

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



TESIS

**ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO DE TALUDES EN LA
CARRETERA DEL SECTOR PUGUENTIMARI, ENTRE LA
PROGRESIVA DEL KM 0+000 AL KM 7+000, EN EL DISTRITO DE
KUMPIRUSHIATO, PROVINCIA LA CONVENCION, CUSCO**

PRESENTADO POR:

Br. WILSON GREGORIO LOZANO QUISPE

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

ASESOR:

ING. GARATE GÓNGORA, VÍCTOR VIDAL

CUSCO- PERU

2026



Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco

INFORME DE SIMILITUD

(Aprobado por Resolución Nro.CU-321-2025-UNSAAC)

El que suscribe, el Asesor VICTOR VIDAL GARATE CONGORA.....
 quien aplica el software de detección de similitud al
 trabajo de investigación/tesis titulada: ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO DE
TALVOSES EN LA CARRETERA DEL SECTOR PUCOENTIMARI, ENTRE LA
PROGRESIVA DEL KM 0+000 AL KM 7+000, EN EL DISTRITO DE
KONPIRUSHIATO, PROVINCIA LA CONVENCIÓN, WVSU.....

Presentado por: Wilson GREGORIO LOZANO QUISPE..... DNI N° 70567952.....;
 presentado por: DNI N°:

Para optar el título Profesional/Grado Académico de
INGENIERO GEOLOGO.....

Informo que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por 02 veces, mediante el
 Software de Similitud, conforme al Art. 6° del **Reglamento para Uso del Sistema Detección de**
Similitud en 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 sobrepasa el porcentaje aceptado de similitud.	<input checked="" type="checkbox"/>
Del 11 al 30 %	Devolver al usuario para las subsanaciones.	<input type="checkbox"/>
Mayor a 31%	El responsable de la revisión del documento emite un informe al inmediato jerárquico, conforme al reglamento, quien a su vez eleva el informe al Vicerrectorado de Investigación 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** las primeras páginas del reporte del Sistema de Detección de Similitud.

Cusco, 14 de Abril..... de 2026.....



 Firma

Post firma VICTOR VIDAL GARATE CONGORA.....

Nro. de DNI 29340015.....

ORCID del Asesor 0000-0002-4296-6482.....

Se adjunta:

1. Reporte generado por el Sistema Antiplagio.
2. Enlace del Reporte Generado por el Sistema de Detección de Similitud: **oid:** 27259:578560649.....

Wilson Lozano

Estudio Geológico y Geotécnico de Taludes en la carretera del Sector Puguientimari

 Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::27259:578560649

Fecha de entrega

14 abr 2026, 5:07 p.m. GMT-5

Fecha de descarga

14 abr 2026, 5:13 p.m. GMT-5

Nombre del archivo

Tesis Lozano, Wilson.pdf

Tamaño del archivo

7.3 MB

128 páginas

27.580 palabras

158.011 caracteres

10% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...




Filtrado desde el informe

- ▶ Coincidencias menores (menos de 12 palabras)
- ▶ Fuentes de Internet
- ▶ Base de datos de Crossref
- ▶ Base de datos de contenido publicado de Crossref

Exclusiones



- ▶ N.º de coincidencias excluidas

Fuentes principales

- 0%  Fuentes de Internet
- 0%  Publicaciones
- 10%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

-  **Caracteres reemplazados**
79 caracteres sospechosos en N.º de páginas
Las letras son intercambiadas por caracteres similares de otro alfabeto.
-  **Texto oculto**
1095 caracteres sospechosos en N.º de páginas
El texto es alterado para mezclarse con el fondo blanco del documento.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

DEDICATORIA

este trabajo de investigación esta dedicado a las personas que más quiero y siempre me han apoyado, mis padres; Rafael y Yovana, por su apoyo en todo lo que soy, en mi educación académica, y así como de la vida misma, por todo su apoyo incondicional a través del tiempo.

AGRADECIMIENTO

A Dios, por guiarme en todo a lo respecto a la vida y fortalecer mi corazón e iluminar mi mente, y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que serían mis compañeros y colegas, quienes han sido mi compañía y motivación durante todo el periodo de estudio.

A mi Escuela Profesional de ingeniería Geológica y a sus docentes quienes me impartieron conocimiento básico profesional.

A mi asesor de tesis, Ing: Garate Góngora Víctor por sus paciencia y apoyo en el desarrollo del trabajo de esta tesis

RESUMEN

Esta tesis evalúa la estabilidad de 06 taludes ubicados entre el km 0+000 y el km 7+000 de la carretera del sector Puguientimari, distrito de Kumpirushiato, provincia de La Convención, región Cusco, Área caracterizada por precipitaciones, con máximo mensuales de hasta 456.56 mm en Febrero. La zona presenta diversas geoformas; montañas de rocas sedimentarias y metamórficas, escarpes erosiónales y vertientes de piedemonte asociados a depósitos Eluvio coluviales, geológicamente predominan las lutitas y pizarras meteorizadas, plegadas y fracturadas, con diaclasamiento lo que condiciona la estabilidad de taludes. La investigación comprendió trabajos de campo para identificar taludes críticos, levantamiento topográfico para perfiles transversales en Civil 3D, muestreo y ensayos geotécnicos de laboratorio. Posteriormente, se modelaron los taludes con SLIDE v.05, aplicando LEM (Bishop, Janbu y Morgenstern-Price), Pseudoestáticos y MEF con infiltración transitoria. Los resultados muestran que, bajo condiciones naturales, los factores de seguridad varían entre $FS = 0.27$ y $FS = 1.56$, El Talud N° 04 resulto inestable por su baja calidad geomecánica ($GSI \approx 40$). Bajo condiciones Pseudoestáticos, los 06 taludes presentan un $FS < 1.0$, evidenciando inestabilidad frente a aceleraciones sísmicas. La infiltración de precipitación redujo el FS entre 0.15 y 0.50, principalmente en taludes N° 01, 02 Y 06 conformados por gravas arcillosas, debido al incremento de la presión de poros.

En conjunto, la estabilidad de los taludes está controlada principalmente por la litología, la geometría del talud, Y la infiltración asociada a las precipitaciones intensas, siendo estos factores determinantes en la pérdida de estabilidad observada.

Palabras clave: Estabilidad de taludes, Geotecnia, Factor de seguridad, Presión de poros

ABSTRACT

This thesis evaluates the stability of six slopes located between km 0+000 and km 7+000 along the road in the Puguientimari sector, Kumpirushiato district, La Convención province, Cusco region, an area characterized by high rainfall, with monthly maxima of up to 456.56 mm in February. The area presents diverse landforms, including sedimentary and metamorphic rock mountains, erosional scarps, and piedmont slopes associated with eluvial-colluvial deposits. Geologically, weathered, folded, and fractured shales and slates predominate, with jointing that conditions slope stability.

The research included fieldwork to identify critical slopes, topographic surveys for cross-sectional profiles in Autodesk Civil 3D, sampling, and geotechnical laboratory testing. Subsequently, the slopes were modeled using Rocscience Slide v.05, applying Limit Equilibrium Methods (Bishop, Janbu, and Morgenstern–Price), pseudo-static analysis, and Finite Element Method (FEM) with transient infiltration.

The results show that, under natural conditions, safety factors range from $FS = 0.27$ to $FS = 1.56$, identifying Slope No. 04 as unstable due to its low geomechanical quality ($GSI \approx 40$). Under pseudo-static conditions, all six slopes present $FS < 1.0$, indicating instability under seismic acceleration. Rainfall infiltration reduced FS values between 0.15 and 0.50, mainly in Slopes No. 01, 02, and 06 composed of clayey gravels, due to increased pore water pressure.

Overall, slope stability is primarily controlled by lithology, slope geometry, and infiltration associated with intense rainfall, which are determining factors in the observed loss of stability.

Keywords: Slope stability, Geotechnics, Factor of safety, Pore pressure



Indice

INTRODUCCION	9
CAPITULO I. ASPECTOS GENERALES	11
1.1. UBICACIÓN.....	11
1.1.1. UBICACIÓN POLITICA	11
1.1.2. UBICACIÓN GEOGRAFICA	11
1.2. ACCESIBILIDAD.....	12
1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	12
1.4 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	13
1.4.1. PROBLEMA GENERAL	13
1.4.2. PROBLEMAS ESPECIFICOS	13
1.5. OBJETIVOS	14
1.5.1. OBJETIVO GENERAL	14
1.5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
1.6. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN.....	15
1.7. HIPÓTESIS	16
1.7.1. HIPÓTESIS GENERAL	16
1.7.2. HIPÓTESIS ESPECIFICAS	16
CAPITULO II. METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION.....	18
2.1 ENFOQUE DEL ESTUDIO.....	18
2.2 DISEÑO DEL ESTUDIO	18
2.3 METODO CIENTIFICO.....	18
2.3.1 INDUCTIVO.....	18
2.3.2 HIPOTETICO	18
2.3.3 DEDUCTIVO.....	19
2.4 METODOS DE TRABAJO.....	19
2.4.1 ETAPA DE PRE- CAMPO.....	19
2.4.2. ETAPA DE CAMPO	19
2.4.3 ETAPA DE POST-CAMPO	19
2.5 INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS	20
2.6 MATERIALES Y HERRAMIENTAS	20
2.7 HERRAMIENTAS.....	20
2.8 VARIABLES.....	21
2.9 TECNICAS DE INVESTIGACION.....	21
CAPITULO III: MARCO TEORICO.....	22
3.1 ANTECEDENTES INTERNACIONALES-TEISIS	22
3.2 ANTECEDENTES NACIONALES-TEISIS.....	23
3.3 ANTECEDENTES LOCALES-INFORMES TECNICOS	25



3.4 BASE TEORICO-CONCEPTUAL	26
3.5 NORMATIVA UTILIZADA.....	42
CAPITULO IV: GEOMORFOLOGIA.....	44
4.1 GEOMORFOLOGIA REGIONAL.....	44
4.1.1 COORDILLERA ORIENTAL.....	44
4.1.2 VERTIENTE NORTE DE LA CORDILLERA ORIENTAL.....	44
4.1.3 VALLES TRANSVERSALES.	45
4.1.4 VALLE DEL RIO KUMPIRUSHIATO.	46
4.1.5 VALLE DEL RIO URUBAMBA	46
4.2 GEOMORFOLOGIA LOCAL	48
4.2.1 QUEBRADAS-RIOS	48
4.2.2. MONTAÑAS DE ROCAS SEDIMENTARIAS	49
4.2.3 MONTAÑAS DE ROCAS METAMORFICAS.....	49
4.2.4 ESCARPE EROSIONAL.....	50
4.2.5 VERTIENTE O PIEDEMONTE DE DEPÓSITO COLUVIO-DELUVIAL	51
CAPITULO V: UNIDADES GEOLOGICAS	53
5.1 GEOLOGIA REGIONAL	53
5.1.1 GRUPO CABANILLAS	53
5.1.2 FORMACION SANDIA.....	53
5.1.3 FORMACION ANANEA	54
5.2 GEOLOGIA LOCAL	55
5.2.1 FORMACION ANANEA	55
5.2.2 GRUPO SAN JOSE	56
5.2.3 DEPOSITO ELUVIO-COLUVIAL(Qh-el.co).....	57
CAPITULO VI: HIDROLOGIA.....	58
6.1 INFORMACION METEOROLOGICA.....	58
6.2. ESTACIONES CERCANAS A LA ZONA DE ESTUDIO	58
6.3. ANALISIS DE PARAMETROS METEOROLOGICOS	60
6.3.1 PRECIPITACIÓN PROMEDIO DE LA ZONA DE ESTUDIO.....	61
6.3.2 TEMPERATURA MÍNIMA DE LA ZONA DE ESTUDIO.....	62
6.3.3. TEMPERATURA MÁXIMA DE LA ZONA DE ESTUDIO	63
6.4 INFILTRACION Y PERMEABILIDAD EN LOS TALUDES	63
6.4.1 INFILTRACION.....	63
6.4.2 ESTIMACION DE COEFICIENTE DE ESCORRENTIA	64
6.4.3 ESTIMACION DE LA EVAPOTRANSPIRACION	66
6.4.4 PERMEABILIDAD DE LOS TALUDES DE ESTUDIO.....	67
CAPITULO VII: GEOLOGIA ESTRUCTURAL	69
7.1 FALLA PUYENTIMARI.....	69
7.2 FALLA POMORENI.....	70



