3.2. BIOLÓGICO**

### **9.3.2.1. FLORA**

La flora es un factor ambiental muy importante, las unidades geomorfológicas que constituyen la zona de estudio son variadas, las cuales generan una amplia diversidad de cobertura vegetal, desde áreas desnudas, bosques, áreas de cultivo, matorrales y bofedales.

### **9.3.2.2. FAUNA**

La diversidad y riqueza de la fauna silvestre y doméstica es de mucha importancia, ya que cumplen una función vital de equilibrio en el ambiente. La fauna existente en el área de estudio es considerada como actividad productiva, los grupos faunísticos de mamíferos lo constituyen principalmente los camélidos y vacunos, el grupo faunístico de aves está constituido por mayu zonzos, garzas y patos de torrentes, el grupo faunístico de peces lo constituyen el bagre y la trucha, y por último los reptiles y anfibios están constituidos por lagartijas y ranas.

## **9.3.3. SOCIO ECONÓMICO**

### **9.3.3.1. SOCIAL**

El área de estudio presenta las unidades de fondo de valle, terraza, altiplanicie y vertiente de montaña, tomando en consideración las unidades geomorfológicas, el nivel socioeconómico se diferencia según la actividad económica, el flujo comercial y las interrelaciones sociales y culturales que predominan en cada unidad. Centro poblados como Paucarpata, Tintinco, Chillihuani, Llacto hasta llegar al área de Estacionamiento para el Paisaje Turístico del Cerro de Siete colores, vienen experimentando cambios en su desarrollo de organización, social y territorial.

### **9.3.3.2. ECONÓMICO**

El aprovechamiento de los recursos naturales y recursos paisajísticos en el área de estudio generan las actividades económicas clasificadas en actividades primarias, como: actividades de agricultura, ganadería y piscicultura; actividades secundarias como: actividad forestal y artesanal; y actividades terciarias como: turismo, servicios y comercio.

### **9.3.4. INFRAESTRUCTURA EN EL AMBIENTE**

#### **9.3.4.1. SERVICIOS**

La satisfacción de necesidades básicas como medios de transporte, educación y seguridad a lo largo del tramo carretero, de acuerdo a información recogida en visitas de campo, permite conocer de forma cualitativa las condiciones de dichos servicios. Los sectores de Chillihuani y Llacto tienen el déficit de servicios de agua, desagüe y energía, sectores como Paucarpata y Tintinco están en proceso de poder satisfacer estas necesidades. El servicio de transporte y seguridad viene experimentado un gran cambio por el aumento visita al atractivo turístico, El servicio educacional está paralizado, y el servicio de salud no existe.

#### **9.3.4.2. CULTURAL**

Existen espacios territoriales con limitaciones y restricciones, ya que son de gran valor arqueológico, productivo y bio-ecológico, poseen características físicas, ambientales y socioeconómicas aptas para desarrollar actividades productivas con fines ecológicos, culturales y de turismo.

### **9.4. IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES**

Este proyecto de infraestructura vial comprende actividades que producen diversos efectos al medio ambiente, por lo cual, estas actividades son sometidas a un análisis de impacto ambiental, con el objetivo de identificar y evaluar los impactos ambientales positivos y negativos.

La evaluación es sistemática y multidisciplinaria, sirve para predecir los efectos potenciales y las consecuencias ambientales de diferentes acciones durante la ejecución del tramo carretero, con la finalidad de estructurar medidas de prevención y mitigación en el programa de contingencia y plan de protección ambiental.

La importancia de la evaluación de impacto ambiental, es identificar y tratar los problemas potenciales en la fase inicial de la ejecución del proyecto, más tarde ya es más costoso implementar operaciones de solución a los problemas de solución críticos.

La selección de la metodología a emplear depende de las características del proyecto y de los objetivos que se requieran, entonces para identificar los impactos ambientales en el presente proyecto se utilizó el método de la Matriz de Leopold, dicho método se adaptó a las condiciones de lugar del proyecto

### Matriz de Leopold

Este tipo de método matricial es indirecto y cualitativo, consiste en relacionar las acciones del proyecto que pueden causar alteraciones en la calidad ambiental, con los componentes del factor físico, biológico y socioeconómico afectados. Esta matriz se elaboró en un cuadro de doble entrada, de modo que la visualización permita identificar de un modo más rápido y claro la causa de los posibles impactos.

En la matriz de Leopold ubicamos en la parte superior las principales actividades del proyecto, y en la parte lateral los principales factores ambientales. La interacción entre actividades y factores va a dar como resultado la magnitud y la importancia del impacto, los cuales requieren un valor numérico. El análisis de la Magnitud del impacto es el rango de afectación del área o volumen donde se va a desarrollar las actividades, le damos un valor numérico según a la intensidad y alteración ya sea positivo (+) o negativa (-), y el análisis de la Importancia es la gravedad de afectación causada por el impacto, le damos un valor numérico según la duración e influencia.

Tabla 10. 3. Cuadro de valoración de magnitud e importancia

MAGNITUD		IMPORTANCIA				
Intensidad	Alteración	Calificación		Duración	Influencia	Calificación
		Negativa	Positiva			
Baja	Baja	-1	1	Temporal	Puntual	1
Baja	Media	-2	2	Media	Puntual	2
Baja	Alta	-3	3	Permanente	Puntual	3
Media	Baja	-4	4	Temporal	Local	4
Media	Media	-5	5	Media	Local	5
Media	Alta	-6	6	Permanente	Local	6
Alta	Baja	-7	7	Temporal	Regional	7
Alta	Media	-8	8	Media	Regional	8
Alta	Alta	-9	9	Permanente	Regional	9
Muy alta	Alta	-10	10	Permanente	Nacional	10

La valoración de impacto ambiental, forma parte de la última fase de la evaluación de impacto ambiental, consiste en contabilizar los valores numéricos de la magnitud del impacto positivo y negativo, por otro lado, realizamos la sumatoria de los valores numéricos de la importancia y magnitud de los impactos positivos y negativo.

Para finalizar dividimos las sumatorias entre el número de impactos, resultando un valor de Impacto Ambiental Bajo.

Tabla 10. 4. Valoración de impactos

VALORACIÓN DE IMPACTOS	
Impacto Bajo	1 - 30
Impacto Medio	31 -61
Impacto Severo	61 -92
Impacto Crítico	>93

Tabla 10.5. Matriz de Leopold

PRINCIPALES FACTORES AMBIENTALES			PRINCIPALES ACTIVIDADES DEL PROYECTO	ACTIVIDADES PRELIMINARES		ETAPA DE CONSTRUCCIÓN										ETAPA DE OPERACIÓN			NRO. DE IMPACTOS		SUMATORIA					
				LIMPIEZA Y DESBROCE	CONSTRUCCIÓN DE CAMPAMENTO DE OBRA	TRAZO, NIVELACIÓN Y REPLANTEO	MOVILIZACIÓN Y DESMOVILIZACIÓN DE EQUIPOS	MANTENIMIENTO DE TRÁNSITO TEMPORAL Y SEGURIDAD VIAL	MEJORAMIENTO DE ACCESO DE CANTEAS	EXTRACCIÓN, PREPARACIÓN Y TRANSPORTE DEL MATERIAL GRANULAR	ESTABILIZACIÓN Y TRATAMIENTO DE TALUDES	OBRAS DE ARTE Y DRENAJE	PAVIMENTO	PRUEBAS DE CONTROL DE CALIDAD	PROTECCIÓN AMBIENTAL	PROGRAMAS DE CONTINGENCIA	PROGRAMA DE INFORMACIÓN Y CAPACITACIÓN A LA POBLACIÓN	USO DE LA INFRAESTRUCTURA VIAL	MONITOREO PERIÓDICO DE LA INFRAESTRUCTURA VIAL	MANTENIMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA VIAL	NEGATIVOS	POSITIVOS	NEGATIVOS	POSITIVOS		
FACTORES AMBIENTALES	FÍSICO	AIRE	Alteración de la calidad de aire	5	-1	-1	-7	-7	-7	-8	-5	-4	-6	-1	4	7	0	-7	0	0	11	3	56	48	16	
			Niveles sonoros	-2	-1	-1	-6	-6	-6	-6	-5	-4	-3	-4	-2	0	0	0	0	0	12	0	45	43	0	
		SUELO	Grado de erosión	-2	-4	-4	-5	-4	-7	-5	-9	-8	6	6	-1	4	7	0	3	0	8	6	37	31	34	
			Contenido de sales	2	3	5	4	5	5	5	5	5	5	5	2	2	0	0	0	0	1	3	1	1	6	
			Compactación de suelo	0	0	0	4	4	4	2	0	0	0	0	2	2	0	0	0	0	2	6	6	8	23	
			Generación de Residuos	7	-7	-3	-5	-4	-5	-5	-3	-5	-6	-1	4	8	5	7	-8	0	12	4	53	57	26	
	AGUA	Alteración de la calidad de agua superficial	3	-6	4	3	5	3	5	5	5	4	5	5	4	7	5	0	1	7	8	27	31	36		
		Alteración de la red de drenaje y caudal	0	6	0	0	-5	0	0	0	6	6	0	5	4	5	0	0	1	3	6	14	16	29		
	BIOLÓGICO	FLORA	Alteración de la calidad de cobertura vegetal	5	-3	-1	-4	-6	-5	-7	5	-4	-4	0	6	5	0	-5	0	0	9	4	39	39	21	
			Conservación de vegetación	5	-2	-1	-4	-6	-5	-6	4	-5	-5	0	5	4	0	-4	0	0	9	4	38	46	18	
		FAUNA	Alteración de la calidad de habitat	5	-4	-2	-5	-7	-6	-7	-2	-3	-6	0	6	5	0	-4	0	0	10	3	49	54	16	
			Conservación de especies animales	3	-2	-1	-6	-6	-6	-8	-3	-4	-5	0	6	5	0	-4	0	0	10	3	47	54	14	
	SOCIO ECONÓMICO	SOCIAL	Organización y desarrollo	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	7	7	8	6	7	0	6	0	0	37	
			Propiedad de la tierra	0	0	6	-2	4	-4	-5	0	0	0	0	0	0	0	7	8	0	0	4	4	16	13	27
			Movimiento migratorio	0	0	-3	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	9	0	0	0	1	3	3	4	22
		SERVICIOS	Vía de comuncación y medios de transporte	0	6	0	6	5	4	-5	8	8	8	8	4	6	8	10	10	7	8	1	14	5	6	96
			Educación	0	3	0	2	-3	-2	2	0	0	6	6	0	8	8	7	8	4	5	1	11	3	6	33
			Salud y Seguridad	3	3	0	-7	-5	5	-5	6	5	8	8	4	8	8	7	6	7	7	4	12	22	23	72
			Actividad agropecuaria	0	0	0	-3	-3	-3	-3	6	5	6	3	0	7	6	7	6	7	7	4	9	12	14	54
		ECONOMÍA	Actividad de piscicultura	0	0	0	-2	-2	-1	-2	4	4	5	4	2	0	5	5	6	4	5	4	9	7	5	40
Actividad comercial			0	5	2	3	3	2	3	6	3	6	2	0	6	8	8	6	5	5	0	15	0	0	71	
CULTURAL		Atractivo turístico	0	0	0	0	0	0	0	0	4	9	10	2	0	8	9	10	9	6	0	8	0	0	55	
	Atractivo paisajístico	0	0	0	0	0	0	0	0	4	9	3	0	8	9	9	9	6	0	0	8	0	0	58		
NÚMERO DE IMPACTOS			NEGATIVOS	2	10	10	13	17	12	15	6	7	7	5	0	0	10	0	1	115	152	489	507	841		
			POSITIVOS	10	5	2	4	2	5	2	8	11	14	10	13	21	12	9	12	152	152	489	507	841		
SUMATORIA			NEGATIVOS	4	37	19	61	86	56	81	21	31	37	7	0	0	48	0	1	489	507	841	507	841		
			POSITIVOS	42	19	8	15	8	17	7	46	53	33	92	38	41	9	60	0	841	507	841	507	841		
RESULTADOS				44	69	48	72	89	69	76	73	82	130	47	67	117	86	139	57	60	4.3	4.41	5.33	5.38		

#### 9.4.1. DESCRIPCIÓN DE LOS IMPACTOS NEGATIVOS IDENTIFICADOS

**Alteración de calidad del aire (polvo):** La calidad del aire se verá más afectada durante la etapa de construcción, por las actividades de movilización y desmovilización de equipos, que incluyen maquinarias pesadas, como: volquetes, motoniveladora, rodillo y camionetas para el uso de transporte de maquinaria liviana y personal, el uso de los medios de transporte generará bastante polución, ya que la carretera está en mal estado y sin presencia de mantenimiento vial, además de la emisión de gases de combustible fósil. Impacto ambiental negativo es de duración temporal a media con influencia local, la magnitud del impacto es de intensidad y alteración media.

**Niveles sonoros:** El ambiente acústico es afectado aun así sin iniciar la obra, pero los niveles sonoros aumentarán una vez que se inicie las primeras actividades y más aún con la movilización de maquinarias, el mejoramiento de desvíos, accesos a canteras y la construcción del pavimento. Por zona específicas como en la explotación de canteras y la construcción de obras de arte. El movimiento de la población será mayor una vez culminado el tramo carretero. El impacto ambiental negativo es de magnitud media y de importancia local.

**Generación de residuos:** La contaminación por residuos sólidos y líquidos, inicia con la etapa de construcción de campamentos, una vez que el personal de oficina y obreros inicien sus labores, la generación de residuos sólidos y líquidos no cesará, es más, cuando el camino vecinal esté culminado, la afluencia de gente será mayor, y por lo tanto la contaminación aumentará. Este impacto realmente es muy negativo, con magnitud de media a alta e importancia local media a permanente.

**Alteración de la cobertura vegetal:** Desde el diseño y planificación del proyecto, comienza el plan de alterar la cobertura vegetal, la máxima alteración de la vegetación se dará en la etapa de construcción, con las actividades de movilización de maquinarias, mantenimiento de tránsito temporal, con la apertura de accesos, desvíos, extracción de material, ampliación de vía, con la descarga de desechos de material de desbroce, etc. Este impacto negativo tiene magnitud media a alta, con un nivel de importancia local.