7.3 PLIEGUES.....	70
7.3.1 Sinclinales	71
7.3.2 Anticlinales.....	71
CAPITULO VIII: GEODINAMICA	72
8.1 GENERALIDADES DE LA GEODINAMICA INTERNA	72
8.1.1 SISMICIDAD:	72
8.1.2 PELIGRO SISMICO.....	73
8.1.3 ACELERACIONES SÍSMICAS MÁXIMAS NORMALIZADAS	73
8.1.4 ZONIFICACIÓN SÍSMICA	75
8.1.5 ACELERACIONES MÁXIMAS.....	76
8.2 GENERALIDADES DE LA GEODINAMICA EXTERNA	79
CAPITULO IX: GEOTECNIA.....	80
9.1 EVALUACION GEOTECNICA DE LOS TALUDES.....	80
9.1.1 ENSAYO DE LABORATORIO.....	80
9.1.2 RESULTADOS DE LABORATORIO	81
9.1.2 MAPEO EN CAMPO	82
9.2 ANALISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES	89
9.2.1 LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO	89
9.2.2 FACTOR DE SEGURIDAD.....	89
TALUD 01	90
TALUD 02	92
TALUD 03	95
TALUD 04	98
TALUD 05	102
TALUD 06	105
CAPITULO X: ANALISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS	108
10.1 PRESENTACION DE RESULTADOS	108
10.1.1 RESULTADOS DEL ANALISIS POR EQUILIBRIO LIMITE.....	108
10.1.2 RESULTADOS DEL ANALISIS CON INFILTRACION(FEM).....	111
10.2 ANALISIS DE RESULTADOS	112
10.3 DISCUSION DE RESULTADOS	114
10.4 CONTRASTACION CON LA HIPOTESIS	115
CONCLUSIONES	117
RECOMENDACIONES	119
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	121
BIBLIOGRAFIA	121
ANEXOS	124



INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Envolventes de fallas para el ensayo de corte directo	33
Figura 2. Etapas para realizar un estudio de estabilidad de taludes.....	34
Figura 3. Análisis de estabilidad de talud por el método Bishop(a) Esquema de las fuerzas que actúan en la dovela. (b) Diagrama de fuerzas en equilibrio de η^{ma} dovela.....	36
Figura 4. Diagrama del factor f_0 utilizado en el método de Janbu (Suarez, 2011)	39
Figura 5. <i>Mapa Geomorfología Regional de la zona de estudio</i>	47
Figura 6. Presencia de quebradas en la carretera, Con vegetación alrededor del cauce de agua.....	48
Figura 7. Presencia de caída de rocas lutíticas en el tramo de la carretera estudiada	49
Figura 8. Presencia de esquistosidad con plegamiento, propios de la roca pizarra	50
Figura 9. Zona de erosión producto de la saturación de agua en los depósitos	51
Figura 10. Presencia de cultivos agrícolas, la cuales están sobre los depósitos coluviales	52
Figura 11. En la foto se observa lutitas con fracturas y estratificación, típicos de lutita	55
Figura 12. Pizarras de color negro, son más resistentes a las lutitas y también se encuentran menos meteorizadas	56
Figura 13. En la foto se observa depósitos cuaternarios, expuestos a la constante erosión y meteorización.....	57
Figura 14. Probabilidad de precipitación en la estación de Santa Ana.....	58
Figura 15. Probabilidad de precipitación en la estación de Pichari	59



Figura 16. Probabilidad de precipitación en la estación de Pangoa.....	60
Figura 17. Datos de escorrentía superficial para distintos tipos de suelos.....	65
Figura 18. Datos de permeabilidad para los distintos tipos de suelo	67
Figura 19. Distribución sísmica en el Departamento del Cusco. Fuente: IGP.....	72
Figura 20. Distribución de aceleración en el Peru	74
Figura 21. Zonas Sísmicas del Perú.....	75
Figura 22. Talud N° 01 constituido por materiales coluviales con bloques de rocas metamórficas.....	90
Figura 23. Talud N.º 01. Modelamiento de roca pizarrosa considerando una carga sísmica horizontal $k_h = 0.12 g$	91
Figura 24. Resultados del análisis por método de elementos finitos del talud N° 01	92
Figura 25. Talud N° 02 de depósito cuaternario con presencia de matriz arcillosa con clastos de pizarra.....	93
Figura 26. Talud N.º 02. Modelamiento de roca pizarrosa considerando una carga sísmica horizontal $k_h = 0.12g$	94
Figura 27.	95
Figura 28. Talud N° 03 constituido por material Arena arcillosa.....	96
Figura 29. Talud N° 03- Depósitos Coluviales en la progresiva 5+868	97
Figura 30	98
Figura 31. Talud N° 04, Constituido por roca metamórfico-pizarrosa, con grado de alteración alta.....	99

Figura 32. Se observa la intersección de dos familias formando una falla de tipo cuña 100

Figura 33. Talud N.º 04. Modelamiento de roca pizarrosa considerando una carga sísmica horizontal $k_h = 0.12 g$ 100

Figura 34 101

Figura 35. Talud N.º05 de composición Eluvio- coluvial 103

Figura 36. Talud N.º 05. Modelamiento de roca pizarrosa considerando una carga sísmica horizontal $k_h = 0.12 g$ 103

Figura 37 104

Figura 38. Talud N.º 06, constituido por material Coluvial 106

Figura 39. Talud N.º 06. Modelamiento de roca pizarrosa considerando una carga sísmica horizontal $k_h = 0.12 g$ 106

Figura 40 107

Figura 41. Factores de seguridad de los taludes analizados bajo condición natural, obtenidos mediante los métodos de equilibrio límite de Bishop, Morgenstern–Price y Janbu. . 109

Figura 42. Factores de seguridad de los taludes evaluados bajo condición pseudoestática, calculados mediante los métodos de Bishop, Morgenstern–Price y Janbu..... 110

Figura 43. Factores de seguridad de los taludes analizados bajo condicion naturales y saturadas..... 111



INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Ubicación política de la zona de estudio.....	11
Tabla 2. Ubicación geográfica	11
Tabla 3. Tiempo y accesibilidad hacia las zonas de investigación	12
Tabla 4 . Operación de variables para el presente estudio	21
Tabla 5. cuadro de datos de precipitaciones de periodo 2000 hasta 2016.	61
Tabla 6. Cuadro de datos de temperatura mínima de periodo desde 2000 hasta 2016. ...	62
Tabla 7. Cuadro de datos para temperatura Maxima de periodo 2000-2016.	63
Tabla 8. Datos del coeficiente de escorrentía estimados a partir de la	65
Tabla 9. Datos de la evapotranspiración(ET_0) a partir de la ecuación de Hargreaves.	66
Tabla 10. Datos estimados de infiltración y permeabilidad de los taludes en estudio.....	68
Tabla 11. Cuadro de valores de la zona sísmica para la investigación-Kumpirushiato ...	76
Tabla 12. Valores de Aceleración.	77
Tabla 13. Aceleraciones efectivas para la zona de estudio	78
Tabla 14 Resultados de los ensayos en laboratorio-UNSAAC IGMM.....	81
Tabla 15. Caracterizacion geomecánica del talud roca	81
Tabla 16. Clasificación de GSI para macizos rocos heterogéneo como FLYSCH (Marinos P. and Hoek. E.2000)	83
Tabla 17. Guía para estimación del grado de perturbación D de un macizo rocoso.....	85
Tabla 18. Valores de la constante m_i , de la roca intacta para distintos tipos de rocas(el valor en paréntesis corresponde a la estimación).....	87



Tabla 19. Estimación en terreno de la resistencia a la compresión Uniaxial	88
Tabla 20. Datos Geotécnicos del talud N° 01- Métodos De Equilibrio Limite(Normal y Pseudoestatico)	90
Tabla 21. Datos Geotécnicos del talud N° 03.....	96
Tabla 22. Parámetros geotécnicos y factores de seguridad obtenidos en el análisis por elementos finitos.....	97
Tabla 23. Datos Geotécnicos del talud N° 04- Roca metamórfica-pizarra	99
Tabla 24. Parámetros geotécnicos y factores de seguridad obtenidos en el análisis por elementos finitos.....	101
Tabla 25. Datos Geotécnicos del talud N° 05- Depósitos Coluviales.....	102
Tabla 26. Parámetros geotécnicos y factores de seguridad obtenidos en el análisis por elementos finitos.....	104
Tabla 27. Datos Geotécnicos del talud N° 06- Depósitos Cuaternarios	105
Tabla 28. Parámetros geotécnicos y factores de seguridad obtenidos en el análisis por elementos finitos.....	107
Tabla 29. Resultados de los factores de seguridad, obtenido mediante el programa SLIDE v.05.....	108
Tabla 30. Datos de los distintos factores de seguridad en condiciones naturales, condiciones pseudoestaticas y condiciones saturadas.....	111



INTRODUCCION

La estabilidad de taludes constituye un aspecto fundamental en el diseño, operación y mantenimiento de infraestructuras viales, especialmente en zonas con pendientes escarpadas y condiciones climáticas adversas. En regiones con elevada precipitación, la interacción entre la geología, la geomorfología, la hidrología y las propiedades geotécnicas de los materiales condiciona la ocurrencia de movimientos en masa, los cuales representan un riesgo permanente para la seguridad vial y la continuidad del tránsito.

En la región Cusco, provincia de La Convención, distrito de Kumpirushiato, el tramo de carretera comprendido entre las progresivos km 0+000 y km 7+000 del sector Puguentimari atraviesa un ambiente geológico y geomorfológico complejo, caracterizado por la presencia de geoformas como montañas de rocas sedimentarias y metamórficas, escarpes erosionales y vertientes de piedemonte con depósitos Eluvio-coluviales. Desde el punto de vista litológico, predominan lutitas meteorizadas y pizarras fracturadas, materiales que presentan una respuesta desfavorable frente a procesos de saturación y deformación.

Las condiciones hidrológicas del área, asociadas a precipitaciones recurrentes, favorecen la infiltración de agua en los taludes, incrementando la presión de poros y reduciendo la resistencia al corte de los materiales. A ello se suman factores geométricos, como pendientes pronunciadas y cortes viales sin sistemas de drenaje adecuados, que han originado procesos de inestabilidad tales como deslizamientos superficiales y caída de rocas, afectando la transitabilidad y seguridad de la vía.



Frente a esta problemática, la presente investigación tiene como finalidad evaluar la estabilidad de los taludes existentes en el tramo vial del sector Puguentimari mediante la caracterización geológica, geomorfológica, hidrológica, geodinámica y geotécnica, y la aplicación de métodos de análisis de estabilidad de taludes. Para ello, se emplean métodos clásicos de equilibrio límite y métodos numéricos, con el propósito de identificar los factores condicionantes de la inestabilidad y aportar criterios técnicos para la gestión y mitigación del riesgo geotécnico.

El presente trabajo de investigación se organiza en diez capítulos. El Capítulo I desarrolla los aspectos generales del estudio, incluyendo el planteamiento del problema, los objetivos, la justificación y el alcance de la investigación. El Capítulo II describe la metodología empleada, comprendiendo el trabajo de campo, el muestreo, los ensayos de laboratorio y los procedimientos de análisis. El Capítulo III presenta el marco teórico, donde se abordan los conceptos fundamentales relacionados con la estabilidad de taludes y los métodos de análisis geotécnico. El Capítulo IV corresponde al análisis geomorfológico del área de estudio, mientras que el Capítulo V desarrolla la caracterización de las unidades geológicas. El Capítulo VI analiza las condiciones hidrológicas, y el Capítulo VII aborda la geología estructural del tramo evaluado. El Capítulo VIII presenta el análisis geodinámico, considerando la influencia de la actividad sísmica en la estabilidad de los taludes. El Capítulo IX desarrolla la caracterización geotécnica y los parámetros utilizados en los análisis de estabilidad. Finalmente, el Capítulo X presenta el análisis y la discusión de los resultados obtenidos, seguido de las conclusiones y recomendaciones orientadas a la mitigación de los problemas de inestabilidad identificados.



CAPITULO I. ASPECTOS GENERALES

1.1. UBICACIÓN

1.1.1. UBICACIÓN POLITICA

El tramo de carretera en el sector de Puguentimari

Tabla 1.

Ubicación política de la zona de estudio.

SECTOR	PUGUENTIMARI
DISTRITO	KUMPIRUSHIATO
PROVINCIA	LA CONVECION
DEPARTAMENTO	CUSCO

1.1.2. UBICACIÓN GEOGRAFICA

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

Tabla 2.

Ubicación geográfica

SECTOR	COORDENADAS UTM		
	Este (X)	Norte (Y)	Altitud (m.s.n.m.)
<i>PUGUENTIMARI</i>	<i>688975.22</i>	<i>8600197.39</i>	<i>696</i>

1.2. ACCESIBILIDAD

El acceso desde la ciudad del cusco se realiza por vía terrestre, a continuación, se detalla en el siguiente cuadro

Tabla 3.

Tiempo y accesibilidad hacia las zonas de investigación

TRAMO	DISTANCIA	TIEMPO	VIA
CUSCO – QUILLABAMBA	201 km	4:30Horas	Asfaltada
QUILLABAMBAKEPASHIATO	157km	4: 00 Horas	Bicapa
KEPASHIATO-C.P. PUGUENTIMARI	10 km	0:45Min	Carretera

1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la carretera del sector Puguentimari en las progresivas de Km 0+000 al 7+000, ubicada en el distrito de Kumpirushiato, provincia de la convencion, Región Cusco, se viene presentando problemas de inestabilidad de taludes a lo largo de diversos tramos, los cuales se manifiestan mediante deslizamientos, caídas de rocas y derrumbes, que afectan la infraestructura vial y la transitabilidad vial. Además, añadir que el transito continuo de vehículos, y de pobladores como de trabajadores ha incrementado el desgaste de las vías. Durante la temporada de lluvias, los problemas de inestabilidad afectan la transitabilidad, generando interrupciones en el transporte, daños a la infraestructura y riesgos para la seguridad de usuarios. además, algunos trabajos de ampliación realizados sin estudios previos adecuados han incrementado la susceptibilidad del terreno, comprometiendo aún más la estabilidad de los taludes.



1.4 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.4.1. PROBLEMA GENERAL

¿Cuál es la relación entre las características geológicas, geotécnicas y la estabilidad de los taludes de la carretera del sector Puguentimari, comprendida entre las progresivas Km 0+000 y Km 7+000, evaluada mediante métodos de equilibrio límite y métodos numéricos bajo condiciones naturales, pseudoestáticas y de infiltración de lluvias?

1.4.2. PROBLEMAS ESPECIFICOS

1. ¿Cuáles son las características geológicas de los taludes en la carretera del sector Puguentimari entre el km 0+000 y el km 7+000?

2. ¿Cuáles son las características Geotécnicas de los materiales presentes en los taludes de la carretera del sector Puguentimari entre la progresiva del km 0+000 al km 7+000?

3. ¿Cómo se comporta la infiltración, la permeabilidad y la presión de poros en los taludes durante el mes de mayor precipitación?

4. ¿Cuáles son los factores de seguridad de los taludes bajo condiciones naturales y pseudoestáticas, evaluados mediante métodos de equilibrio límite?

5. ¿Cómo varía la estabilidad de los taludes bajo condiciones de saturación transitoria y frente a aceleraciones sísmicas, evaluada mediante métodos de elementos finitos y equilibrio límite?



1.5. OBJETIVOS

1.5.1. OBJETIVO GENERAL

Determinar las características geológicas, geotécnicas que influyen en la estabilidad de los taludes ubicados entre los progresivos km 0+000 y km 7+000, y Analizar su influencia en la estabilidad mediante métodos de equilibrio límite y métodos numéricos como el de elementos finitos, bajo condiciones naturales, pseudoestáticas y de infiltración de lluvias.

1.5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Caracterizar las unidades geológicas de los taludes en el tramo de la carretera del sector de Puguentimari entre la progresiva del km 0+000 al km 7+000.
2. Caracterizar las propiedades geotécnicas de los materiales presentes en los taludes de la carretera del sector de Puguentimari entre la progresiva del km 0+000 al km 7+000.
3. Evaluar la influencia de la infiltración del agua de lluvia y la presión de poros en la estabilidad de los taludes durante el mes de mayor precipitación.
4. Determinar el factor de seguridad de los taludes bajo condiciones naturales y pseudoestáticas mediante métodos clásicos de equilibrio límite (Bishop, Morgenstern Price y Janbu)
5. Evaluar la estabilidad de los taludes bajo condiciones de saturación transitoria y frente a aceleraciones sísmicas, mediante métodos de elementos finitos y equilibrio límite, identificando los taludes más críticos.



1.6. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN.

La carretera del sector Puguentimari, desde su creación, viene presentando recurrentes problemas de estabilidad en los taludes, manifestados mediante caídas de rocas, procesos de erosión y deslizamientos, especialmente durante la temporada de precipitaciones pluviales. Estas condiciones afectan directamente la seguridad vial, generan interrupciones en el tránsito de personas y mercancías, y repercuten negativamente en el desarrollo económico y social de la zona. Ante esta problemática, resulta necesario desarrollar un estudio geológico y geotécnico integral que permita comprender el comportamiento de los taludes y evaluar su estabilidad, considerando que el área de estudio no cuenta con investigaciones técnicas previas que respalden la gestión del riesgo geodinámico.

En este contexto, el presente estudio adquiere relevancia teórica al contribuir al conocimiento técnico–científico sobre la interacción entre las características geológicas y geotécnicas y la estabilidad de taludes en infraestructura vial de zonas andinas. Asimismo, permite analizar y comparar el comportamiento de los taludes bajo diferentes escenarios de evaluación, tales como condiciones naturales, pseudoestáticas y de infiltración de lluvias, mediante la aplicación de métodos clásicos de equilibrio límite y métodos numéricos, aportando criterios técnicos para la interpretación de los factores de seguridad obtenidos.

Desde el punto de vista metodológico, la investigación se desarrolla mediante un enfoque integral y secuencial que comprende trabajo de gabinete, levantamiento geológico de campo, caracterización de materiales a través del muestreo y ensayos de laboratorio geotécnico, clasificación geomecánica y evaluación de la estabilidad de taludes mediante herramientas de



análisis numérico, tales como Slide. Esta metodología garantiza la obtención de resultados confiables y técnicamente sustentados, los cuales podrán ser replicados y adaptados en otros tramos viales con condiciones geológicas similares, sirviendo como soporte técnico para la planificación, el diseño, el mantenimiento y la estabilización de la infraestructura vial, así como para la toma de decisiones por parte de las autoridades y profesionales responsables.

1.7. HIPÓTESIS

1.7.1. HIPÓTESIS GENERAL

Las características geológicas y geotécnicas influyen con la estabilidad de los taludes ubicados entre las progresivas Km 0+000 y Km 7+000 de la carretera del sector Puguentimari, condicionando los valores del factor de seguridad obtenidos mediante métodos de equilibrio límite y métodos numéricos, bajo diferentes escenarios de análisis.

1.7.2. HIPÓTESIS ESPECIFICAS

1. Las características geológicas, como litología, estructura y grado de meteorización influyen directamente en la estabilidad de los taludes del tramo entre km 0+000 y km 7+000 de la carretera.
2. Las propiedades geotécnicas de los materiales presentes en los taludes condicionan a diferentes niveles de susceptibilidad a procesos de inestabilidad, como derrumbes y deslizamientos en el tramo de carretera del sector de Puguentimari entre la progresiva del km 0+000 al km 7+000.



3. La aplicación de métodos clásicos de equilibrio límite mediante el Software SLIDE 5 permite evaluar la estabilidad de los taludes y determinar condiciones potenciales de inestabilidad bajo escenarios naturales y pseudoestáticos.
4. La infiltración del agua producto de las precipitaciones incrementa la presión de poros y reduce la resistencia al corte, condicionando de manera negativa la estabilidad de los taludes de la carretera.
5. El análisis de la estabilidad mediante el método de elementos finitos permite evaluar el comportamiento de talud bajo condiciones aguas transitorias, evidenciando diferencias en los factores seguridad respecto a los métodos clásicos de equilibrio límites.



CAPITULO II. METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION

2.1 ENFOQUE DEL ESTUDIO

La presente investigación se desarrolla bajo un enfoque Mixto, debido a que se basa en la medición y análisis de parámetros geológicos y geotécnicos, así como en la evaluación de la estabilidad de los taludes mediante métodos de equilibrio límite y métodos numéricos, permitiendo una interpretación objetiva del comportamiento de los taludes (Hernández-Sampieri, R)

2.2 DISEÑO DEL ESTUDIO

El estudio se desarrolla bajo un diseño no experimental, dado que no se manipulan deliberadamente las variables de estudio, sino que se analizan las condiciones naturales existentes de los taludes. Asimismo, el diseño es transversal y de nivel descriptivo–analítico, ya que se caracteriza y evalúa la estabilidad de los taludes en un periodo determinado (Kerlinger & Lee).

2.3 METODO CIENTIFICO

2.3.1 INDUCTIVO

el proceso comienza con la recopilación de datos de varias variables independientes, lo que implica observar hechos y fenómenos. Luego, los datos recopilados se clasifican y estudian para llegar a una conclusión. (Rodríguez, 2017)

2.3.2 HIPOTETICO

Una vez recogido los datos y formulados los principios que describen un fenómeno natural, los investigadores intentan explicar cómo o por que las cosas suceden de la manera observada. (Edward and Frederick, 2005)



2.3.3 DEDUCTIVO

El proceso de verificación requiere que las predicciones se hagan según el modelo en que se esté considerando y que las predicciones se prueben comparándolas con observaciones objetivas de la naturaleza. En otras palabras, las hipótesis deben poder aplicarse a observaciones distintas de las utilizadas para formularlas en primer lugar. A la larga, las hipótesis que suspenden esta prueba se descartan. (Edward and Frederick, 2005).