**Conservación de la vegetación:** El área de estudio consiste en varios pisos ecológicos, plantas con valor cultural, paisaje con valor ecológico, se verán afectados en la etapa de construcción, con las actividades de apertura de accesos a canteras, zonas de desmonte y almacenamiento de materiales de construcción, además de la apertura desvíos, que la población le dará una utilidad

*permanente. El impacto es negativo con una magnitud media a alta e importancia local permanente.*

***Alteración de la calidad de hábitat:*** *Va de la mano con la conservación de la vegetación, solo con la intrusión de humanos al hábitat de los animales, ya estamos alterando su hábitat. Con la contaminación acústica masiva de las maquinarias, explosiones, etc. La alteración de la calidad de ambiente de vida de los animales se verá demasiado afectada. El impacto es negativo, magnitud media e importancia local.*

***Conservación de especies animales:*** *Ya con la alteración del hábitat, la conservación se hace difícil por la migración de especies animales silvestres, al ya no tener un lugar seguro donde vivir, se alejarán de zonas aledañas a la carretera, habrá un movimiento importante durante la etapa de construcción. El impacto es negativo, magnitud media e importancia local.*

#### **9.4.2. DESCRIPCIÓN DE LOS IMPACTOS POSITIVOS PARA EL PROYECTO**

***Grado de Erosión:*** El factor físico es impactado no solo por la acción humana, sino que a su vez es impactada por la naturaleza. Antes de iniciar la obra, todo el tramo estaba sometido a erosión, lo que la acción humana hace, es controlar el grado de erosión, mediante la estabilización y tratamiento de diferentes tipos de taludes, con la construcción de alcantarillas, badenes, etc., se reduce el grado de erosión superficial, con la construcción de la infraestructura vial se disminuye la erosión de la vía. De lo que el impacto negativo era alto, ahora se redujo a magnitud baja a media con un nivel de importancia regional.

***Compactación del suelo:*** La compactación viene de la mano de la erosión, ya que disminuye el grado de erosión en un terreno bien compactado, la compactación es muy importante en la construcción de cualquier infraestructura, por lo que con una buena planificación, diseño, construcción y mantenimiento se mantiene un trabajo seguro. El impacto es positivo, con magnitud media e importancia local.

***Alteración de la calidad del suelo.*** Las actividades de limpieza y desbroce, construcción de campamentos, generarán alteración en la calidad del suelo, por contaminantes sólidos y líquidos, es un impacto negativo. Pero para la construcción de obras de drenaje y pavimento, la calidad del suelo debe ser óptima, sin ningún tipo de contaminante o intrusión de fluidos. Por lo que el material debe ser clasificado en la etapa de construcción sin ningún residuo sólido o líquido y

verificado en la actividad de prueba y control de calidad. El impacto es positivo, magnitud baja a media e importancia local.

***Alteración de la calidad del agua superficial:*** Los antecedentes de calidad de agua superficial son precarios, por lo que la construcción de obra de drenaje y pavimento satisfarán la necesidad de calidad de agua superficial, desagüe e incluso potable. Este impacto es positivo, con magnitud baja a media, importancia local permanente.

***Alteración de la red de drenaje y caudal:*** Las redes de drenaje y caudal se ven afectadas por la precariedad de riachuelos, mala organización en riegos, etc. Durante la etapa de construcción, se obstruirán y desviará la corriente de agua superficial por zonas, una vez culminado las obras de drenaje la calidad de redes de drenaje será mejor y el caudal aumentará, los riegos serán organizados. El impacto es positivo con un nivel de magnitud media e importancia local.

***Organización y desarrollo:*** Con la culminación del proyecto, las vías de comunicación y los medios de transporte generarán el aumento de las actividades productivas, la economía que va de la mano con el desarrollo y la organización. El Impacto será positivo, magnitud alta e importancia local.

***Propiedad de la tierra:*** Con los servicios básicos como agua, energía y ahora una vía de comunicación segura, las propiedades aumentarán su tasación, los terrenos y viviendas tendrán mayor valor. El impacto es positivo, magnitud baja a media e importancia local.

***Movimiento migratorio:*** Con el aumento de valor de terrenos y viviendas, más el desarrollo y organización y a causa de una infraestructura vial estable, aumentará el movimiento migratorio hacia los centros poblados del tramo carretero. Es un impacto positivo, de magnitud media a alta e importancia regional.

***Vías de comunicación y medio de transporte:*** Estos servicios se verán afectados de forma negativa pero temporal, durante la ejecución del proyecto, se verá desorden y menos tránsito. Una vez sea culminada la vía el tráfico será más fluido, llegarán medios de comunicación como le internet. El impacto es muy positivo, magnitud alta y de importancia nacional.

***Educación:*** Las vías de comunicación juegan un papel importante en la educación. El difícil y largo acceso a los centros de educación, cambiarán a ser de fácil acceso y rápido. El impacto es positivo, con magnitud media y con importancia local a regional.

**Salud y seguridad:** Estos servicios son de gran importancia, no se cuenta con una posta médica cercana, y la seguridad está organizada por los centros poblados. Una infraestructura vial segura genera alta seguridad, y la necesidad de un centro médico cercano. El impacto es positivo, con magnitud media y con importancia local a regional.

**Actividad agropecuaria:** El impacto será positivo, con magnitud media e importancia local. Esta actividad se verá afectada en magnitud baja durante la etapa de construcción. Con el tramo carretero mejorado, el transporte de ganado y productos se verá beneficiado en gran medida.

**Actividad de piscicultura:** Esta actividad está en nivel terciario en el área de estudio, se verá afectada de forma positiva, con una vía segura para trasladar su producto. El impacto será positivo, con magnitud media e importancia local.

**Actividad comercial:** Esta actividad va en aumento lento, y con la ejecución del proyecto se verá afectada negativamente, pero con el aumento y mejoramiento del tránsito por este tramo carretero, la actividad comercial se verá beneficiada. El impacto será positivo, con magnitud media e importancia local.

**Atractivo turístico:** El objetivo del proyecto es hacer seguro el recorrido del tramo Cusipata – Paucarpata – Tintinco – Chillihuani – Llacto – Cerro Siete colores, centros poblados en donde se construyeron haciendas, restaurantes, hoteles, etc. Todo esto con el fin de generar más ingresos con este atractivo turístico. El impacto es positivo, con magnitud alta e importancia Nacional.

**Atractivo Paisajístico:** Por las actividades de construcción se verá afectada de forma negativa, por otra parte, con la evaluación de impacto ambiental, la protección ambiental y los programas de contingencia, se pueden recuperar las áreas verdes, e incluso crear nuevas zonas de recreación a las cuales llegarán con mayor rapidez. El impacto es positivo, la magnitud es alta y la importancia es Regional.

## **CONCLUSIONES**

- El camino vecinal tramo Cusipata – Chillihuani – Llacto - Cerro Siete Colores a lo largo de su trayectoria está constituido por depósitos cuaternarios del tipo aluvial (39.75%), coluvial (26.56%), fluvial (2.3%), glaciar (9.63%), biogénicos (7.99%) y de travertino (0.60%); afloramientos rocosos como las pizarras rojizas y grises oscuras de la formación Ananea (2.56%), pizarras verdes y filitas del grupo Cabanillas (3.42%), areniscas cuarcíticas y arcosas grises verdosas del grupo Mitu (0.33%), areniscas finas y lutitas del grupo Tarma-Copacabana (4.52%), areniscas cuarzosas de la formación Vilquechico (0.21%). Geomorfológicamente abarca la Cordillera Oriental del Altiplano y el Valle del Vilcanota, presenta una topografía con pendientes moderadamente inclinadas a empinadas; localmente atraviesa unidades geomorfológicas con superficies montañosas como vertientes de montaña alta (28.51%) y baja (21.31%), terrazas aluviales (17.17%) y altiplanicies onduladas (11.14%).
- El análisis de la condición del macizo rocoso en 06 ventanas estructurales, dio como resultado un RQD EXCELENTE (macizo moderadamente fracturado) que mediante el método de clasificación geomecánica de RMR de Bieniawski son calificadas con un RMR BUENO (61-80) de clase II.
- Se identificaron los sectores con mayor actividad geodinámica (movimientos en masa) e inestabilidad de taludes a lo largo del camino vecinal en el Km 9+550 (FS=0.855) deslizamiento traslacional que yace en depósitos cuaternarios coluviales limosos; en el Km 13+920 (FS=0.994) deslizamiento traslacional, Km 15+150 (FS=0.977) deslizamiento rotacional, Km 17+130 (FS=0.933) deslizamiento traslacional que yacen en depósitos coluviales arcilloso;, Km 21+100 (FS= 0.933) deslizamiento rotacional, Km 21+500 (FS=0.775) deslizamiento traslacional, Km 22+050 (FS=0.677) deslizamiento rotacional, Km 22+250 (FS=0.995) deslizamiento traslacional y Km 22+800 (FS=0.714) deslizamiento rotacional que yacen en depósitos glaciares limosos; todos ellos con factor de seguridad menor a 1 analizados en el programa Slide 6.0 que determinados mediante el método de Janbú indica que son inestables. Además de estar condicionados a la acción de la precipitación principalmente entre los meses de diciembre a enero y precipitación media anual de 859.73mm/año para la Mc. Chillihuani, que resulta la agresividad de la lluvia como Alto según el IMF con valor de 124.2, la estacionalidad de las lluvias Moderada según el ICP con valor de 14.45% y capacidad de erosión de las lluvias Moderada según el IET con el valor obtenido de Clase 2.
- Los ensayos de laboratorio realizados en 25 muestras de subrasante en calicatas dieron como resultado que la subrasante de calidad muy buena a los suelos GC (C-3, C-13, C-14, C-15, C-16, C-17, C-18 y C-20), GM (C-4), GP-GC (C-10) y GC-GM (C-11) que tienen CBR mayor a 20%; subrasante de

calidad buena a los suelos GM (C-1, C-2, C-6, C-8, C-12 y C-25), GC-GM (C-7) y ML (C-22 y C-23) que tienen CBR entre 11 a 19% y subrasante de calidad regular a buena a suelos GM (C-5, C-9, C-19, C-21 y C-24) que tienen CBR entre 6 a 10%, con estos resultados indicamos que desde el Km 02+000 al Km 04+000 y desde el Km 09+450 al Km 21+150 está compuesto por depósitos coluviales y aluviales los cuales tienen un comportamiento muy bueno para conformación de subrasante. De los ensayos de laboratorio a 3 muestras del material de canteras indicamos que la cantera N°03 (GP-GC) es el material con mejores características físicas y mecánicas para la dosificación y conformación de subrasante en tramos con subrasantes buenas y regulares (GM, ML y GC-GM).

- La valoración de impactos dio como resultado a los valores de magnitud e importancia de los impactos negativos y positivos, valores menores que 6, que mediante la clasificación de la Matriz de Leopold indica Impacto Bajo. Según la valoración en la Matriz de Leopold resulta que el Mantenimiento de tránsito temporal y Seguridad Vial; y Extracción, preparación y transporte del material granular son las actividades con mayor impacto potencial negativo, afectando significativamente de manera negativa a los factores de aire (niveles sonoros) y suelo (generación de residuos). Y la Programación de Contingencia y Pavimento son las actividades con mayor impacto potencial positivo, influyendo significativamente a los factores de servicios (vía de comunicación y medios de transporte) y económico (actividad comercial).

## **RECOMENDACIONES**

- Considerar el material del depósito coluvial y aluvial que rodea al Grupo Cabanillas y Formación Ananea desde el Km 12+000 hasta el Km 17+500, como un suelo muy bueno para conformación de subrasante en el tramo Puente Collpa – Away Orcco.
- Evacuar el agua pluvial, principalmente donde el suelo es más arcilloso, desde Km 12+000 al Km 17+500. Así como también, hacer la práctica de siembra y cosecha de agua con las zanjas de infiltración, ya que permiten captar aguas de escorrentía superficial, favoreciendo el crecimiento de vegetación, por consiguiente, la estabilización.
- Estabilizar con muro de gaviones por caída de rocas en el Km 09+500 (20m) y Km 09+550 (70m), desde el Km 12+000 estabilizar con muro de gaviones, bajar el ángulo de reposo y banquetas en sectores puntuales, además de la limpieza en zonas estables e inestables i la inclusión de una adecuada vegetación que actúe como variable asociada a la estabilización.
- Realizar el ensayo de dosificación del material de subrasante del Km 13+300 al Km 13+600 con características de suelo A-6(0) calificado como suelo arcilloso con el material de la cantera N°1 (GP-GM) ó A-1-a(0) para mejorar la subrasante ya que es un tramo con curvas cerradas.
- Determinar las propiedades físico-mecánicas de los depósitos eluviales (X=242818, Y=8466501), como material para el muro de gaviones.
- Incluir la estabilización del futuro talud de corte en el área de la Cantera N° 03 en el Plan de restauración de la obra.
- Elaborar y cumplir el Plan de Manejo Ambiental, ya que este acabará de garantizar la protección del Medio Ambiente y minimizar la contaminación ambiental, promoviendo acciones y actitudes positivas a favor del Medio Ambiente con la cooperación de la supervisión en actividades que tienen mayor impacto ambiental negativo, de manera que la Valoración de Impactos sea cada vez menor.

### **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- Aguilar, J. (2005). Mejoramiento de la Carretera Vinzos – Chuquicara a nivel de tratamiento superficial bicapa (Tesis de Grado Académico). Universidad Nacional de Ingeniería de Lima, Perú.
- Arias, S. & Chacón, R. (2020). Evaluación del riesgo Geológico de la Carretera Yaurisque – Ranraccasa – Paruro, Tramo Ranraccasa – Paruro (Km 8+900 – 25 + 900) Paruro – Cusco (Tesis de Grado Académico). Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, Perú.
- Atauchí, W. & Hacha, A. (2019). Estudio Geológico, Geodinámico y Geotécnico para la seguridad física del tramo carretero Puente Chaullay – Mesacancha, Distrito de Vilcabamba – Provincia La Convención – Departamento Cusco (Tesis de Grado Académico). Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, Perú.
- Audebaud (1973). Geología de los Cuadrángulos de Ocongate y Sicuani, Boletín N° 25. Recuperado de: [https://repositorio.ingemmet.gob.pe/bitstream/20.500.12544/143/2/A-025-Boletin\\_Ocongate-28t\\_Sicuani-29t.PDF](https://repositorio.ingemmet.gob.pe/bitstream/20.500.12544/143/2/A-025-Boletin_Ocongate-28t_Sicuani-29t.PDF)
- Barandiaran, J. (1983). Estudio Geológico y Geotécnico de la carretera Oroya – Huánuco (Tesis de Grado Académico). Universidad Nacional de Ingeniería de Lima, Perú.
- Belandria, N. & Bongiorno, F. (s.f.). Clasificaciones Geomecánicas de los Macizos Rocosos según: Bieniawski, Barton, Hoek y Brown, Romana: Universidad de los Andes. Venezuela. Recuperado de: <https://docplayer.es/76295829-Clasificaciones-geomecanica-de-de-los-macizos-rocosos-segun-bieniawski-barton-hoek-y-brown-romana.html>
- Benavente, C.; Delgado, F.; Taipe, E.; Audin, L. y Pari, W. (2013) - Neotectónica y peligro sísmico en la región del Cusco, INGEMMET. Boletín, Serie C: Geología Ambiental y Riesgo Geológico. Recuperado de: <http://sigrid.cenepred.gob.pe/docs/PARA%20PUBLICAR/INGEMMET/Boletin%2055c36.pdf>
- Calderón, K. & Quillahuaman, C. (2021). Estudio Hidrogeológico de las Microcuencas Santo Domingo – Acopia y Huayrachapi – Miskiunu, en el Distrito de Acopia, Acomayo, Cusco (Tesis de Grado Académico). Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, Perú.
- Chacón, S. & Cruz, J. (2018). Estudio Geotécnico para el mejoramiento del tramo de carretera Cusco – Ccorca (Tesis de Grado Académico). Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, Perú.