2.4 METODOS DE TRABAJO

La investigación se desarrolló en tres etapas: Pre-campo, campo y post- campo

2.4.1 ETAPA DE PRE- CAMPO

Se recopiló información bibliográfica y cartográfica existente en la zona de estudio, incluyendo imágenes satelitales, cartas nacionales y estudios previos. Se realizó una planificación detallada del recorrido de campo, y se preparó el material necesario para el trabajo geológico y geotécnico.

2.4.2. ETAPA DE CAMPO

Durante el trabajo de campo se realizó el recorrido completo por el tramo de carretera del sector Puguentimari, se identificaron zonas con movimientos de masa, se tomaron registros fotográficos y se recolectaron muestras frescas de suelo y roca en los taludes inestables. Además se llevó a cabo la caracterización geológica y estructural, observando litologías, discontinuidades, orientación de planos de estratificación y posibles fallas.

2.4.3 ETAPA DE POST-CAMPO

Los datos obtenidos de campo como la topografía, los ensayos de laboratorio son procesados.



2.5 INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS

2.5.1 EQUIPOS DE CAMPO

Brújula, GPS, Picota, Computadora, cronometro, cinta métrica de 50 metros, eclímetro, cámara fotográfica, reloj digital.

2.5.EQUIPOS DE GABINETE

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

2.6 MATERIALES Y HERRAMIENTAS

2.6.1 MATERIALES DE GABINETE

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

2.6.2 MATERIALES DE CAMPO

Mapa impreso, cartas nacionales, tablero, lápiz de color, porta minas, bolsas de muestras para suelo, picota, rayador, protector y ponchos de agua.

2.7 HERRAMIENTAS

2.7.1 HERRAMINTAS DE GABINETE

Software de SIG, Software AutoCAD, Software Slide, Software, Programa SAS-Planet Programa de Google Earth Pro, Programas en Excel y Microsoft Office.

2.7.2HERRAMIENTAS DE CAMPO

Saquillos poliproline para muestras, palas y Picota o martillo de geologo.

2.8 VARIABLES

Tabla 4 . Operación de variables para el presente estudio

OPERACIÓN DE VARIABLES		
VARIABLES DE ESTUDIO	DIMENSIONES	INDICADORES
GEOLOGIA	GEOMORFOLOGIA	Morfología pendiente
	GEOLOGIA ESTRUCTURAL	diaclasas
		fallas pliegues
	ESTRATIGRAFIA	litología
		Litoestratigráfica
	GEODINAMICA	Sismicidad
		Movimientos en masa
	GEOTECNIA	LUGAR DE MUESTREO
Ubicación de calicatas		
Ubicación de puntos críticos		
NSAYOS GEOTECNICOS		Humedad
		Granulometría
		GSI
		Densidad de campo con cono
PROPIEDADES MECANICAS		Cohesion
		Angulo de Fricción
PROPIEDADES HIDRAULICAS		precipitaciones
		Permeabilidad
		infiltración
ESTUDIO DE TALUDES	TOPOGRAFIA	Geometría del talud
	GEOMATERIALES	Litología
		Clasificación del terreno
		Caracterización
	ESTABILIDAD DE TALUDES	Diseño de talud
		Factor de seguridad

2.9 TECNICAS DE INVESTIGACION

Se aplicaron técnicas de investigación tanto de campo como de gabinete, con el fin de recolectar, analizar e interpretar la información necesaria sobre los taludes presentes en el tramo de carretera del sector Puguientimari. Las principales técnicas utilizadas fueron: Observación directa de los taludes, levantamiento geológico, muestreo superficial, análisis de imágenes satelitales y mapas topográficos, para posteriormente su Modelación geotécnica.



CAPITULO III: MARCO TEORICO

3.1 ANTECEDENTES INTERNACIONALES-TESIS

Tesis: Orozco Flórez (2023), “ESTUDIO PARAMÉTRICO DE UN TALUD: COMPARACIÓN ENTRE EL MÉTODO DE ELEMENTOS FINITOS Y MÉTODOS DE EQUILIBRIO LÍMITE”, tuvo como objetivo analizar la estabilidad de un talud mediante un estudio paramétrico, comparando los resultados obtenidos a partir del método de elementos finitos y los métodos de equilibrio límite, con la finalidad de evaluar la influencia de los parámetros geotécnicos en el factor de seguridad y en el comportamiento deformacional del talud.

Para el desarrollo de la investigación, el autor empleó métodos de equilibrio límite clásicos y el método de elementos finitos, utilizando herramientas computacionales especializadas para la modelación y análisis de estabilidad. En el caso de los métodos de equilibrio límite, se determinó el factor de seguridad bajo distintas combinaciones de parámetros resistentes del suelo, mientras que el método de elementos finitos permitió analizar la distribución de esfuerzos, deformaciones y los mecanismos potenciales de falla del talud.

Los resultados obtenidos evidenciaron diferencias significativas entre ambos enfoques de análisis, observándose que los métodos de equilibrio límite proporcionan una estimación directa del factor de seguridad, mientras que el método de elementos finitos ofrece una representación más detallada del comportamiento mecánico del talud, especialmente frente a variaciones en los parámetros de resistencia al corte. Asimismo, el estudio permitió identificar la sensibilidad del factor de seguridad ante cambios en la cohesión y el ángulo de fricción interna del material.



Esta tesis constituye un antecedente metodológico relevante para la presente investigación, debido a que integra de forma conjunta los métodos de equilibrio límite y el método de elementos finitos, enfoques que también son empleados en el análisis de estabilidad de taludes desarrollado para la carretera del sector Puguentimari, permitiendo contrastar resultados y fortalecer la interpretación del comportamiento geotécnico de los taludes estudiados.

3.2 ANTECEDENTES NACIONALES-TEISIS

Tesis: Arteaga (2017), “ANALISIS GEOLOGICO- GEOTECNICO EN LOS TALUDES DE LA CARRETERA CHOROPAMPA-MAGADALENA”, tuvo como objetivo; Analizar el comportamiento de los factores geológicos- geotécnicos que intervienen en la inestabilidad de los taludes de la carretera Choropampa- Magdalena.. se concluyeron:

“Los taludes analizados de la carretera Choropampa-Magdalena, están compuestos principalmente por depósitos cuaternarios, aluviales, coluvio-aluviales, deluviales, por calizas de las formaciones Chulec, Pariatambo, Grupo Pulluicana y por intrusivos dioríticos, se encuentran en terrenos con pendientes fuertes (15° - 25°) y escarpadas ($>45^{\circ}$)”.

“el factor de seguridad obtenido en el análisis varía de acuerdo a las condiciones aplicadas (normales de saturación y sismicidad), por lo que, los taludes se clasificaron en inestables absolutos, inestables relativos, estables relativos, estables temporales y estables permanentes.”.

Esta tesis resulta es relevante ya que permite comparar litologías, además proporciona una metodología clara de clasificación de taludes en función del factor de seguridad, lo que ayudad al caracterizacion geotécnica que se realizara en el tramo de Puguentimari.



Tesis: Mamani y Pisco(2020), “CARACTERIZACION GEOMECANICA Y DISEÑO DE ESTABILIDAD DE TALUDES EN EL TRAMO DE CARRETERA KM 40+200 KM 44+800 DESVIO MICHIQUILLAY”, donde tiene como objetivos describir la geología, local y estructural de la zona de estudio, evaluar los parámetros geomecanicos de los macizos rocosos mediante la clasificación del RMR y GSI, calcular el factor de seguridad de los 8 taludes estudiados y finalmente plantear alternativas de diseño para mejorar la estabilidad de los taludes. Y presenta la siguiente conclusión:

“Se calculo los factores de seguridad de talud utilizando el software Slide, obteniendo valores de FS superiores a 1, para los taludes 1,2,4,5,6,7 y 8 lo cual indica que se encuentra en condiciones estables. Así mismo, se obtuvo el FS del talud 3 con un valor de 0.717 en condiciones estáticas y un FS de 0.578 en condiciones pseudoestaticas, lo cual indica que es inestable.”

“frente a los resultados obtenidos se ha propuesto la metodología de protección con mallas metálicas de 3.40 mm de diámetro para los taludes estables (1,2,4,5,6,7 y 8) con un total de 1276 m², estimando un presupuesto que asciende a s/36,054.46 lo cual incluye los materiales a utilizar, los equipos que se requiere para su transporte y colocación, mano de obra y otras herramientas necesarias. De igual manera se propone un sistema de reforzamiento mediante cambio de topografía para los taludes inestables (3), llegando a incrementar su FS a 4.97 en condiciones estáticas y un FS de 3.26 en condiciones Pseudoestaticas.”



Esta tesis es relevante en su metodología, utiliza la caracterización geomecánica mediante RMR y GSI, el análisis del factor de seguridad con Slide y la propuesta de medidas de estabilización, constituye un referente metodológico relevante para el presente estudio. Permite sustentar la evaluación de parámetros geotécnicos y la clasificación de taludes en el tramo de la carretera del sector Puguentimari, así como orientar la propuesta conceptual de medidas de mitigación y control.”

3.3 ANTECEDENTES LOCALES-INFORMES TECNICOS INSTITUCIONALES

Boletín: Estudio Geológico del Cuadrángulo de Chuanquiri (Hoja 27-u), realizado por el Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico – INGEMMET (2014) abarca geográficamente parte del distrito de Kumpirushiato, provincia de La Convención, donde se encuentra el tramo de carretera del sector Puguentimari. El estudio identifica la presencia de rocas metamórficas del Precámbrico, principalmente pizarras, filitas, esquistos micáceos, así como rocas ígneas intrusivas y depósitos cuaternarios recientes. Además, se reconocen estructuras como diaclasas, pliegues y zonas de fallas, que influyen significativamente en la estabilidad de laderas y taludes.

Este documento proporciona el marco geológico regional indispensable para la caracterización del terreno en el tramo de estudio. Si bien no analiza directamente problemas de estabilidad de taludes, permite identificar las unidades geológicas predominantes, sus características estructurales y el grado de alteración de las rocas, lo cual es fundamental para interpretar las condiciones geotécnicas que se evalúan en esta investigación.



3.4 BASE TEORICO-CONCEPTUAL

1. Hidrología. La hidrología es la ciencia que estudia la ocurrencia, distribución, circulación y propiedades del agua en la Tierra, así como su relación con el ambiente y los seres vivos (Santiago, 2008).

2. Infiltración. La infiltración se define como el ingreso del agua al suelo desde la superficie, principalmente a partir de la precipitación, permitiendo su desplazamiento hacia zonas no saturadas y contribuyendo a la recarga hídrica del subsuelo (Freeze & Cherry, 1979).

3. Nivel freático. El nivel freático representa la superficie superior de la zona saturada en un acuífero libre, donde la presión del agua es equivalente a la presión atmosférica (Custodio & Llamas, 1983).

12. Permeabilidad. La permeabilidad corresponde a la capacidad de un material geológico para permitir el flujo de fluidos a través de sus poros o discontinuidades interconectadas (Fetter, 2001).

13. Zona saturada. La zona saturada es aquella porción del subsuelo en la cual todos los poros y cavidades del medio geológico se encuentran ocupados por agua. Por debajo del nivel freático, la presión del agua supera la presión atmosférica (Custodio & Llamas, 1983).

14. Capacidad de infiltración. La capacidad de infiltración corresponde a la máxima velocidad a la que un suelo puede absorber agua bajo condiciones iniciales específicas, antes de que se produzca escorrentía superficial (Chow, Maidment & Mays, 1988).



15. Escorrentía superficial. La escorrentía superficial corresponde al volumen de agua de lluvia que no se infiltra en el terreno y fluye sobre la superficie terrestre, formando corrientes como ríos o arroyos (Ward & Robinson, 1990).

16. Geología; es la ciencia que está dividida en dos áreas, la geología física, que estudia los materiales que componen la tierra y busca comprender los diferentes procesos que actúan debajo y encima de la superficie y la geología histórica, que comprende el origen de la tierra y su evolución a lo largo del tiempo. (Edward and Frederick, d. 2005)

17. Deslizamientos: sucede cuando una masa se mueve a lo largo de la superficie definida, a veces la superficie es una diaclasa, una falla o un plano de estratificación que es aproximadamente paralelo a la pendiente.

Estos deslizamientos se clasifican en; desplomes, deslizamiento de rocas, flujo de derrubios, flujos de tierra y movimientos lentos (reptación, soliflucción) y deslizamientos submarinos (ciencias naturales). (Edward and Frederick, d. 2005)

18. Estratigrafía: es la rama que estudia la disposición original, sucesión e interpretación de los estratos y sus relaciones mutuas. (Rivera M. D,2005)

19. Geología estructural: la geología estructural es la que se encarga de estudiar la arquitectura de la tierra y las particularidades de la estructura y desarrollo de la corteza terrestre relacionada con los procesos mecánicos, movimientos y deformaciones que en ella tienen lugar. Su principal objetivo consiste en estudiar los mecanismos de la formación de las estructuras y los

fenómenos que actuaron a través del tiempo sobre las rocas y cuáles son las causas que originaron las formas que presentan actualmente. (Rivera, M, d.2005)

19. Rumbo o dirección: es la orientación de una línea contenida en el mismo pliegue paralelo al plano horizontal y referido al norte o al Sur. Se expresa en grados hacia el oeste o el este. Se mide mediante una brújula (Rivera, M, d.2005)

20. Buzamiento o inclinación: es el Angulo de máxima pendiente que forma una línea trazada sobre el estrato, que sea perpendicular a la dirección del mismo con un plano horizontal. El buzamiento siempre será perpendicular al rumbo, nunca paralelo. (Rivera, M, d.2005)

21. Diaclasas. Son planos de discontinuidad en un macizo rocoso, que no presentan movimiento perceptible paralelo a la superficie de discontinuidad. (Hoyos, F. d. 2001)

22. Estabilidad de taludes: “en muchos casos se espera que los ingenieros civiles realicen cálculos para comprobar la seguridad de los taludes naturales, taludes de excavaciones y terraplenes compactados. Este proceso, llamado análisis de estabilidad de talud, implica la determinación y la comparación del corte desarrollado a lo largo de la superficie de ruptura más probable con la resistencia del suelo al corte.

Factor de seguridad: el factor de seguridad se define como;

Donde

$$FS_s = \frac{\tau_f}{\tau_d}$$

FSs= Factor de seguridad con respecto a la resistencia



τ_f = Resistencia media del suelo al corte

τ_d = Esfuerzo cortante promedio desarrollado

La resistencia al corte de un suelo consiste en dos componentes, la cohesión y la fricción y se puede expresar como:

$$\tau_f = c' + \sigma' \tan \phi' \quad ($$

Donde: C' = cohesión

ϕ' = Angulo de fricción drenado

σ' = esfuerzo normal efectivo en la superficie potencial de falla

De una manera similar también podemos escribir

$$\tau_d = c'_d + \sigma' \tan \phi'_d \quad (13.3)$$

Donde C'_d y ϕ'_d son, respectivamente, la cohesión eficaz y el angulo de fricción que se desarrollan a lo largo de la superficie potencial de una falla. Sustituyendo las ecuaciones 13.2 y 13.3 en la ecuación 13.1, obtenemos.

$$FS_{\phi'} = \frac{\tan \phi'}{\tan \phi'_d}$$

(13.4)



Ahora podemos introducir algunos otros aspectos del factor de seguridad, es decir, el factor de seguridad con respecto a la cohesión, FSc' , y el factor de seguridad con respecto a la fricción $FS\phi'$. Estos se definen como sigue:

$$FSc' = \frac{c'}{c'_d} \quad (13.5)$$

$$FS_s = \frac{c' + \sigma' \tan \phi'}{c'_d + \sigma' \tan \phi'_d} \quad (13.6)$$

Cuando se comparan las ecuaciones 13.4, 13.5 y 13.6, vemos que cuando FSc' llega a ser igual a $FS\phi'$, que es el factor de seguridad con respecto a la resistencia. O, si

$$\frac{c'}{c'_d} = \frac{\tan \phi'}{\tan \phi'_d}$$

Podemos escribir

$$FS_s = FSc' = FS\phi \quad (13.7)$$

Cuando FS_s es igual a 1, el talud está en un estado de fallo inminente. En general, un valor de 1.5 para el factor de seguridad con respecto a la resistencia es aceptable para el diseño de un talud estable". (Braja, M. d.2013)

9. Hidrología: es la ciencia que se encarga de estudiar la distribución y movimiento del agua en el medio natural, sobre los continentes. (Santiago B. 2008)



23. Infiltración: Penetración de agua en el suelo, procedente de la lluvia, cursos superficiales o recarga artificial.

24. Nivel Freático: equivalente a nivel piezométrico para acuíferos libres.

25. Permeabilidad: Capacidad de un suelo o roca para que un fluido cualquiera la pueda atravesar

26. Zona saturada: Zona del suelo y las cavidades donde todos los intersticios y las cavidades se encuentran llenas de agua. Se pueden distinguir dos partes según nos encontremos por debajo del nivel freático, y entonces la presión del agua supera la presión atmosférica o por encima, de manera que la presión del agua supera la presión atmosférica.

27. Capacidad de infiltración: Máxima cantidad de agua que puede absorber un suelo por unidad de tiempo, para unas condiciones iniciales determinadas.

28. Escorrentía Superficial: Fracción de la precipitación que no se infiltra en el terreno y circula por la superficie en forma de torrentes, ríos o arroyos.

29. Geomorfología: es la que se encarga del estudio del relieve de la superficie terrestre y su nombre deriva de las tres palabras griegas: *ge-* tierra, *morfe-* forma y *logos-* estudio. Rodríguez, A. (2000)

30. Geodinámica interna: estudia los fenómenos que ocurren o tienen sus causas en el interior de la tierra. (Rivera, M, d.2005)



31. Geodinámica externa: estudia los procesos que ocurren en la superficie de la corteza y que modifican la estructura terrestre. (Rivera, M, d.2005)

32. Geotecnia: aplicación de los métodos científicos y de los principios de ingeniería a la generación, interpretación y utilización del conocimiento de los materiales y procesos que ocurran en la corteza terrestre para la solución de problemas de ingeniería. Para su desarrollo se requiere del conocimiento, de la mecánica de suelos, la mecánica de rocas, la geología, la geofísica, la hidrología, la hidrogeología. (Hoyos, F. d. 2001)

33. Litología: es el estudio y descripción de las rocas, aquellas que afloran en campo, en base a su color, textura y composición mineralógica se logran características físicas de una roca. (Hoyos, F. d. 2001).

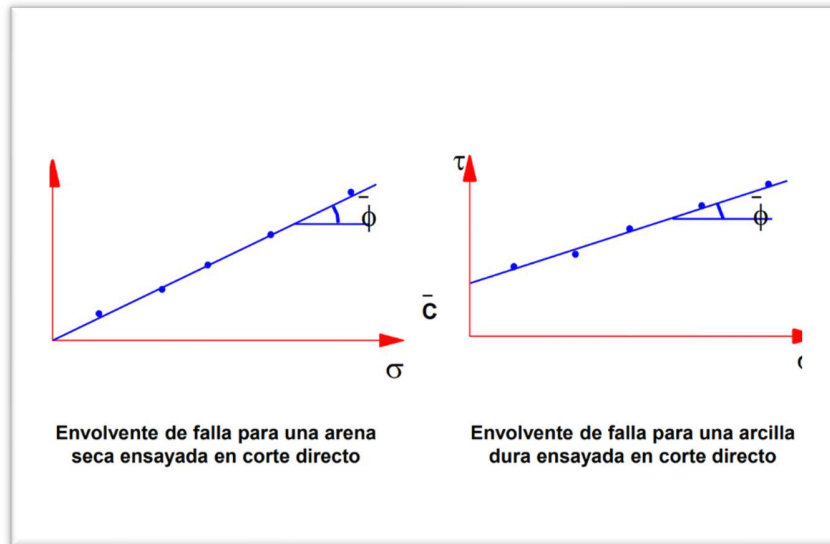
34. Topografía: la topografía es la que determina el contorno, la dimensión y la posición relativa de una porción limitada de la superficie terrestre, sin tener en cuenta la curvatura resultante de la esfericidad terrestre. (Machado.J.2022)

35. Ensayo de Corte Directo: Tiene como objetivo medir la resistencia cortante de suelos granulares, donde se utiliza el aparato para corte directo (caja partida un fija y la otra se puede mover horizontalmente con una fuerza horizontal aplicada), su procedimiento es colocar el espécimen al interior de la caja, aplicar esfuerzo vertical y aplicar esfuerzo horizontal hasta la falla. (Hurtado.2002).



Figura 1.

Envloventes de fallas para el ensayo de corte directo



Fuente: Hurtado 2002

36. Metodología de los estudios de estabilidad de taludes

La metodología para el análisis de estabilidad de taludes mantiene un esquema general común en todas las fases de estudio; sin embargo, la profundidad del análisis depende de la etapa del proyecto. Normalmente, la utilización de modelos numéricos avanzados se reserva para las etapas de diseño y ejecución, mientras que la investigación geológica–geotécnica se inicia en la fase de viabilidad (Ramírez & Alejano, 2004).

En obras públicas, se busca alcanzar un factor de seguridad (FS) superior a 1,2 en condiciones desfavorables; sin embargo, este valor no siempre es posible debido a la complejidad geológica e hidrológica.



El análisis de estabilidad de taludes requiere considerar múltiples factores, entre los que destacan: las características geológicas, la presencia de discontinuidades, las propiedades geotécnicas del terreno y factores externos como la infiltración de agua, vibraciones por voladuras o eventos sísmicos. Además, se deben evaluar las condiciones climáticas y de erosión que puedan afectar la integridad del talud a lo largo del tiempo.