- Contreras, M. & Orue, E. (2011). Diagnostico Hidrogeológico, Geodinámico de la Microcuenca Cachimayo-Anta (Tesis de Grado Académico). Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, Perú.
- Curse, Y. & Huamán, I. (2019). Estudio Geológico – Geotécnico para la factibilidad del asfaltado de la carretera San Salvador – Occoruro – Progresivas 0+000 al 18+440 Distrito de Calca – Departamento del Cusco (Tesis de Grado Académico). Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, Perú.
- Dirección de Conservación y Planeamiento de Recursos Hídricos. (2009). Demarcación y Delimitación de las Autoridades Administrativas del Agua. Ministerio de Agricultura – Autoridad Nacional del Agua. Lima, Perú. Recuperado de: [https://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4\\_uibd.nsf/9D43F62D8E5A76B305257CE600747071/\\$FILE/1\\_Estudio\\_de\\_cuencas\\_ANA.pdf](https://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/9D43F62D8E5A76B305257CE600747071/$FILE/1_Estudio_de_cuencas_ANA.pdf)
- Esquivel, M. & Pinares, G. (2019). Estudio Geológico – Geotécnico para la construcción de la Presa Kullku (Tesis de Grado Académico). Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, Perú.
- Fernandez, P. & Villalba, J. (2016). Determinación de los aspectos hidrológicos e Hidrogeológicos de la Cuenca del río Ccochapunqo en la Provincia de Anta (Tesis de Grado Académico). Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, Perú.
- Ferrer, M. & Gonzáles de Vallejo, L. (2007). Manual de campo para la descripción y caracterización de macizos rocosos en afloramientos. Madrid, España. Recuperado de: <https://dl-manual.com/doc/manual-de-campo-para-la-descripcion-caracterizacion-de-macizos-rocosospdf-no86lm94jpvv>
- Geoconsult S.A. (2012). Reformulación del Estudio Definitivo de la carretera Ilave – Mazocruz Tramo: Ilave – San Antonio de Checca (Longitud: 10km).Volumen N°1. Estudios básicos. Canteras y fuentes de Agua. Provias Nacional. Lima, Perú. Recuperado de: <http://gis.proviasnac.gob.pe/Expedientes/2012/LP008/Vol%201%20-%20Estudio%20Canteras%20FA.pdf>
- INDECI (2005). Estudio: Mapa de peligros de la ciudad de Sicuani y localidad Qqehuar. Cusco, Perú. Recuperado de: [http://bvpad.indeci.gob.pe/doc/estudios\\_CS/Region\\_Cusco/canchis/sicuani\\_qqehuar\\_mp.pdf](http://bvpad.indeci.gob.pe/doc/estudios_CS/Region_Cusco/canchis/sicuani_qqehuar_mp.pdf)
- INGEMMET (2015). Guías para la elaboración de mapas y boletines de la Carta Geológica Nacional. Lima, Perú. Recuperado de:

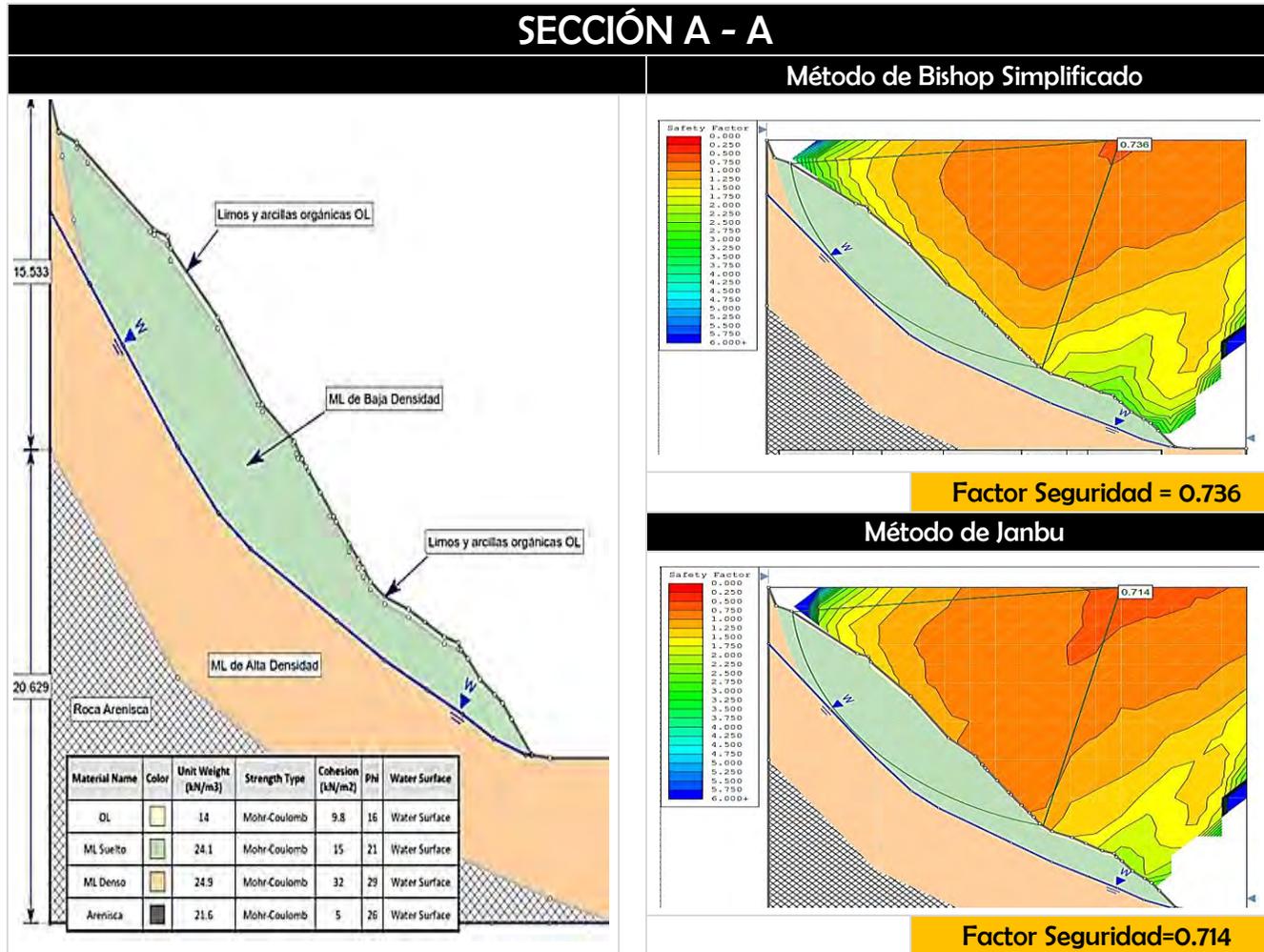
[https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2170406/Gu%C3%ADa\\_Elaboracion\\_Carta\\_Geologica\\_.pdf](https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2170406/Gu%C3%ADa_Elaboracion_Carta_Geologica_.pdf)

- Instituto Geofísico del Perú (2014). Re-evaluación del Peligro Sísmico Probabilístico para el Perú. Lima, Perú. Recuperado de: [https://www.sgp.org.pe/wp-content/uploads/24abr\\_2.2-evaluacion\\_Peligro\\_Sismico\\_Peru-2-Tavera.pdf](https://www.sgp.org.pe/wp-content/uploads/24abr_2.2-evaluacion_Peligro_Sismico_Peru-2-Tavera.pdf)
- Instituto Nacional de Defensa Civil. (2006). Compendio Estadístico de Prevención y atención de Desastres 2006: Sismos ocurridos en el Perú a través del tiempo. Lima, Perú. Recuperado de: [https://www.indeci.gob.pe/compend\\_estad/2006/7\\_otras\\_estad/7.1\\_sismos/7.1.4\\_hist\\_sismos.pdf](https://www.indeci.gob.pe/compend_estad/2006/7_otras_estad/7.1_sismos/7.1.4_hist_sismos.pdf)
- Instituto de Manejo de Agua y Medio Ambiente. (2005). Zonificación Ecológica, Económica, Departamento del Cusco. Cusco, Perú. Recuperado de:
- Instituto de Manejo de Agua y Medio Ambiente. (2007). ZEE Quispicanchi. Cusco, Perú. Recuperado de: [https://www.ima.org.pe/estudios/zee-quispicanchis/CARACTERIZACION\\_ZEE\\_QUISPICANCHIS\\_FINAL.pdf](https://www.ima.org.pe/estudios/zee-quispicanchis/CARACTERIZACION_ZEE_QUISPICANCHIS_FINAL.pdf)
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2014). Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos. Sección Suelos y Pavimentos. Lima, Perú. Recuperado de: [https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas\\_carreteras/MTC%20NORMAS/ARCH\\_PD F/MAN\\_7%20SGGP-2014.pdf](https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/MTC%20NORMAS/ARCH_PD F/MAN_7%20SGGP-2014.pdf)
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2014). Manual de Carreteras: Hidrología, Hidráulica y drenaje. Lima, Perú. Recuperado de: [https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas\\_carreteras/documentos/manuales/MANUALS%20DE%20CARRETERAS%202019/MC-07-11%20Hidrolog%C3%ADa,%20Hidr%C3%A1ulica%20y%20Drenaje.pdf](https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/MANUALS%20DE%20CARRETERAS%202019/MC-07-11%20Hidrolog%C3%ADa,%20Hidr%C3%A1ulica%20y%20Drenaje.pdf)
- Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas. (2007). Movimientos en Masa en la Región Andina: Una guía para la evaluación de amenazas. Servicio Nacional de Geología y Minería, Publicación Geológica Multinacional, No. 4, 432 p., 1 CD-ROM. Recuperado de: <http://worldcat.org/identities/lccn-no2010136668/>
- Puente C. (2017). Estudio Geológico Geotécnico para el mejoramiento de la carretera Calca-Machacancha – Quellouno Tramo Km 00+000 al 3+500 (Tesis de Grado Académico). Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, Perú.
- Ramírez, P. & Alejano, L. (2004). Mecánica de Rocas: Fundamentos e Ingeniería de Taludes. Madrid, España. Recuperado de: [https://oa.upm.es/14183/1/MECANICA\\_DE\\_ROCAS\\_1.pdf](https://oa.upm.es/14183/1/MECANICA_DE_ROCAS_1.pdf)

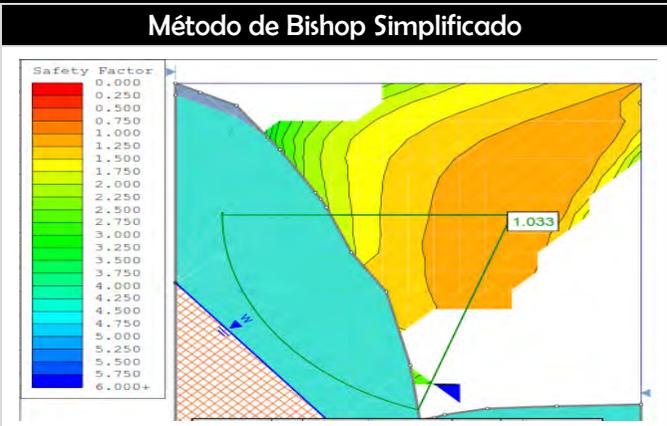
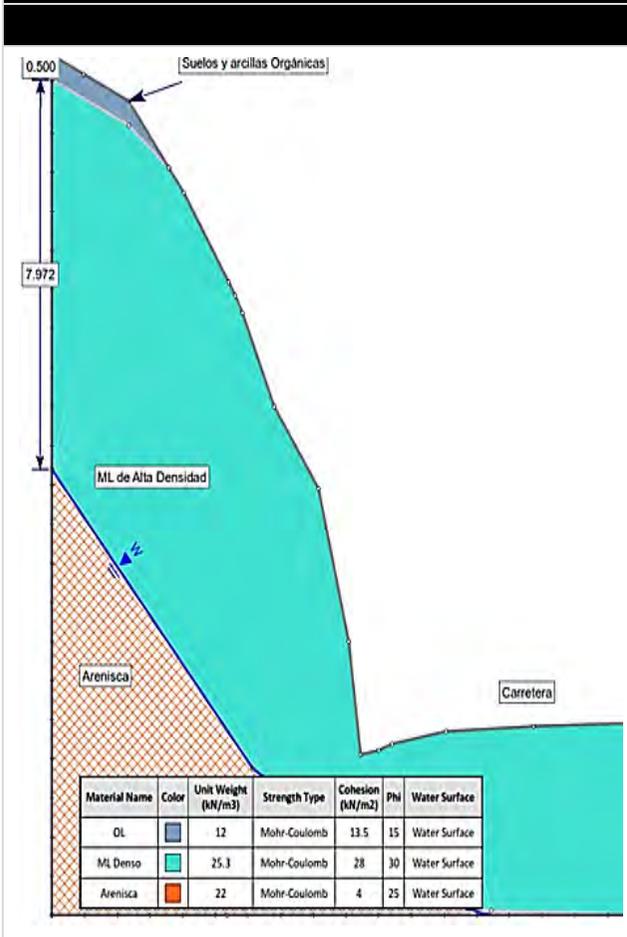
- Rodríguez, J. & Gonzáles de Vallejo L. (s.f.). Manual de Ingeniería Geológica. España. Recuperado de: [http://info.igme.es/SidPDF/067000/080/67080\\_0001.pdf](http://info.igme.es/SidPDF/067000/080/67080_0001.pdf)
- Sanchez, F. & Zapata, A. (2003). memoria descriptiva de la revisión y actualización de los cuadrángulos de río picha (25-P), timpia (25-Q), chuanquiri (26-P), quillabamba (26-Q) quebrada honda (26-R), parobamba (26-S), pacaypata (27-P), machupicchu (27-Q), urubamba (27-R), calca (27-S), chontachaca (27-T), quincemil (27-U), ocongate (28-T), corani (28-U) Y ayapata (28-V) Escala 1:100 000 INGEMMET. Recuperado de: [https://repositorio.ingemmet.gob.pe/bitstream/20.500.12544/2073/1/Memoria\\_descriptiva\\_R%c3%ado\\_Picha-Timpia-Chuanquiri....pdf](https://repositorio.ingemmet.gob.pe/bitstream/20.500.12544/2073/1/Memoria_descriptiva_R%c3%ado_Picha-Timpia-Chuanquiri....pdf)
- Tavera, H. & Buforn, E. (1998). Sismicidad y Sismotectónica de Perú. Universidad Complutense de Madrid. Recuperado de: <https://app.ingemmet.gob.pe/biblioteca/pdf/Amb-27.pdf>
- Valiente, R. & Sobrecases, S. (2015). Estabilidad de Taludes: Conceptos básicos, Parámetros de Diseño y Métodos de Cálculo. Recuperado de: <https://revistas.pucp.edu.pe/index.php/civilizate/article/view/16157/16579>
- Vallejo, L., Ferrer, M., Ortuño, L. & Oteo, C. (2002). Ingeniería Geológica. España: Pearson Education S.A. Recuperado de: [https://www.ucursos.cl/usuario/c19094b1ea89f1f08e243796b671e2e5/mi\\_blog/r/Ingenieria\\_Geologica\\_-\\_Gonzalez\\_de\\_Vallejo.pdf](https://www.ucursos.cl/usuario/c19094b1ea89f1f08e243796b671e2e5/mi_blog/r/Ingenieria_Geologica_-_Gonzalez_de_Vallejo.pdf)
- Villón, M. (). Hidrología Estadística. Lima, Perú. Recuperado de: <https://drive.google.com/file/d/1U7NQlzkfoJ7ws9phiVdMgpVZysagq7ha/view>