Las etapas generales del estudio comprenden:

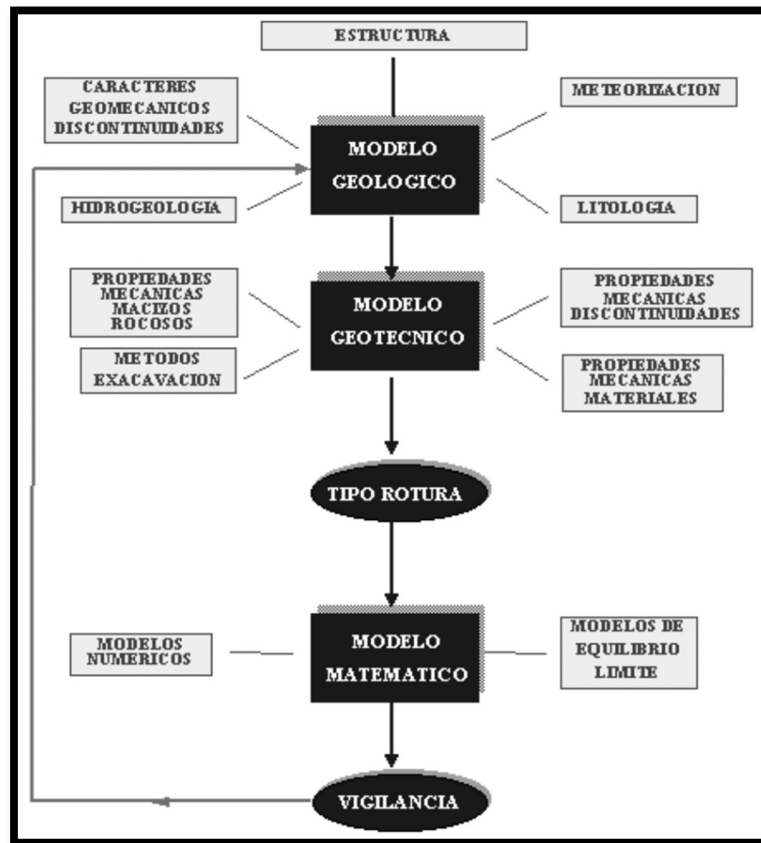
- ✚ Identificación de taludes Inestables
- ✚ Determinación de propiedades geotécnicas de las rocas y suelos,
- ✚ Evaluación de estabilidad mediante métodos de equilibrio límite y numéricos.
- ✚ Control y monitoreo de taludes durante la ejecución y operación

Esta metodología permite integrar información geológica, geotécnica y climática, proporcionando una evaluación completa de la estabilidad de los taludes y contribuyendo a la toma de decisiones en el diseño, construcción y mantenimiento de la infraestructura vial.



Figura 2.

Etapas para realizar un estudio de estabilidad de taludes



Fuente: Ramírez. P & Alejano.L.2004

una vez identificadas las zonas problemáticas, es necesario realizar en ellas una investigación geológica detallada mediante cartografía geológica y sondeos, que incluirá además la realización de ensayos de corte de las discontinuidades (particularmente si tienen rellenos arcillosos o espejos de falla). (Ramírez. P & Alejano.L.2004)



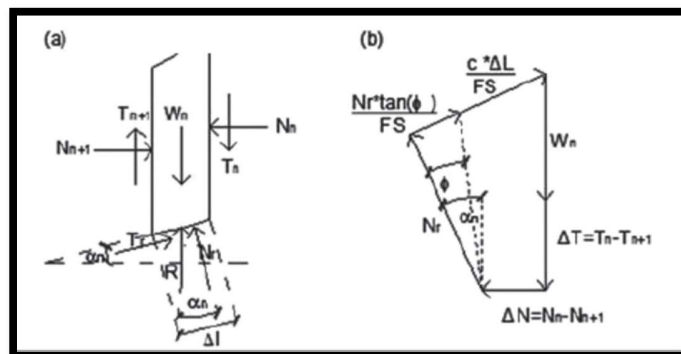
36.1 Métodos de equilibrio límite. Los métodos de equilibrio límite constituyen herramientas clásicas ampliamente utilizadas para evaluar la estabilidad de taludes, considerando el balance entre las fuerzas resistentes y actuantes. Entre ellos se aplicaron:

36.1.1. Método de Bishop. El método propuesto por Bishop en 1955 analiza la estabilidad de un talud con superficies de falla del tipo circular, tomando en cuenta el efecto de las fuerzas entre dovelas.

Al tratarse de un Método de Dovelas, la masa de suelo deslizante debe ser dividida en η fajas verticales (figura 4a), de manera de estudiar las fuerzas (figura 4b) y momentos involucrados en cada una de las rebanadas definidas y determinar así el FS asociado al caso.

Figura 3.

Análisis de estabilidad de talud por el método Bishop(a) Esquema de las fuerzas que actúan en la dovela. (b) Diagrama de fuerzas en equilibrio de η madovela.



Nota. Adaptado de Mecánica de rocas: Fundamentos e ingeniería de taludes, por P. Ramírez Oyanguren y L. Alejano Monge (2024).



De las figuras 3(sección a) y 3 (Sección b), es posible conseguir las siguientes ecuaciones

(ecuacion.6,ecuacion.7):

$$T_r = N_r * \tan(\phi) + c * \Delta l = N_r * \left[\frac{\tan(\phi)}{FS} \right] + \frac{c * \Delta l}{FS}$$

$$N_r = \frac{W_n + \Delta T - \left[\frac{c * \Delta l}{FS} \right] * \sin(\alpha_n)}{\cos(\alpha_n) + \frac{\tan(\phi) * \sin(\alpha_n)}{FS}}$$

Una vez obtenidos los diagramas de cuerpo libre para cada una de las dovelas, es posible desarrollar las ecuaciones de equilibrio de fuerzas y de momentos, obteniendo la expresión que permite determinar el FS de cada SPF analizada. De esta manera (ec.8):

$$\sum_{n=1}^{n=p} W_n * r * \sin(\alpha_n) = \sum_{n=1}^{n=p} T_r * r$$

Donde (ec.9),

$$T_r = \frac{1}{FS} * [c + \sigma' * \tan(\phi)] * \Delta l = \frac{1}{FS} * [c * \Delta l + N_r * \tan(\phi)]$$

Al analizar el equilibrio de fuerzas verticales de cada dovela, es posible obtener el valor de las fuerzas N, para así reemplazarlas en la ecuación 9 y obtener lo siguiente (ec.10):

$$FS = \frac{\sum_{n=1}^{n=p} [c * b + W_n * \tan(\phi) + \Delta T * \tan(\phi)] * \frac{1}{m_{\alpha(n)}}}{\sum_{n=1}^{n=p} [W_n * \sin(\alpha_n)]}$$

Donde (ec.11),



$$m_{\alpha(n)} = \cos(\alpha_n) + \frac{\tan(\phi) + \sin(\alpha_n)}{FS}$$

Este método considera dentro de sus hipótesis fundamentales, el hecho de que las fuerzas de contacto entre dos dovelas sí se toman en cuenta, pero no resultan influyentes, puesto que se encuentran equilibradas. Para aspectos de cálculo, estas fuerzas se consideran igual a cero, con lo que la ecuación 3.10 se puede simplificar (ec.12):

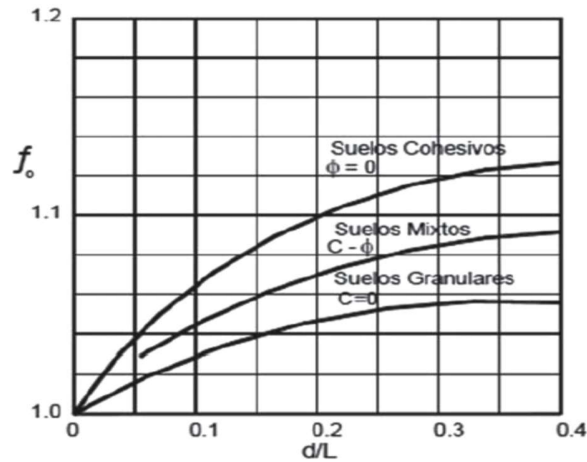
$$FS = \frac{\sum_{n=1}^{n=p} [c \cdot b + W_n \cdot \tan(\phi)] \cdot \frac{1}{m_{\alpha(n)}}}{\sum_{n=1}^{n=p} [W_n \cdot \sin(\alpha_n)]}$$

Es posible notar que el valor del FS no aparece de manera explícita, dado que se presenta a ambos lados de la ecuación, por lo que se debe realizar un proceso iterativo para poder encontrarlo.

36.1.2 Método de Janbu. La principal consideración de este método es que las fuerzas entre dovelas son solo horizontales, no tomando en cuenta las fuerzas cortantes. A diferencia de los métodos anteriores, en este caso la SPF no debe ser obligatoriamente circular. Esto se refleja en la aplicación de un factor de corrección f_0 , el que depende netamente del nivel de curvatura que presente la superficie de rotura (figura 5).



Figura 4. Diagrama del factor f_0 utilizado en el método de Janbu (Suarez, 2011)



Fuente: Suarez, 2011

Para determinar la estabilidad de un talud, Janbú considera el cálculo de un FS, el cual satisface el equilibrio de esfuerzos (ec.13):

$$FS = \frac{f_0 \cdot \sum \left\{ [c \cdot b + W \cdot \tan(\phi)] \cdot \frac{1}{\cos(\alpha) \cdot m \cdot a} \right\}}{\sum W \cdot \tan(\alpha)}$$

36.1.3 Método de Morgenstern–Price. Utiliza tres condiciones de equilibrio en rebanadas de espesor diferencial. Se utilizó un procedimiento iterativo para encontrar el factor de seguridad que satisficiera equilibrio de fuerzas y momentos. Se suponía conocida (y variable a lo largo del talud) la inclinación de las fuerzas inter-rebanada.

Estos métodos permiten obtener el factor de seguridad estático y pseudoestático de cada talud, y constituyen la base comparativa frente a métodos más avanzados.



37. Método Numérico. Los mecanismos de falla en los taludes suelen ser complejos y progresivos, involucrando factores geológicos, geotécnicos e hidrológicos que son difíciles de representar mediante los métodos convencionales de equilibrio límite. Dichos métodos, si bien son útiles para estimaciones iniciales del factor de seguridad, simplifican el comportamiento real de los materiales y asumen que la superficie de falla se desarrolla instantáneamente, sin considerar los procesos graduales de deformación ni la evolución temporal de las tensiones internas.

En la práctica, la mayoría de los problemas de estabilidad de taludes involucran geometrías irregulares, anisotropía estructural, comportamiento no lineal del suelo, esfuerzos in situ variables, presión de poros y efectos sísmicos. Ante estas condiciones, los métodos de equilibrio límite presentan limitaciones, ya que no evalúan las deformaciones, redistribuciones de esfuerzos ni la progresión de la falla, factores que son determinantes para entender la estabilidad real del macizo.

El análisis numérico surge como una alternativa más robusta y completa, al permitir representar el comportamiento continuo del medio y analizar su respuesta frente a distintas condiciones de carga, drenaje e infiltración. A través de la modelación numérica es posible obtener información sobre la distribución de esfuerzos, desplazamientos, deformaciones plásticas y zonas potencialmente críticas, ofreciendo una visión más realista del comportamiento del talud.



37.1. Método de Elementos Finitos (MEF)

El Método de los Elementos Finitos (MEF) se basa en la discretización del terreno en un conjunto de pequeños elementos interconectados en nodos, dentro de los cuales se resuelven las ecuaciones de equilibrio, compatibilidad y constitutivas del material. Este enfoque permite analizar la respuesta del suelo o la roca ante diferentes condiciones de carga y boundary conditions, considerando la interacción entre esfuerzos, deformaciones y presiones de poro.