# **ANEXOS**

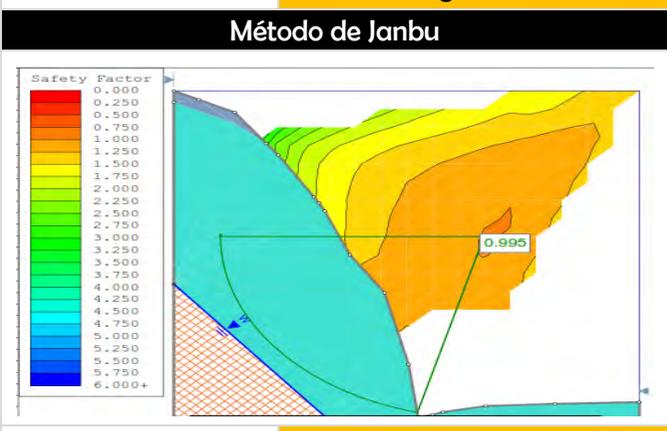
■ **ANALISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES**



# SECCIÓN B - B

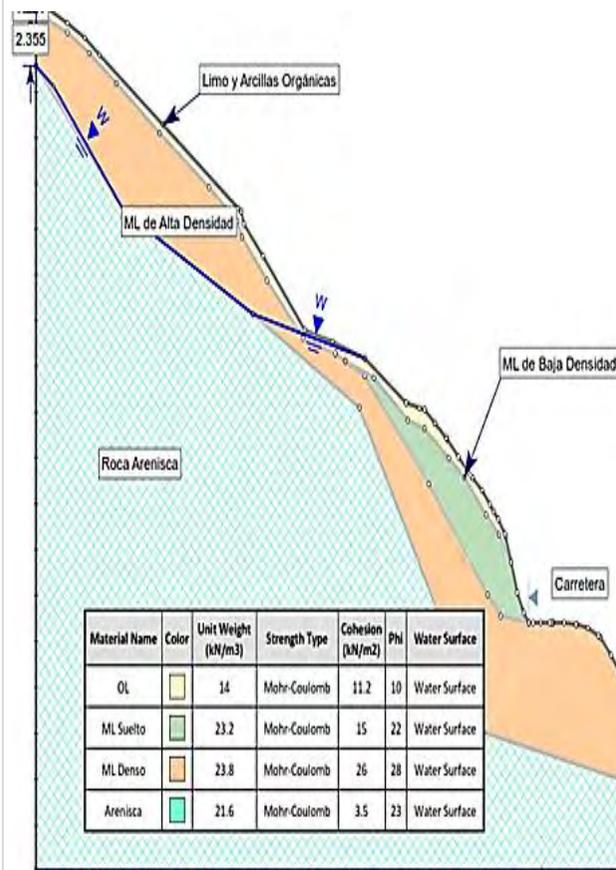


**Factor Seguridad = 1.033**

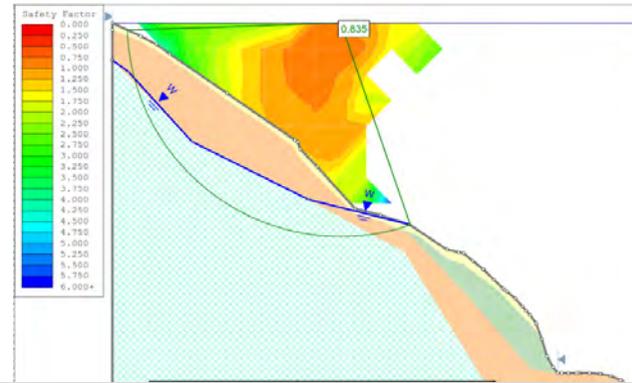


**Factor Seguridad= 0.995**

# SECCIÓN C - C

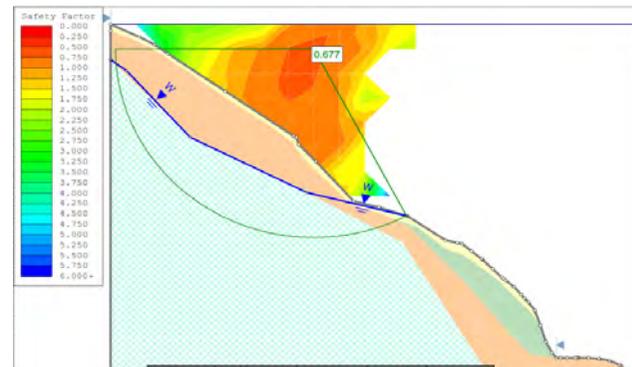


## Método de Bishop Simplificado



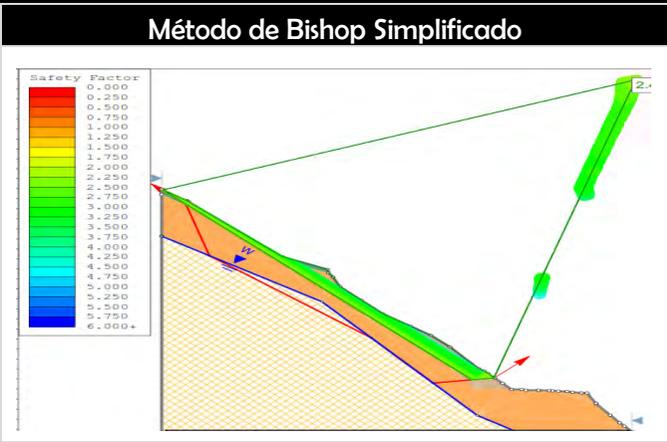
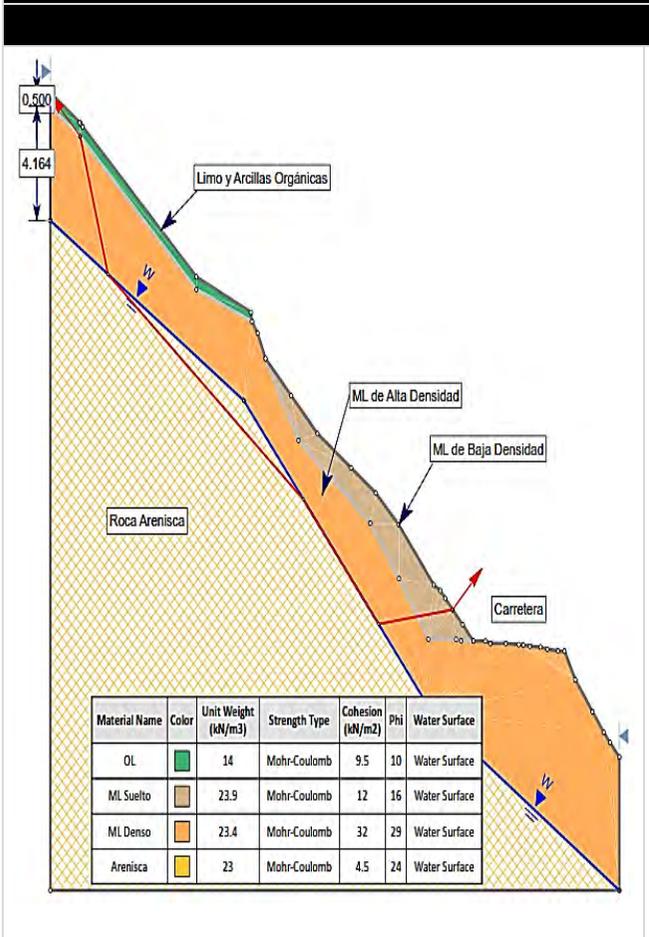
Factor Seguridad = 0.835