Entre sus principales ventajas se encuentran:

- ❖ Permite incorporar la historia de esfuerzos y condiciones reales del terreno.
- ❖ Considera materiales anisótropos y comportamiento no lineal del suelo o roca.
- ❖ Facilita la simulación de procesos transitorios como la infiltración del agua y la generación de presión de poros.
- ❖ Permite identificar la evolución progresiva de zonas de plastificación, hasta la formación completa de la superficie de falla.

A diferencia de los métodos de equilibrio límite, el MEF no requiere definir previamente una superficie de falla, sino que esta se desarrolla de forma natural a medida que el talud alcanza condiciones críticas de resistencia. Esto lo convierte en una herramienta más adecuada para estudiar fallas complejas, de tipo rotacional, traslacional o mixto, donde intervienen factores acoplados de esfuerzo, saturación e infiltración.

Para el presente estudio se utilizó el módulo de elementos finitos del software SLIDE 5, el cual permitió modelar el comportamiento del talud bajo condiciones naturales y de saturación por

infiltración de lluvias, considerando tanto las características litológicas como los parámetros geotécnicos obtenidos en laboratorio.

Adicionalmente, se empleó el módulo Transient Groundwater (Transitory Water) para simular el proceso de infiltración y el flujo transitorio del agua, permitiendo obtener la distribución espacial y temporal de la presión de poros dentro del talud. Esta información hidráulica generada mediante MEF fue esencial para representar adecuadamente las condiciones de saturación y evaluar su influencia en la estabilidad del talud.

3.5 NORMATIVA UTILIZADA

En el presente estudio se utilizaron las siguientes normativas

- Norma Técnica E.050 – Suelos y Cimentaciones:
- Norma Técnica E.030 – Diseño Sismo Resistente:

ENSAYOS DE LABORATORIO

Análisis granulométrico (clasificación SUCS)

ASTM D422 / MTC E 201: Método estándar para el análisis del tamaño de partículas de suelos por tamizado.

Permite determinar la proporción de grava, arena y finos, base para clasificar los suelos según el sistema SUCS.



Índice de consistencia (límites de Atterberg)

NTP 339.129 / ASTM D4318 / MTC E 110 (límite líquido) y MTC E 101 (límite plástico).

Determinan el comportamiento plástico de los suelos finos, especialmente importante para evaluar su respuesta ante cambios de humedad.

Contenido de humedad natural

ASTM D2216 / MTC E 108: Permite conocer el porcentaje de agua presente en la muestra en el momento de su extracción.

Ensayo de corte directo

ASTM D3080 / NTP 339.127: Permite obtener los parámetros de resistencia al corte del suelo: cohesión (c) y ángulo de fricción interna (ϕ), fundamentales para calcular el factor de seguridad (FS) en taludes.

ENSAYOS DE CAMPO

3.5.2.1 Ensayo de densidad in situ – Método del cono de arena

MTC E 117: Determina la densidad y peso unitario del suelo en su estado natural, mediante el método del cono de arena.

Es útil para evaluar la compactación real en obra o en zonas donde se tomaron muestras alteradas.



CAPITULO IV: GEOMORFOLOGIA

4.1 GEOMORFOLOGIA REGIONAL

La geomorfología que representa el cuadrángulo del distrito de Kumpirushiato y la zona de estudio regional está caracterizada.

4.1.1 COORDILLERA ORIENTAL

La vertiente norte de la Cordillera Oriental se encuentra principalmente en el cuadrángulo de Chuanquiri, y coincide en parte, por la denominada Selva alta. Hidrográficamente, esta vertiente está cortada por ríos y valles transversales que drenan hacia la cuenca del río Urubamba, mostrando un relieve menos abrupto hacia el norte, a manera de laderas y colinas de pendiente moderada.

En la cordillera oriental afloran principalmente rocas metamórficas de la cadena Herciana (Paleozoico inferior), intrusivos Permo-Triásicos y escasas rocas sedimentarias del Paleozoico superior y del Meso-Cenozoico. La tectónica se manifiesta por pliegues asociados a un metamorfismo Eoherciniano, fallas y pliegues andinos.

4.1.2 VERTIENTE NORTE DE LA CORDILLERA ORIENTAL

Ocupan gran parte del cuadrángulo de Chuanquiri y el extremo noreste del cuadrángulo de Pacaypata

Esta vertiente se caracteriza por tener un relieve fuerte en las partes altas, alcanzando los 4,371 msnm. Luego la pendiente empieza a disminuir progresivamente hacia el Norte, hasta aproximadamente 1,5000 msnm. Las zonas más altas y las pendientes fuertes están controladas por la litología del macizo de Concevidayoc- alto Kiteni y el macizo Precámbrico de Pichari, en

tanto que hacia las partes bajas el control litológico, está dado por pizarras y filitas del Paleozoico inferior y Superior.

La zona baja, corresponde aproximadamente a la denominada ceja de selva, caracterizada por ser una transición entre la cordillera y el llano Amazónico. Los relieves son relativamente empinados a suaves, desarrollando zonas algo planas(mesetas) y cortados por los valles transversales.

La ceja de selva, en la zona de estudio, se ubica aproximadamente desde los 1500 msnm, hasta los 800 msnm. En cuanto al relieve, está conformada por una topografía compleja, teniendo una superficie montañosa, con quebradas, lomas y laderas, donde resaltan los valles de la cuenca hidrográfica del rio Urubamba.

4.1.3 VALLES TRANSVERSALES.

La vertiente Norte de la cordillera Oriental en la zona de estudio, se encuentra disectada por valles que cruzan preferentemente de Suroeste a Noreste, y a menudo originan una topografía muy variada y de fuerte relieve. Hacia el norte la topografía es más suave, caracterizándose por tener pendientes moderadas en sus flancos, desarrollando un piso de valle más ancho y tenido con terrazas en ambas márgenes. Las aguas que recorren por estos valles desembocan en el rio Urubamba, conformando el principal colector de las aguas del cuadrángulo Chuanquiri.

Los principales valles son:



4.1.4 VALLE DEL RIO KUMPIRUSHIATO.

Este valle está ubicado al Norte del cuadrángulo de Chuanquiri, con dirección general OSO-ENE. El río Kumpirushiato resulta de la confluencia de los ríos Santa Ana y Paquichari. Las nacientes se encuentran aproximadamente a 2,800 msnm, el mismo que tiene una evolución juvenil a maduro, con pendientes moderadas a fuertes en ambos flancos. El valle Kumpirushiato se ha desarrollado sobre rocas metamórficas del Paleozoico inferior. Este valle está controlado por el rumbo general de las unidades litoestratigráficas y estructuras de dirección NE-SO.

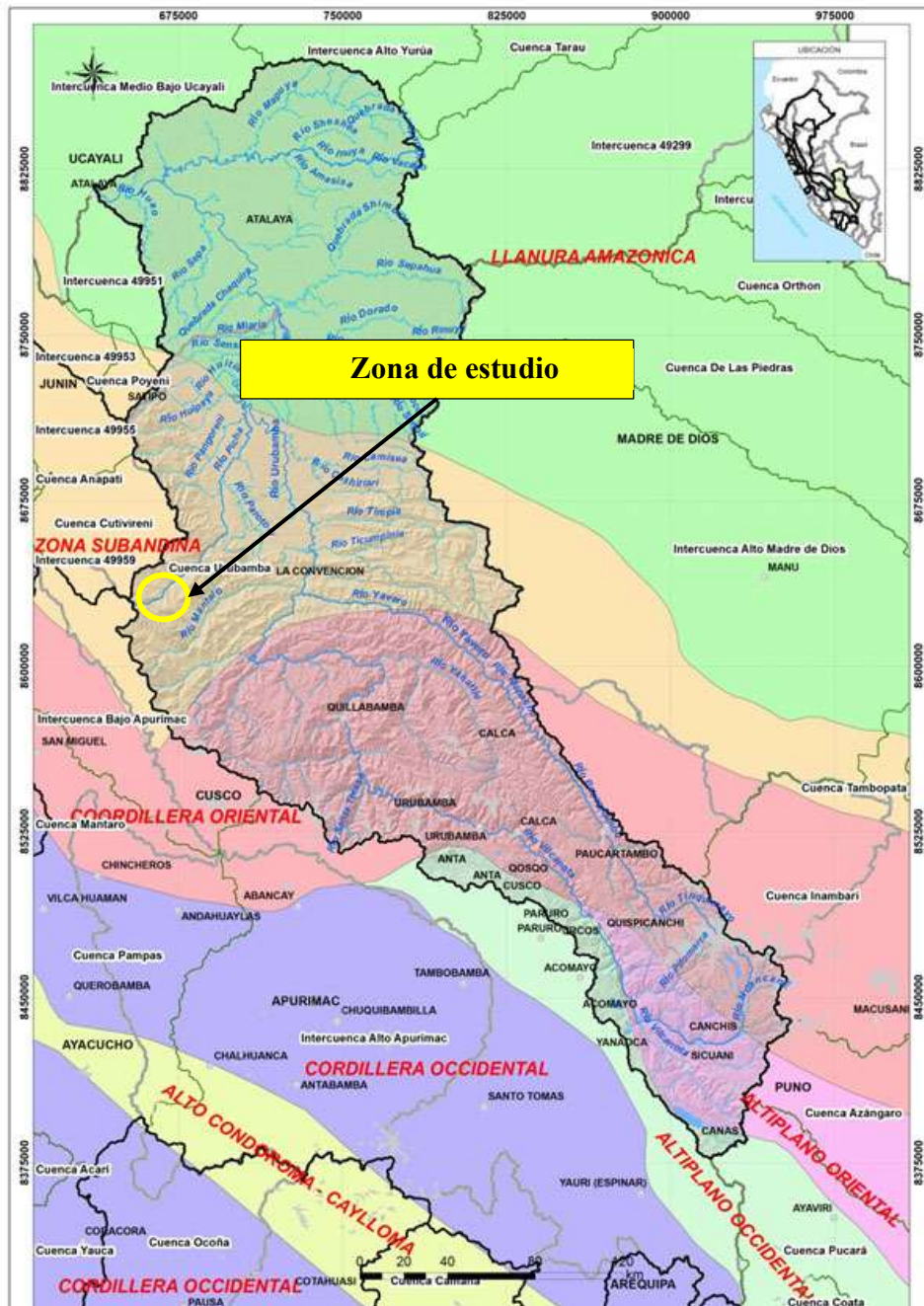
4.1.5 VALLE DEL RIO URUBAMBA

El valle del río Urubamba, es considerado como el más amplio e importante de la vertiente Norte de la cordillera oriental. En la zona de estudio atraviesa la parte nororiental del cuadrángulo de Chuanquiri entre 700 msnm y 550 msnm, en una longitud de 38km. En general el tramo del río se puede dividir en dos segmentos: el primero que va con dirección aproximada E-O cortando las estructuras, en tanto que el segundo con dirección SSO-NNE es paralelo a las estructuras que afectan a las rocas del Paleozoico Inferior.

El valle del Urubamba en este sector comienza a pasar progresivamente a una evolución madura, ya que empiezan a aparecer algunos meandros, diferenciándose de su evolución juvenil, bien característico en el cuadrángulo de Quillabamba. Las laderas del valle todavía son ligeramente empinadas. El río Urubamba constituye el principal colector de las aguas provenientes de la vertiente norte de la Cordillera Oriental.

Figura 5.