## Método de Janbu

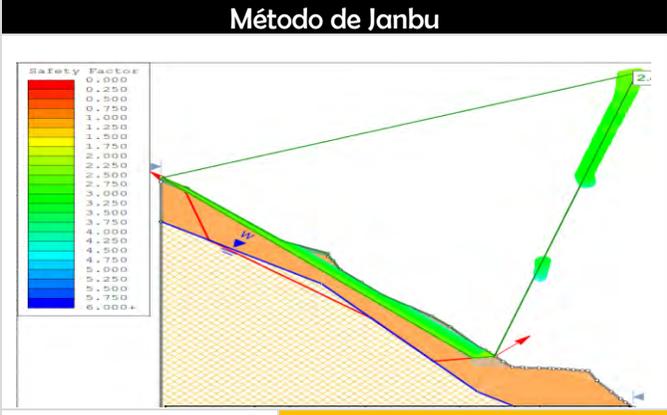


Factor Seguridad=0.677

# SECCIÓN D - D

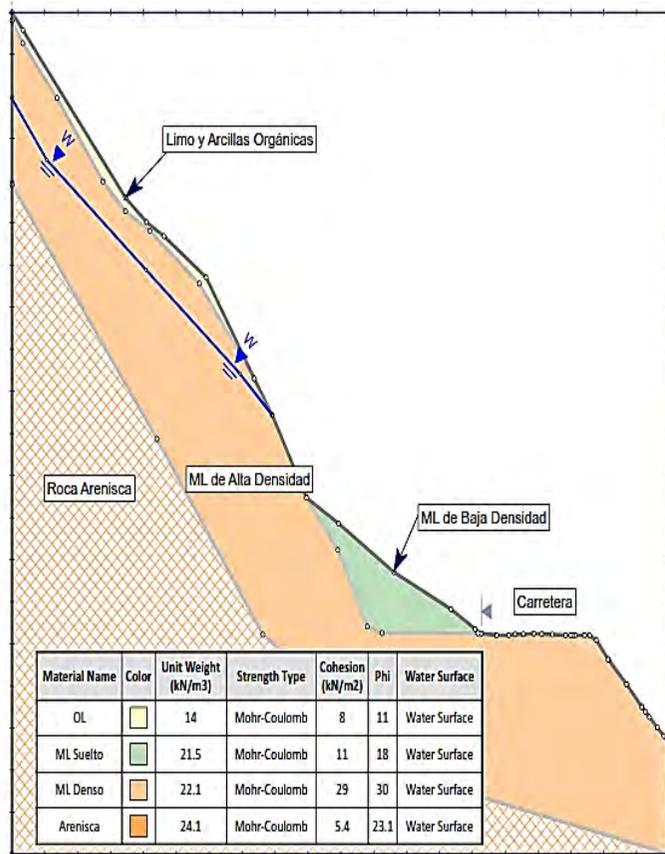


**Factor Seguridad =2.399**



**Factor Seguridad=2.41**

# SECCIÓN E

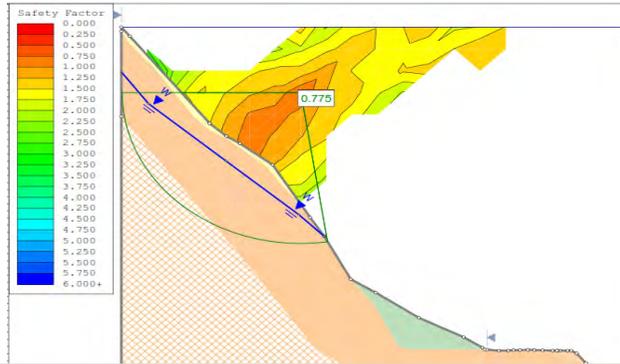


## Método de Bishop Simplificado



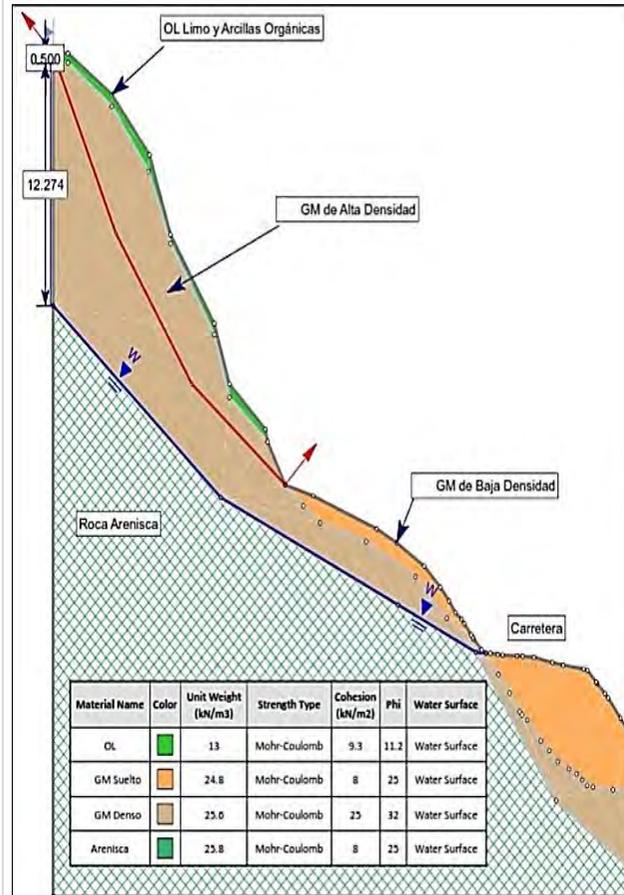
Factor Seguridad = 0.977

## Método de Janbu

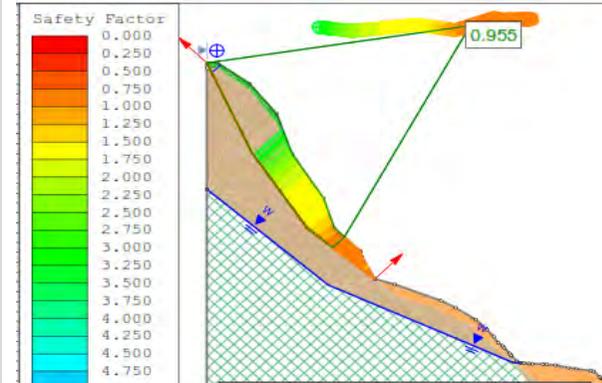


Factor Seguridad = 0.775

# SECCIÓN F

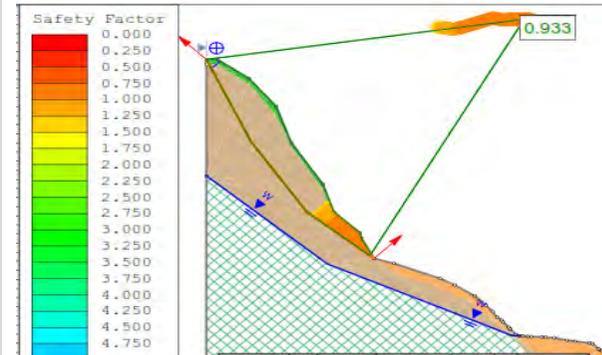


## Método de Bishop Simplificado



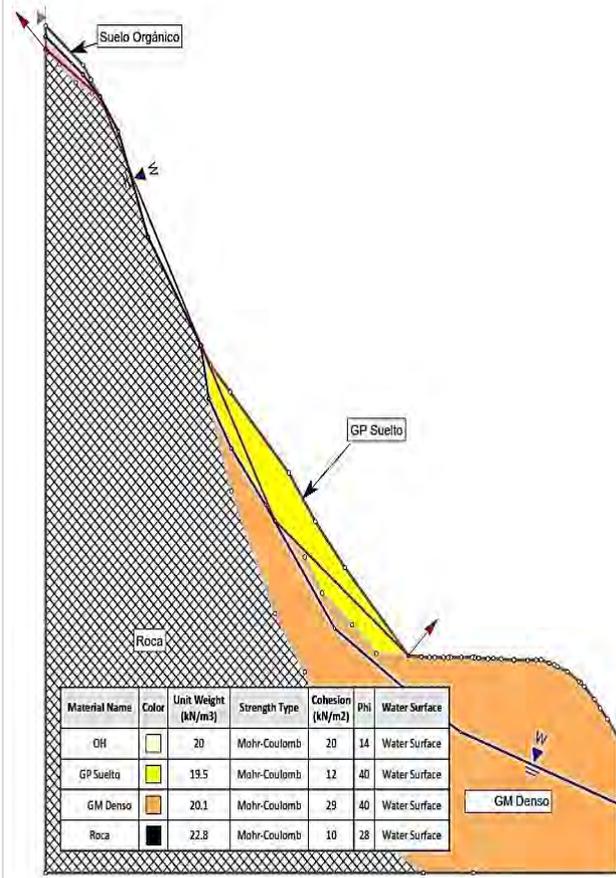
Factor Seguridad = 0.955

## Método de Janbu



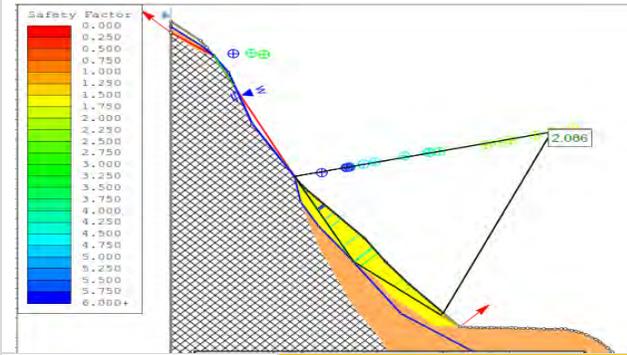
Factor Seguridad = 0.933

# SECCIÓN G



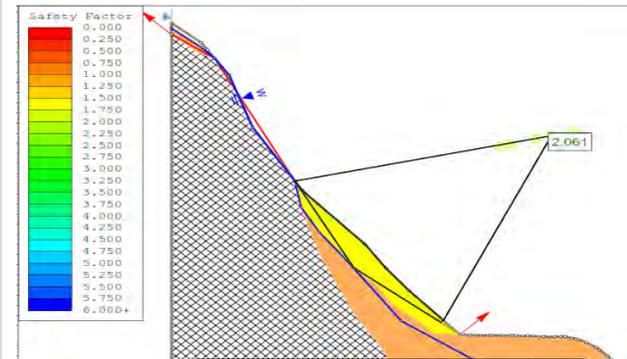
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m <sup>3</sup> )	Strength Type	Cohesion (kN/m <sup>2</sup> )	Phi	Water Surface
GH	[White]	20	Mohr-Coulomb	20	14	Water Surface
GP Suelto	[Yellow]	19.5	Mohr-Coulomb	12	40	Water Surface
GM Denso	[Orange]	20.1	Mohr-Coulomb	29	40	Water Surface
Roca	[Black]	22.8	Mohr-Coulomb	10	28	Water Surface

## Método de Bishop Simplificado



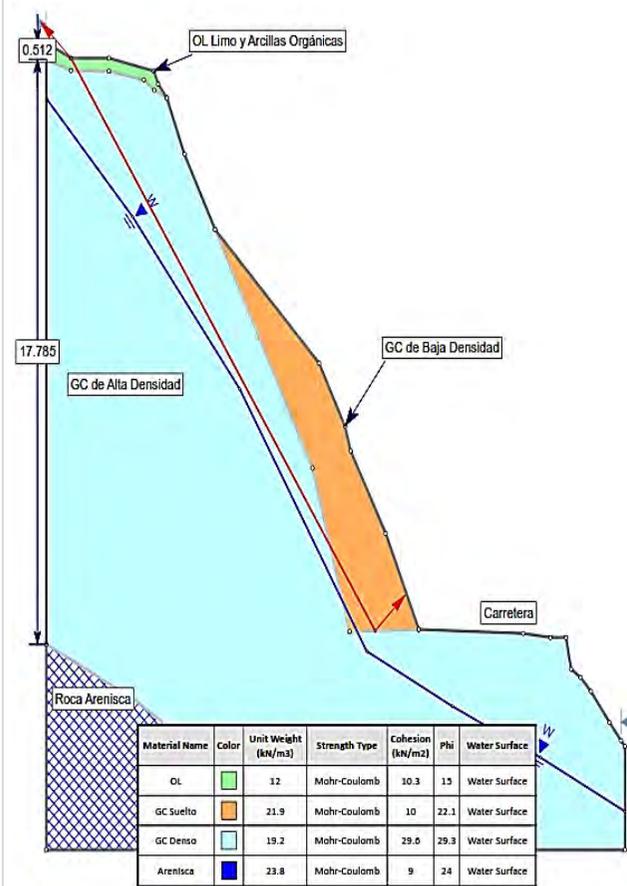
Factor Seguridad = 2.086

## Método de Janbu

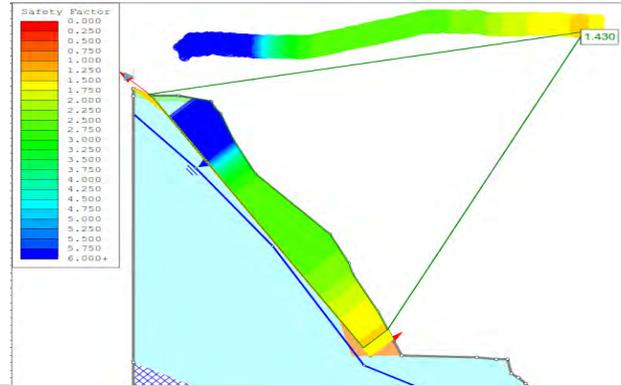


Factor Seguridad = 2.061

# SECCIÓN H

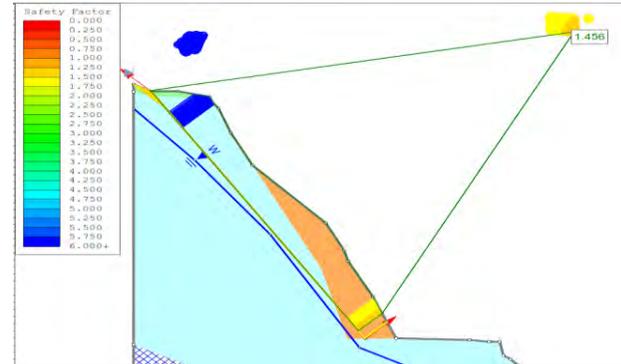


## Método de Bishop Simplificado



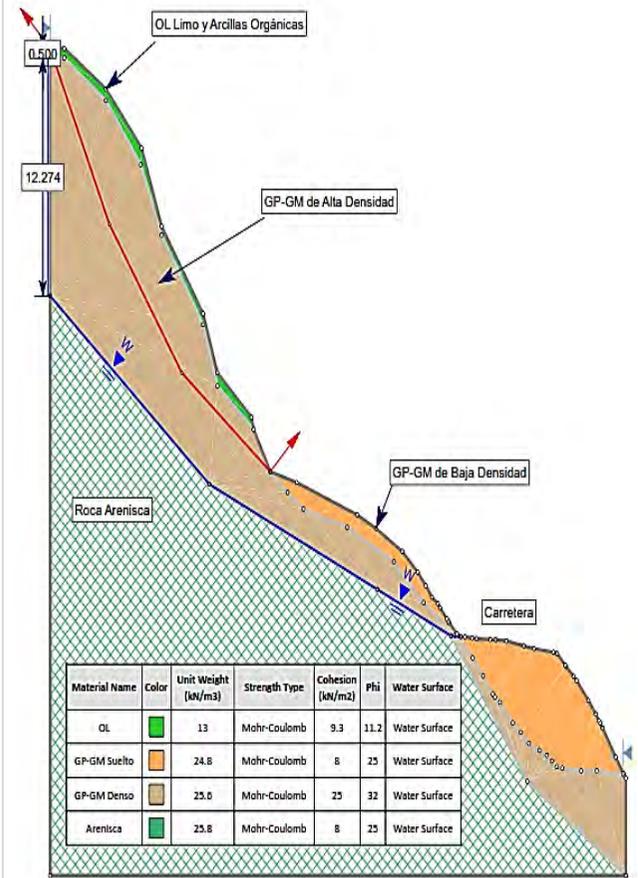
Factor Seguridad =1.430

## Método de Janbu

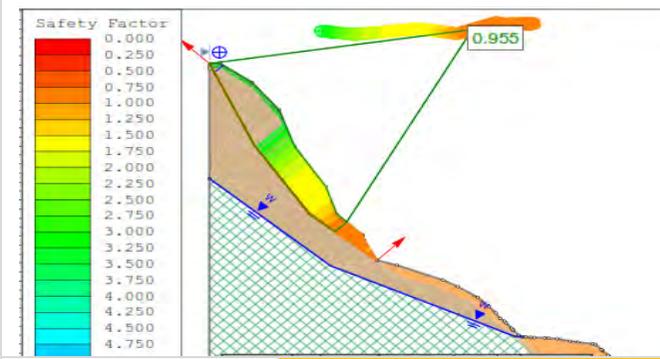


Factor Seguridad=1.456

# SECCIÓN I

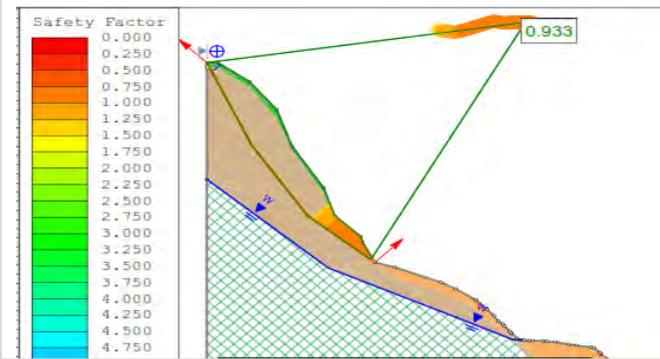


## Método de Bishop Simplificado



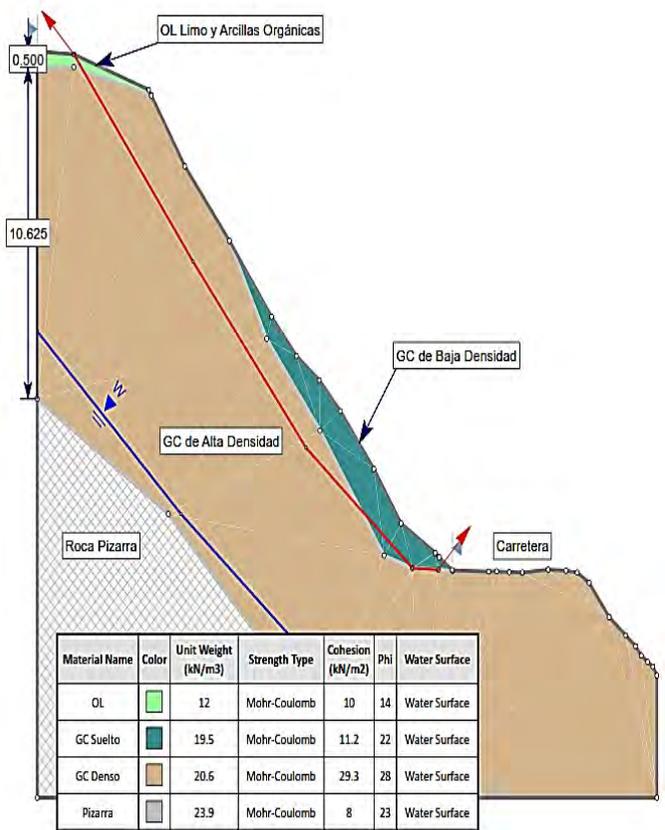
Factor Seguridad = 0.955

## Método de Janbu

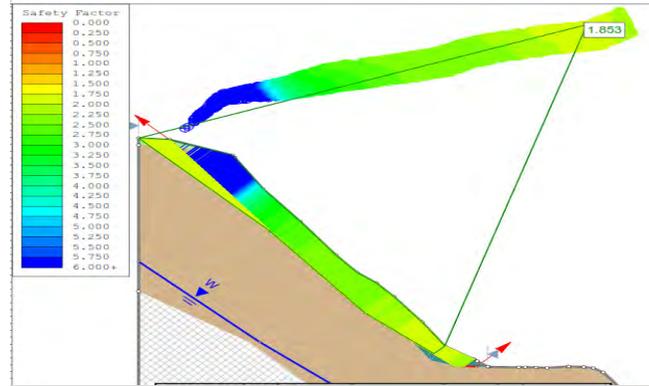


Factor Seguridad = 0.933

# SECCIÓN J

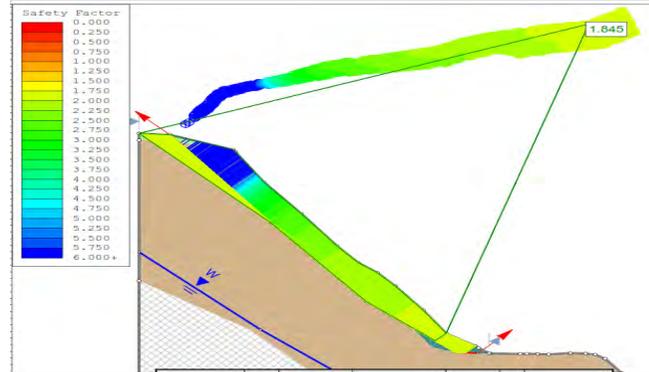


## Método de Bishop Simplificado



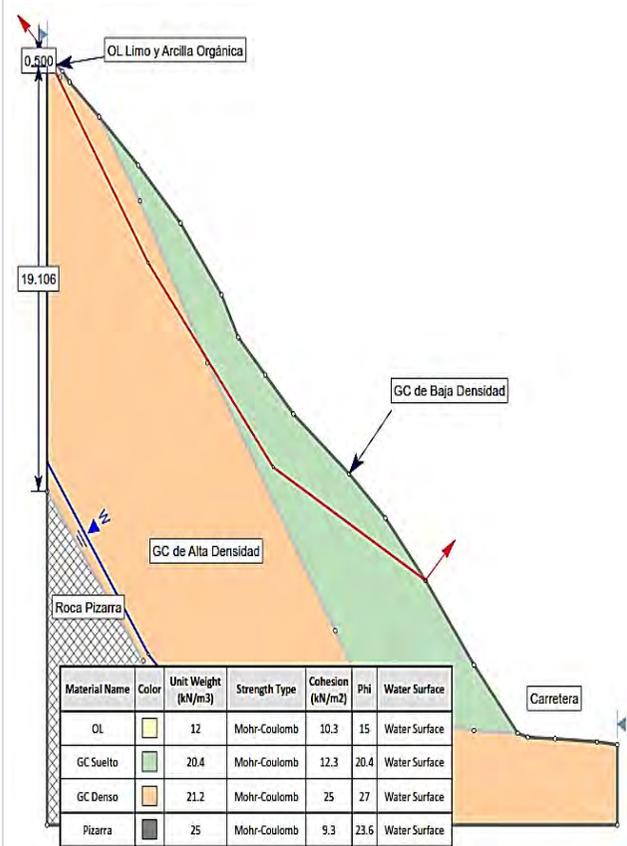
**Factor Seguridad =1.853**

## Método de Janbu



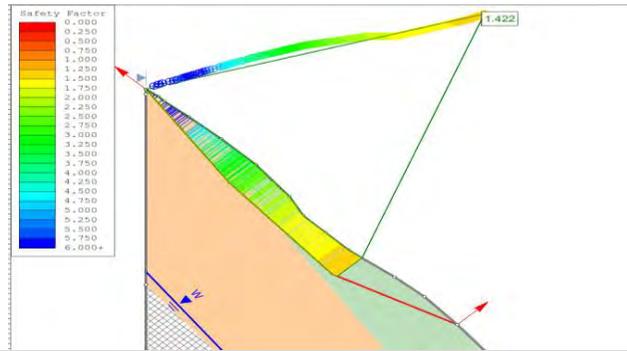
**Factor Seguridad=1.845**

# SECCIÓN K



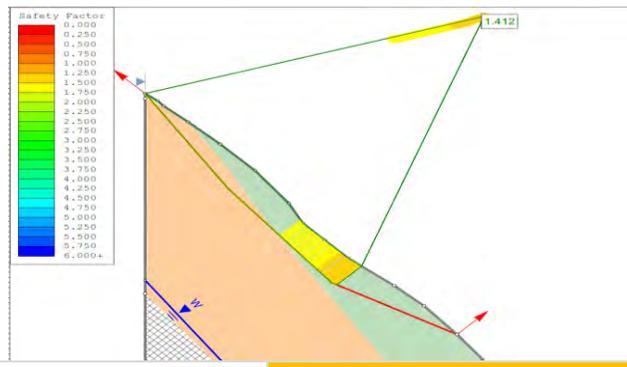
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m <sup>3</sup> )	Strength Type	Cohesion (kN/m <sup>2</sup> )	Phi	Water Surface
OL	Light Green	12	Mohr-Coulomb	10.3	15	Water Surface
GC Suelto	Light Green	20.4	Mohr-Coulomb	12.3	20.4	Water Surface
GC Denso	Orange	21.2	Mohr-Coulomb	25	27	Water Surface
Pizarra	Grey	25	Mohr-Coulomb	9.3	23.6	Water Surface

## Método de Bishop Simplificado



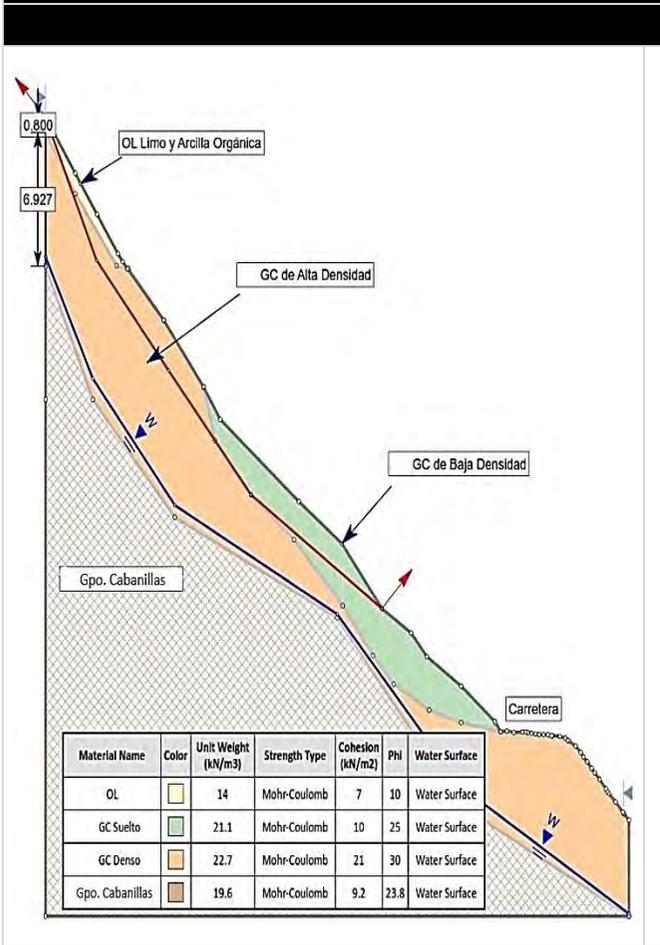
**Factor Seguridad = 1.422**

## Método de Janbu

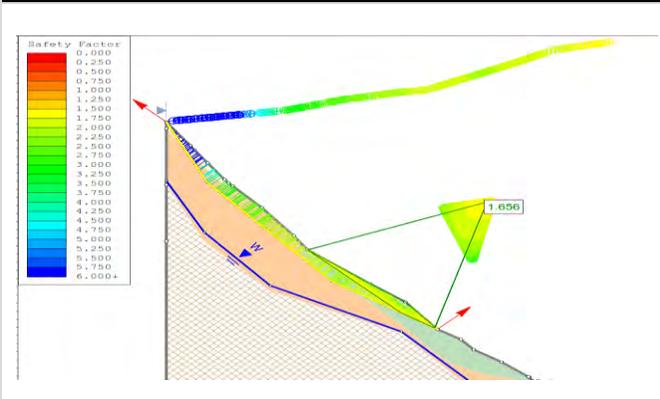


**Factor Seguridad= 1.412**

# SECCIÓN L

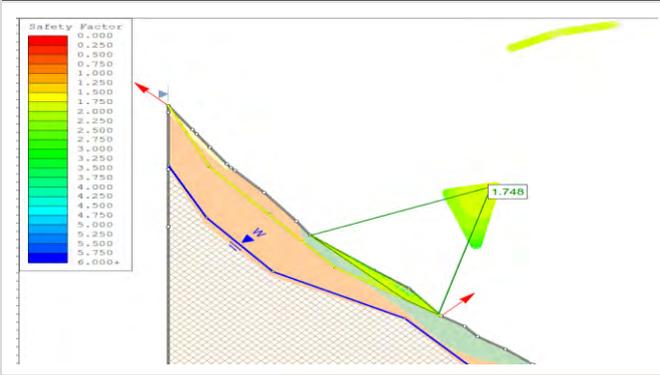


## Método de Bishop Simplificado



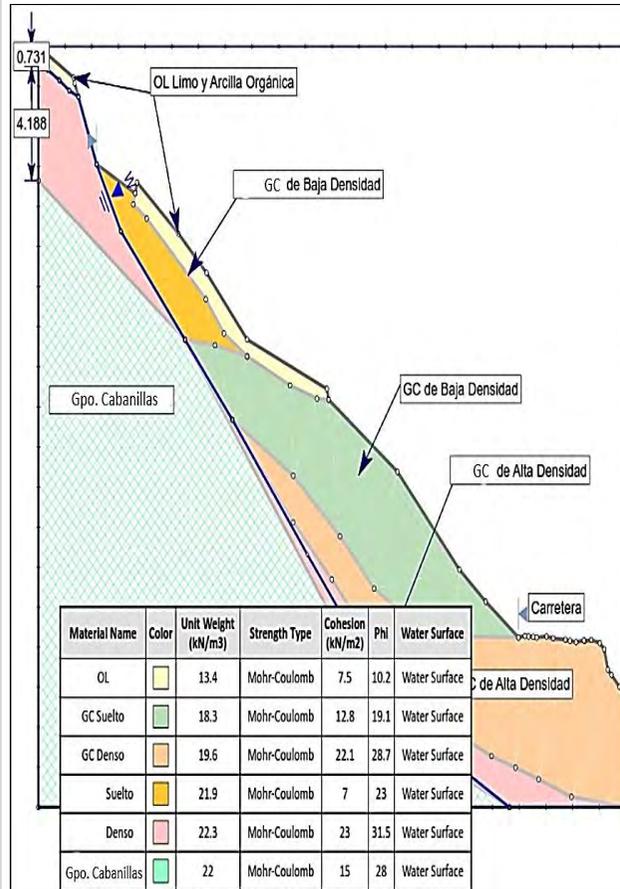
**Factor Seguridad = 1.656**

## Método de Janbu

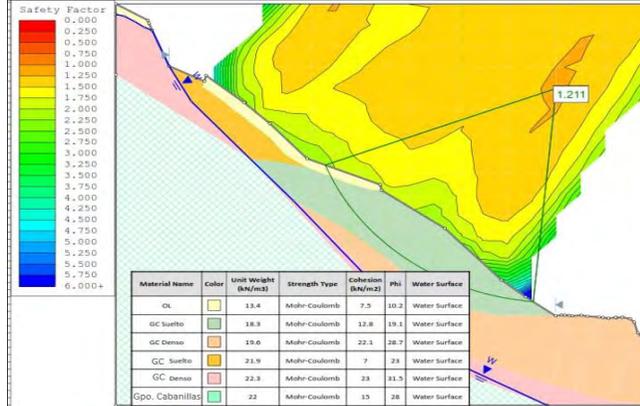


**Factor Seguridad= 1.748**

# SECCIÓN M

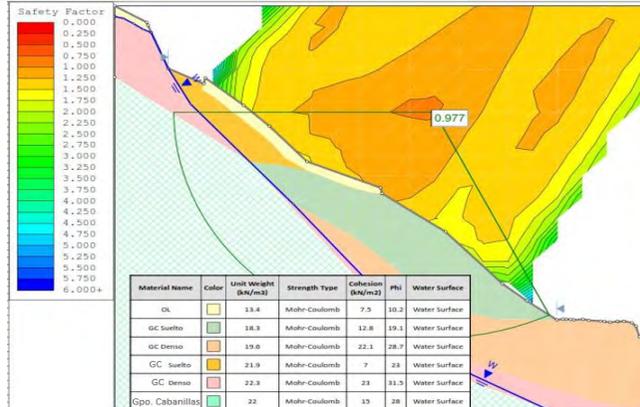


## Método de Bishop Simplificado



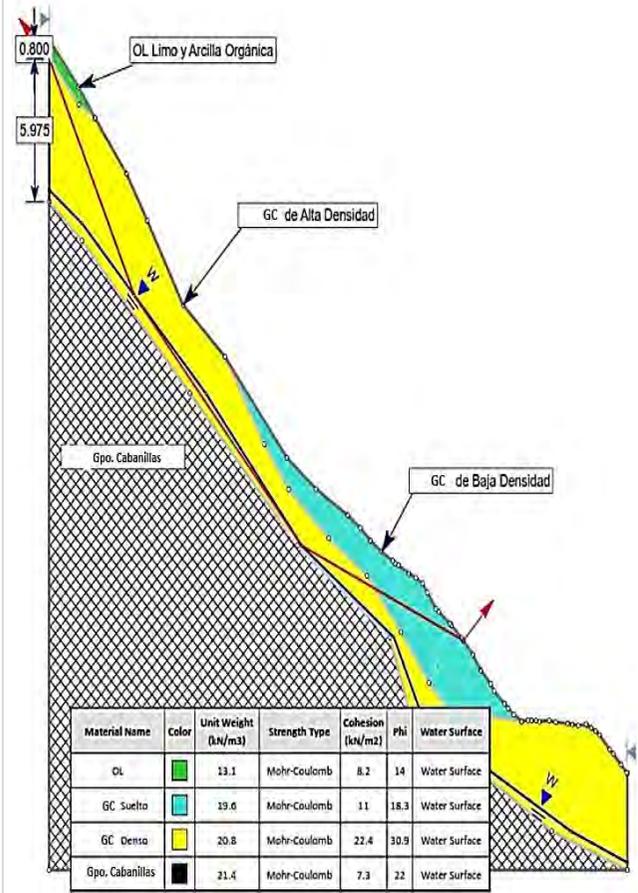
**Factor Seguridad = 1.211**

## Método de Janbu

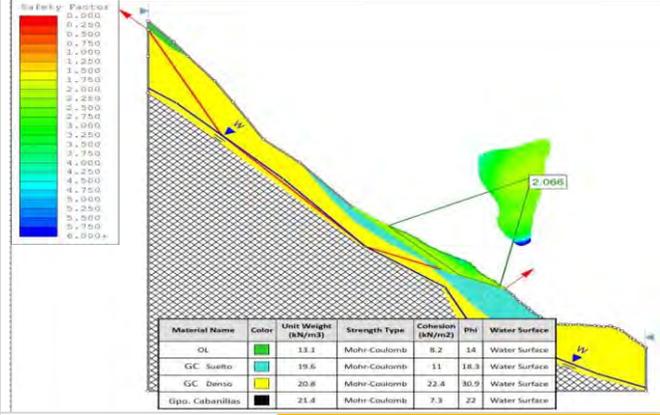


**Factor Seguridad = 0.977**

# SECCIÓN N

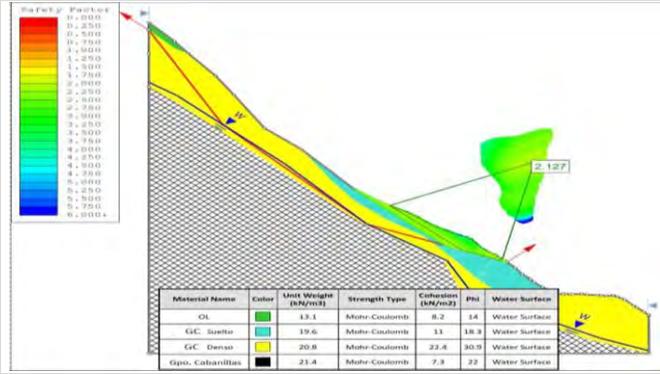


## Método de Bishop Simplificado



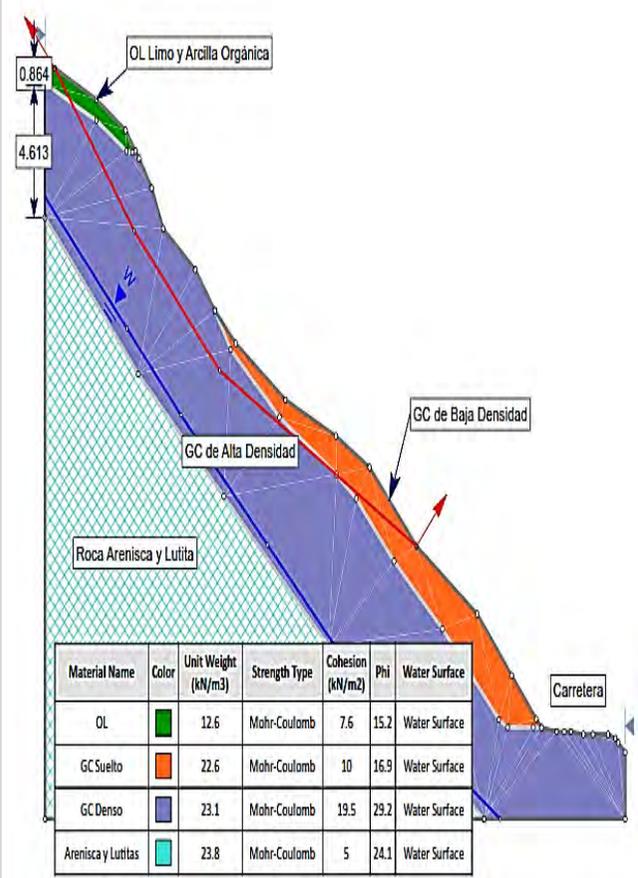
**Factor Seguridad = 2.066**

## Método de Janbu

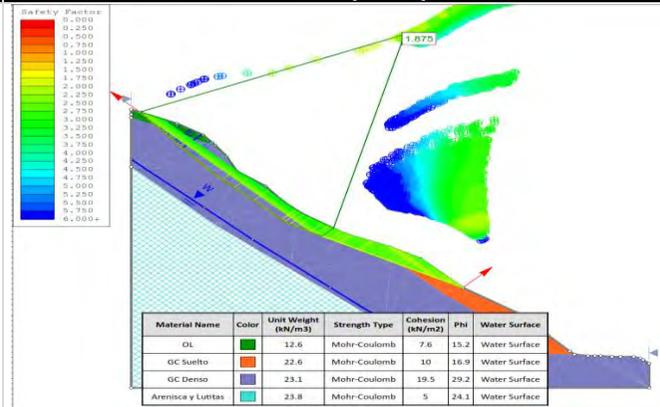


**Factor Seguridad= 2.127**

# SECCIÓN O

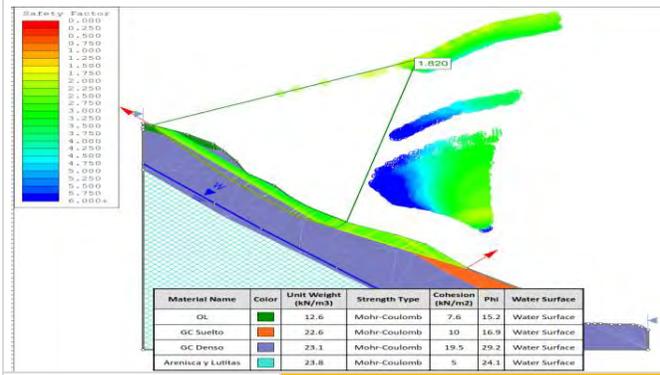


## Método de Bishop Simplificado



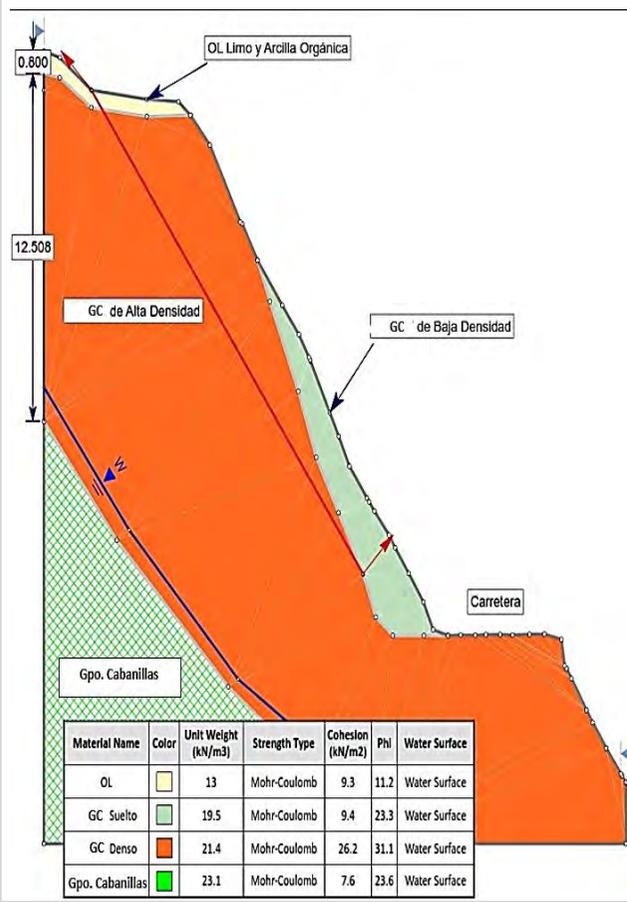
**Factor Seguridad = 1.875**

## Método de Janbu

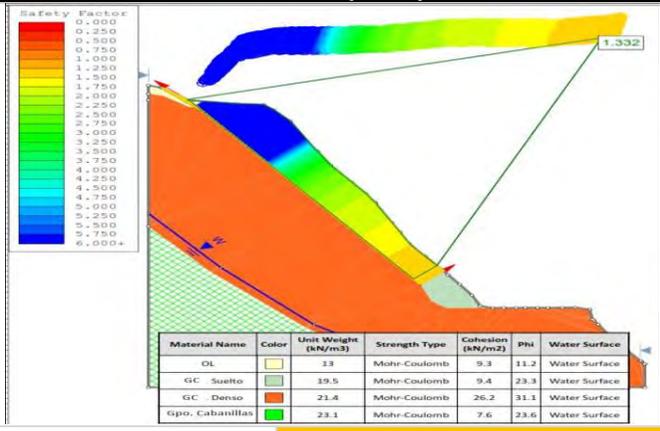


**Factor Seguridad= 1.820**

# SECCIÓN P

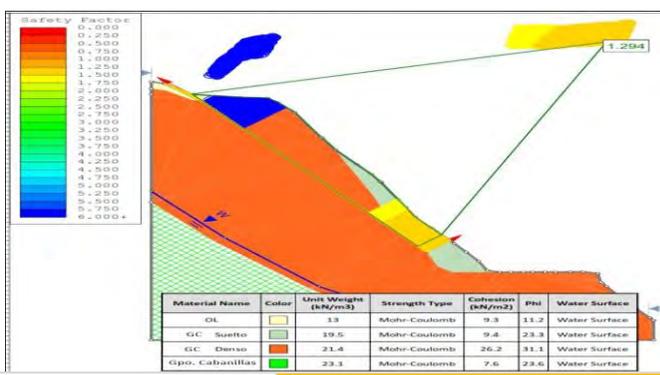


## Método de Bishop Simplificado



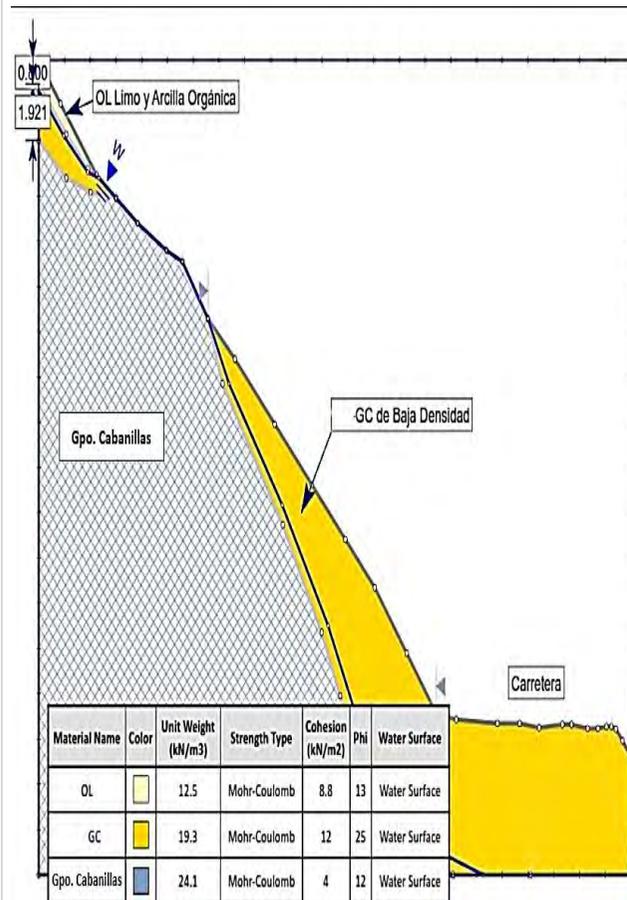
**Factor Seguridad = 1.332**

## Método de Janbu

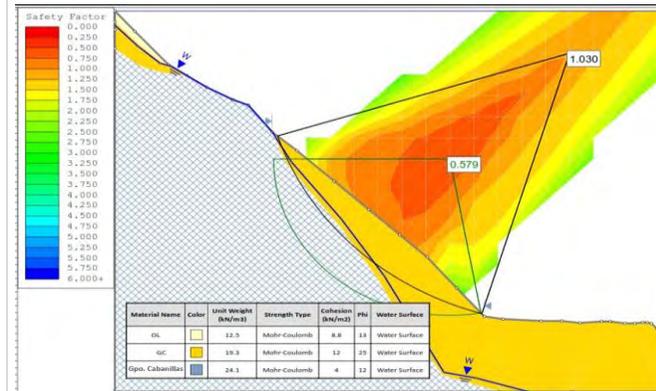


**Factor Seguridad= 1.294**

# SECCIÓN Q

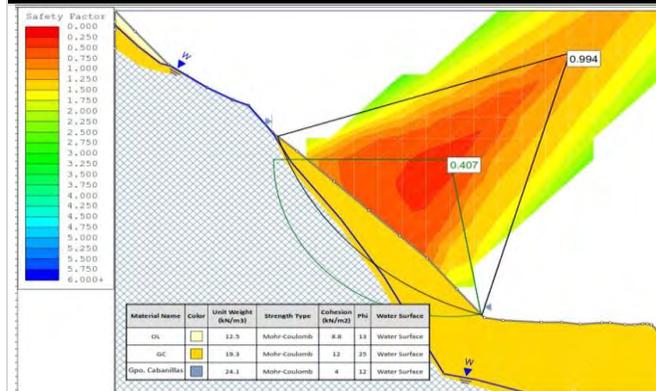


## Método de Bishop Simplificado



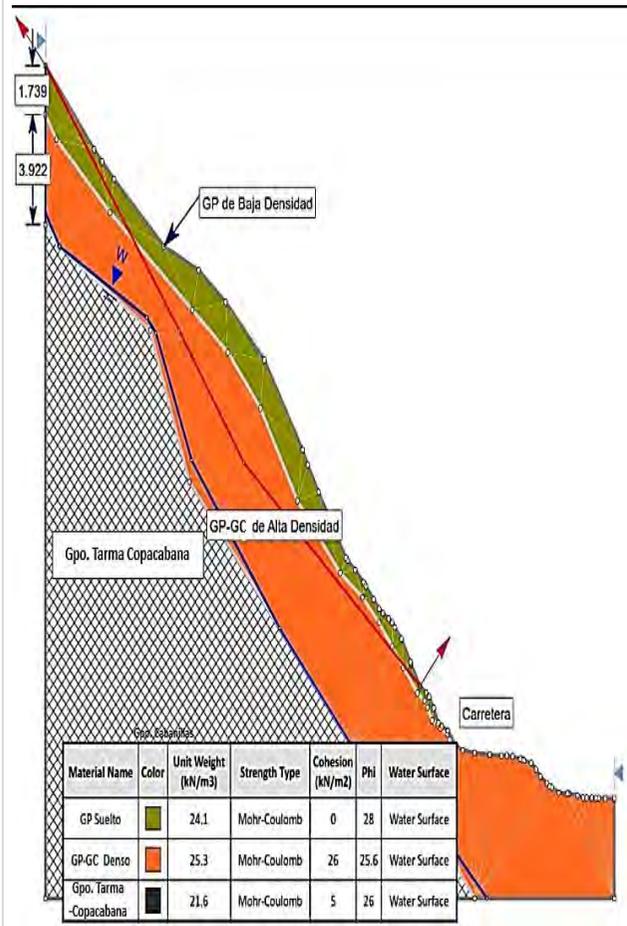
Factor Seguridad = 1.030

## Método de Janbu

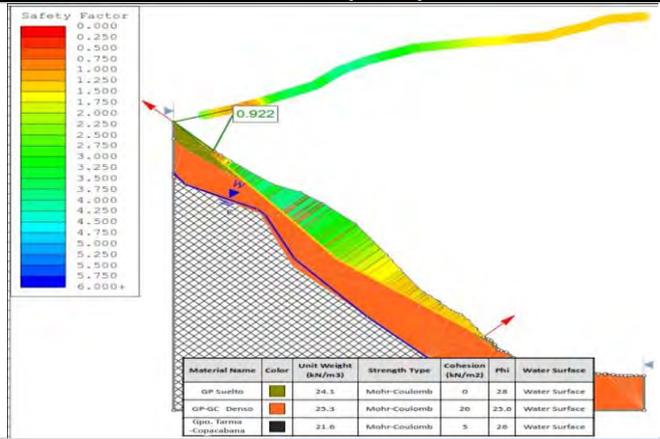


Factor Seguridad = 0.994

# SECCIÓN R

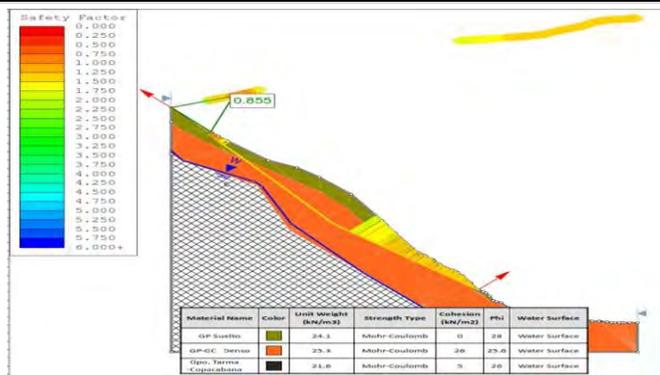


## Método de Bishop Simplificado



Factor Seguridad = 0.922

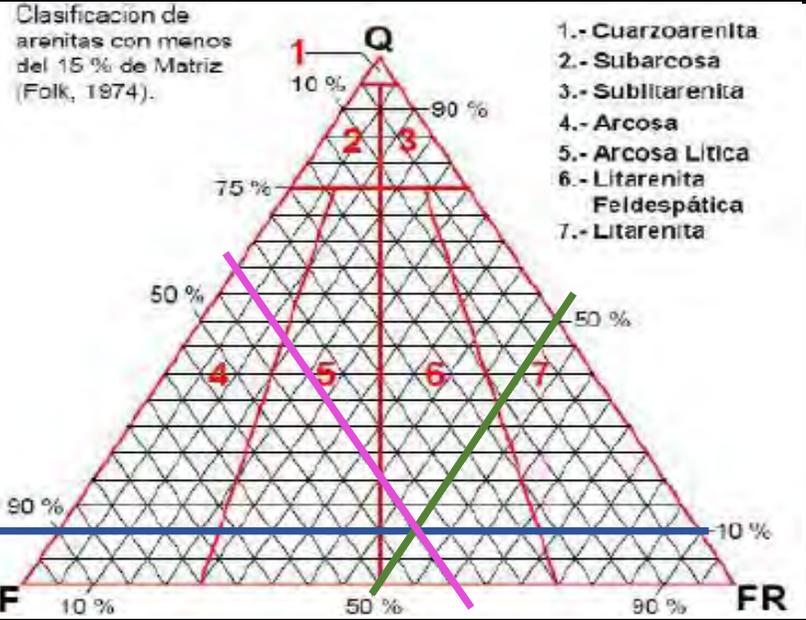
## Método de Janbu



Factor Seguridad = 0.855

# Descripción Macroscópica

<b>Muestra N°:</b>	M - 01	<b>Grupo:</b>	Mitu (PET-m/v)	<b>Coordenada X:</b>	247632
<b>Progresiva:</b>	Km 24+200	<b>Altura:</b>	4598 msnm	<b>Coordenada Y:</b>	8465323

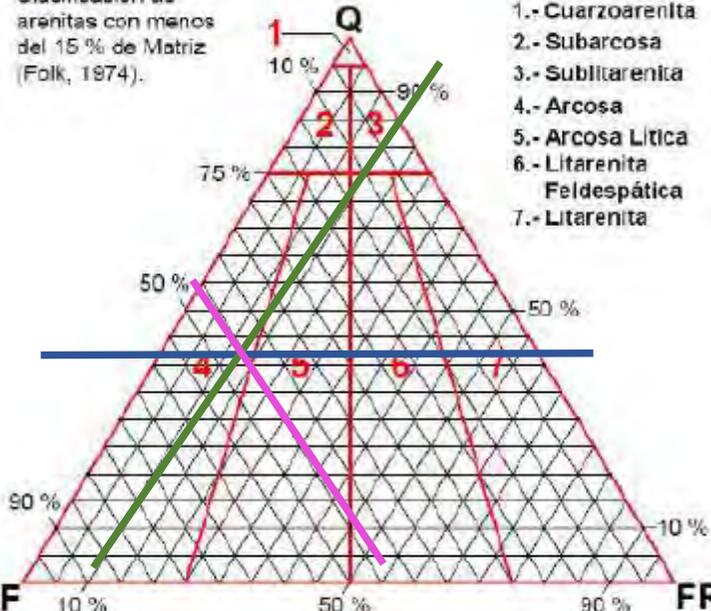


<b>% de Matriz:</b>	<15%	<b>% de Cuarzo (Q):</b>	10%
<b>Tipo de cementante:</b>	Calcita y óxidos de hierro	<b>% de Feldespato (F):</b>	40%
<b>Tamaños de clastos:</b>	0.5 - 2.5 mm	<b>% de Fragmentos Rocosos (F):</b>	50%
<b>Litología:</b>	Arenisca de grano grueso a muy grueso	<b>Clasificación (Folk):</b>	Litarrenita feldespática
<b>Observaciones:</b> La muestra es porosa, incluye micas y óxidos de hierro y efervece muy poco con HCL.			

<b>Muestra N°:</b>	M - 02	<b>Grupo:</b>	Mitu (PET-m/v)	<b>Coordenada X:</b>	247241
<b>Progresiva:</b>	Km 22+900	<b>Altura:</b>	4486 msnm	<b>Coordenada Y:</b>	8465241

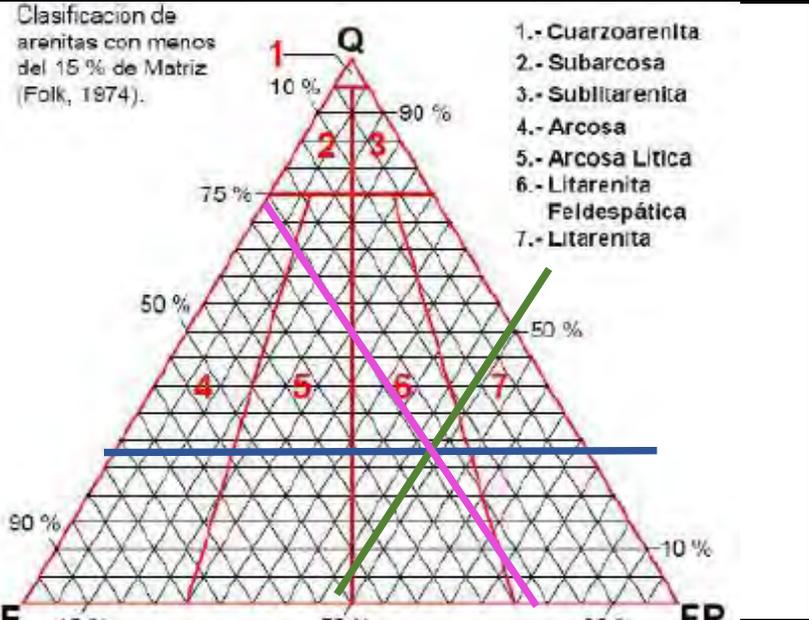


Clasificación de arenitas con menos del 15 % de Matriz (Folk, 1974).



<b>% de Matriz:</b>	<15%	<b>% de Cuarzo (Q):</b>	40%
<b>Tipo de cementante:</b>	Sílice	<b>% de Feldespato (F):</b>	50%
<b>Tamaños de clastos:</b>	0.125 - 0.25 mm	<b>% de Fragmentos Rocosos (F):</b>	10%
<b>Litología:</b>	Arenisca de grano fino	<b>Clasificación (Folk):</b>	Arcosa
<b>Observaciones:</b> La muestra es beige, incluye óxidos de hierro y presenta dendrita de pirolusita en diaclasas.			

<b>Muestra N°:</b>	M - 00	<b>Grupo:</b>	Mitu (PET-m/v)	<b>Coordenada X:</b>	239562
<b>Progresiva:</b>	Km 13+580	<b>Altura:</b>	3998 msnm	<b>Coordenada Y:</b>	8465623



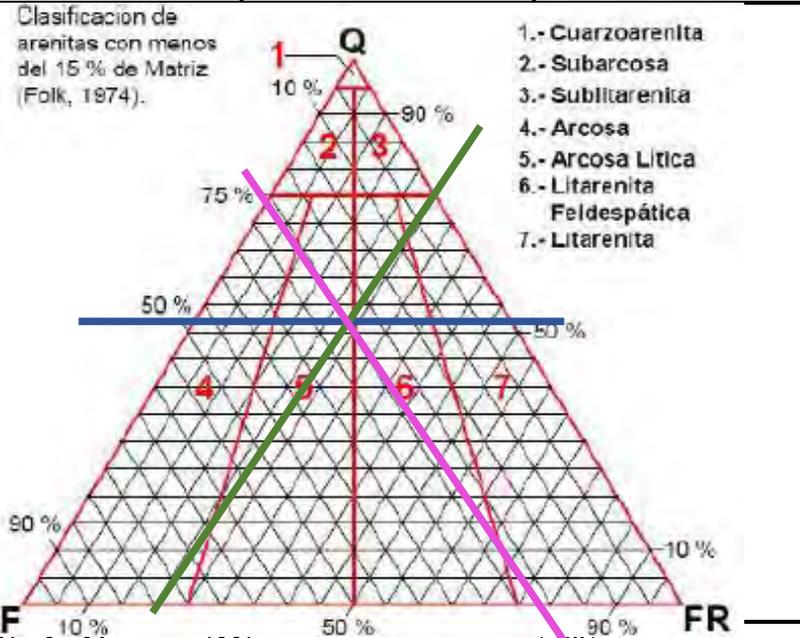
<b>% de Matriz:</b>	<15%	<b>% de Cuarzo (Q):</b>	40%	
<b>Tipo de cementante:</b>	Sílice	<b>% de Feldespato (F):</b>	50%	
<b>Tamaños de clastos:</b>	0.125 - 0.25 mm	<b>% de Fragmentos Rocosos (F):</b>	10%	
<b>Litología:</b>	Andesita por los minerales blancos angu	<b>Clasificación (Folk):</b>	Arcosa	
<b>Observaciones:</b> La muestra es beige, incluye óxidos de hierro y presenta dendrita de pirolusita en diaclasas.				

<b>Muestra N°:</b>	M - 03	<b>Grupo:</b>	Cabanillas (D-c)	<b>Coordenada X:</b>	239562
<b>Progresiva:</b>	Km 13+580	<b>Altura:</b>	3998 msnm	<b>Coordenada Y:</b>	8465623



<b>Textura:</b>	Foliada	<b>Grado de Metamorfismo Regional:</b>	Medio
<b>Protolito Metamórfico:</b>	Filita	<b>Protolito Sedimentario:</b>	Arcilla, Lutita, limolita, pelitas
<b>Tamaño de grano:</b>	Fino	<b>Litología:</b>	Filita
<b>Observaciones:</b> La muestra es verde pálida, incluye blastos oxidados.			

<b>Muestra N°:</b>	M - 04	<b>Grupo:</b>	Tarma-Cpacabana	<b>Coordenada X:</b>	234682
<b>Progresiva:</b>	Km 06+700	<b>Altura:</b>	3629 msnm	<b>Coordenada Y:</b>	864406



<b>% de Matriz:</b>	<15%	<b>% de Cuarzo (Q):</b>	50%
<b>Tipo de cementante:</b>	Sílice	<b>% de Feldespato (F):</b>	30%
<b>Tamaños de clastos:</b>	0.0625 - 0.125 mm	<b>% de Fragmentos Rocosos (F):</b>	20%
<b>Litología:</b>	Arenisca muy fina	<b>Clasificación (Folk):</b>	Arcosa
<b>Observaciones:</b> La muestra es marrón violáceo, presenta malaquita y venillas de calcita.			

<b>Muestra N°:</b>	M - 05	<b>Formación:</b>	Ananea	<b>Coordenada X:</b>	231772
<b>Progresiva:</b>	Km 02+460	<b>Altura:</b>	3469 msnm	<b>Coordenada Y:</b>	8461878



<b>Textura:</b>	Foliada	<b>Grado de Metamorfismo Regional:</b>	Bajo
<b>Protolito Metamórfico:</b>	-	<b>Protolito Sedimentario:</b>	Arcilla, Lutita, limolita, pelitas
<b>Tamaño de grano:</b>	Muy fino	<b>Litología:</b>	Pizarra
<b>Observaciones:</b> La muestra es marrón rojiza, y verde cuando presenta alteración y oxidación por intemperismo.			

<b>Muestra N°:</b>	M - 06	<b>Formación:</b>	Ananea	<b>Coordenada X:</b>	229741																
<b>Progresiva:</b>	Km 00+000	<b>Altura:</b>	3348 msnm	<b>Coordenada Y:</b>	8461975																
		<p style="text-align: center;"><b>Rocas metamórficas foliadas</b></p> <table border="0" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td>Pizarra</td> <td>Filita</td> <td>Esquisto</td> <td>Gneis</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Migmatita</td> <td>Milonita</td> <td>Metaconglomerado</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>				Pizarra	Filita	Esquisto	Gneis					Migmatita	Milonita	Metaconglomerado					
Pizarra	Filita	Esquisto	Gneis																		
																					
Migmatita	Milonita	Metaconglomerado																			
																					
<b>Textura:</b>	Foliada	<b>Grado de Metamorfismo Regional:</b>		Bajo																	
<b>Protolito Metamórfico:</b>	-	<b>Protolito Sedimentario:</b>		Arcilla, Lutita, limolitas																	
<b>Tamaño de grano:</b>	Muy fino	<b>Litología:</b>		Pizarra																	
<b>Observaciones:</b> La muestra es marrón rojiza, y verde cuando presenta alteración y oxidación por intemperismo.																					