Mapa Geomorfología Regional de la zona de estudio



Fuente: SNIRH, ANA, 2014. Geodinámica.



4.2 GEOMORFOLOGIA LOCAL

4.2.1 QUEBRADAS-RIOS

Esta geoforma se observa en algunas partes de la carretera, Son zonas generalmente donde la erosión del cauce de rio a moldeado la roca y los depósitos cuaternarios, por lo general esta acompañadas de vegetación y un cauce de agua, que en tiempos de precipitaciones intensas puede dar lugar a pequeños aluviones.

Figura 6.

Presencia de quebradas en la carretera, Con vegetación alrededor del cauce de agua





4.2.2. MONTAÑAS DE ROCAS SEDIMENTARIAS

Estas geoformas elevadas están conformadas por rocas sedimentarias, con lutitas intercaladas con láminas de limolitas, se ubican a lo largo del tramo de carretera, presentando un alto grado de meteorización y alteración debido a las precipitaciones, también se encuentran bastante plegadas, mostrando una orientación estructural definida, lo que hace susceptible a procesos de remoción de masas, estas montañas alcanzan una altura aproximadamente de 700 a 1200 m.s.n.m de altura.

Figura 7.

Presencia de caída de rocas lutíticas en el tramo de la carretera estudiada



4.2.3 MONTAÑAS DE ROCAS METAMORFICAS

Son montañas de pequeñas elevaciones formadas por rocas metamórficas de composición pizarrosa, color negro, presentan una foliación propia de los esquistos, estas montañas alcanzan un rango de altitud aproximadamente de 700 hasta 1500 m.s.n.. estas están presentes en la zona



de estudio, principalmente en los taludes de macizos rocosos muy plegados debido a la actividad geodinámica

Figura 8.

Presencia de esquistosidad con plegamiento, propios de la roca pizarra



4.2.4 ESCARPE EROSIONAL

En el tramo de la carretera se observan escarpes erosiónales de aproximadamente 10 m de longitud, generado por la remoción de suelo en la base de la ladera. Estos escarpes presenta raíces expuestas, acumulación de material en la parte baja y evidencia procesos activos de socavación, inducidas por las escorrentías de agua.

Figura 9.

Zona de erosión producto de la saturación de agua en los depósitos



4.2.5 VERTIENTE O PIEDEMONTE DE DEPÓSITO COLUVIO-DELUVIAL

Estas geoformas están presentes en el tramo de carretera en la parte baja de las montañas, originadas por agentes como la gravedad y el agua, estos depósitos se acumulan en la transición entre las laderas y en la parte llana, los cuales son comúnmente aprovechada por los pobladores para la actividad agrícola.

Figura 10.

Presencia de cultivos agrícolas, la cuales están sobre los depósitos coluviales



4.3 ANALISIS DE PENDIENTES

El análisis de las pendientes es una herramienta que sirve para la identificación de zonas potencialmente inestables y para la estimación de escorrentía superficial, debido a que en muy escarpadas se incrementan las fuerzas gravitacionales actuantes sobre los materiales del talud. En la zona de estudio, las áreas con pendientes mayores al 25 % coinciden principalmente con escarpes erosionales, laderas abruptas y taludes rocosos, los cuales presentan mayor susceptibilidad a procesos de falla.

El mapa de pendientes permite identificar zonas críticas preliminares que requieren un análisis geotécnico detallado (Ver Anexo).



CAPITULO V: UNIDADES GEOLOGICAS

5.1 GEOLOGIA REGIONAL

En la zona de estudio está dominada por el grupo Cabanillas del Devónico y la formación Ananea del del silúrico

5.1.1 GRUPO CABANILLAS

Palacios en 1993 Describe El grupo Cabanillas aflora al norte y noreste del cuadrángulo de Chuanquiri, formando un sinclinorio de dirección NE-SO.

En 1997 Cárdenas y Sanches en 2002, Describen este grupo: que están compuesto por estratos tabulares de Cuarzoarenitas de grano fino a medio, micáceas con niveles delgados de limolitas, lutitas gris oscura, presentan laminaciones planares, ondulitas y bioturbación.

Sobreyace en transición a la formación Ananea e infrayece concordantemente al grupo Ambo. Por su posición estratigráfica se le asigna la edad del devoniano. El grosor de la unidad esta estimado en 400 m, aproximadamente.

5.1.2 FORMACION SANDIA

La formación sandia aflora al noreste del cuadrángulo Chuanquiri 26p, a manera de franjas alargadas y deformadas, limitada por la falla sirimpiari, sector de aguas calientes, asimismo, al este y sur este del cuadrángulo esta cortado por el Pluton Cirialo.

En 1997 Cardenas y Sanches en 2002, cartografian nuevos afloramientos de esta unidad como se pueden ver en las zonas de Espíritu Pampa, Rio San Miguel y sur de Espíritu Pampa(

Hoja 26p2); también, en el borde noreste del cuadrángulo a manera de franja alargada limitada por la falla Pomoreni

Litológicamente está compuesta por cuarzoarenitas, masivas de grano fino a grueso en estratos tabulares medianos a gruesos, cuyo grosor varia de 0.3 a 1 m; presentan laminación planar y ondulitas. Hacia el tope de la unidad se carga de lutitas pizarrosas negras. También, se encontraron Sills cortando las cuarzoarenitas.

5.1.3 FORMACION ANANEA

Palacios, Chavez, de la cruz y Carpio en 1996, entre otros, han identificado la formación ananea registrando su extensión y ampliando la descripción de la unidad en otras áreas del sudeste peruano.

La formación Ananea aflora al noreste del poblado de Yuveni(Hojas 26p1, 26p3 y 26p4),formando un Sinclinorio de dirección NE-S0, igualmente, esta limitada por las fallas de puyentimaro y Pomoreni. Tambien, aflora al noreste del cuadrángulo en el rio mantalo(hoja 26p4), formando un sinclinal de dirección NO-S3, y esta limitada por la falla sirimpiari. Al suroeste del poblado de Pomoreni se encuentra formando pliegues

En la actualización del mapa base(Cárdenas y Sancheze en 1997) se cartografiaron nueva a afloramientos de esta unidad, como se pueden ver al noreste del cuadrángulo y en los alrededores de manogali(26p1), así como al sureste de Pomoreni(hojas 26p3 y 26p4).



Este compuesto esencialmente por lutitas y limolitas gris oscuras, presentado esporádicamente niveles de arenisca de grano fino. Algunos afloramientos presentan una erosión esferoidal y su clivaje es de tipo “lápiz”. Localmente se encontraron concentraciones nodulares de pirita.

5.2 GEOLOGIA LOCAL

5.2.1 FORMACION ANANEA

La formación Ananea se expone en el sector de Puguentimari, a lo largo del tramo de la carretera. Está conformada litológicamente por lutitas y limolitas, que muestran un grado de alteración como resultado de la meteorización física y química.

Figura 11.

En la foto se observa lutitas con fracturas y estratificación, típicos de lutita





5.2.2 GRUPO SAN JOSE

Esta unidad está presente por debajo de la formación Ananea, aflorando en algunos tramos de la carretera. Litológicamente, está compuesta por pizarra de color gris oscuro, que muestran una foliación bien definida y una estructura compacta.

Figura 12.

Pizarras de color negro, son más resistentes a las lutitas y también se encuentran menos meteorizadas



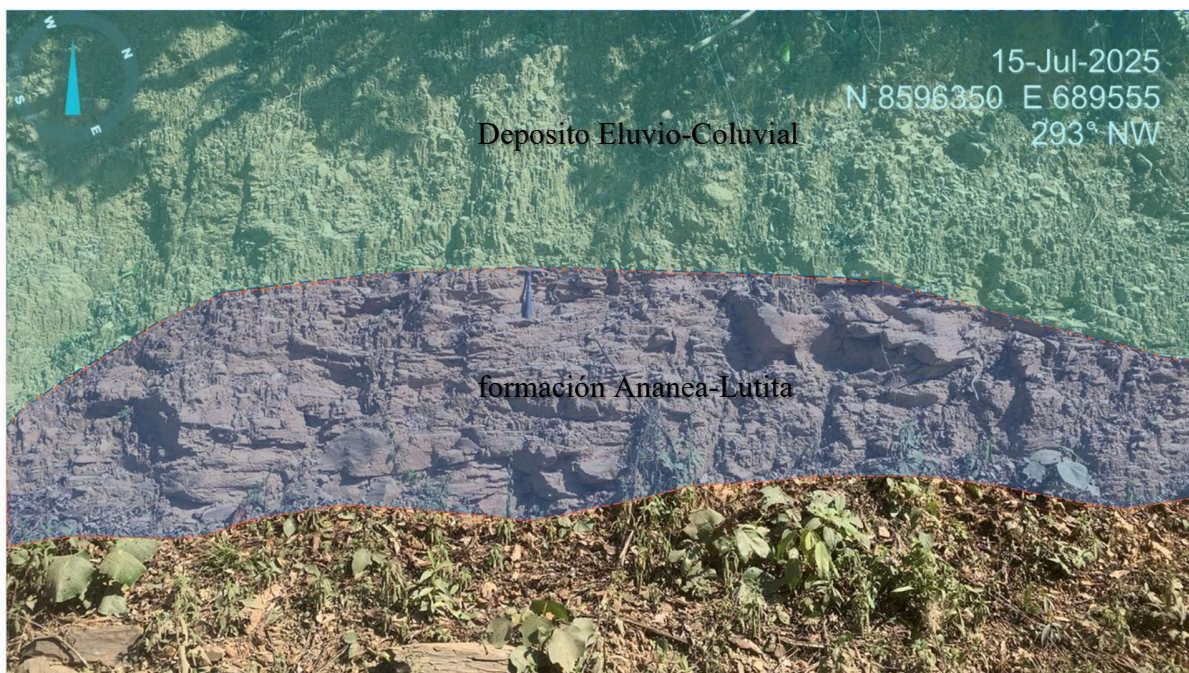


5.2.3 DEPOSITO ELUVIO-COLUVIAL(Qh-el.co)

Estos depositos se distribuyen a lo largo del trazo de la carretera, desarrollándose principalmente sobre y adyacentes a afloramientos rocosos. Estos depósitos presentan una matriz predominantemente arcillosa, dentro de la cual se encuentran bloques y guijarros que constituyen el material grueso, derivados de la meteorización de rocas metamórficas subyacentes, evidenciando un transporte gravitacional de corta distancia.

Figura 13.

En la foto se observa depósitos cuaternarios, expuestos a la constante erosión y meteorización





CAPITULO VI: HIDROLOGIA

6.1 INFORMACION METEOROLOGICA

La información empleada en este estudio proviene de la plataforma de Weather Spark, donde se recopiló información actual referencial para la caracterización climática general, y del servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI), se descargaron desde su página web (datos históricos de precipitación, temperaturas mínimas y máximas desde el año 2000 hasta el año 2016), correspondientes a la microcuenca de la zona de estudio.

6.2. ESTACIONES CERCANAS A LA ZONA DE ESTUDIO

6.2.1. ESTACION METEOROLOGICA DE QUILLABAMBA

El periodo de precipitaciones se extiende a 4,5 meses, de 17 de noviembre a 1 de abril, y la temporada sin precipitaciones es de 7,5 meses, del 1 de abril al 17 de noviembre.

Figura 14.

Probabilidad de precipitación en la estación de santa Ana



Fuente: Weather Spark, <https://weatherspark.com>

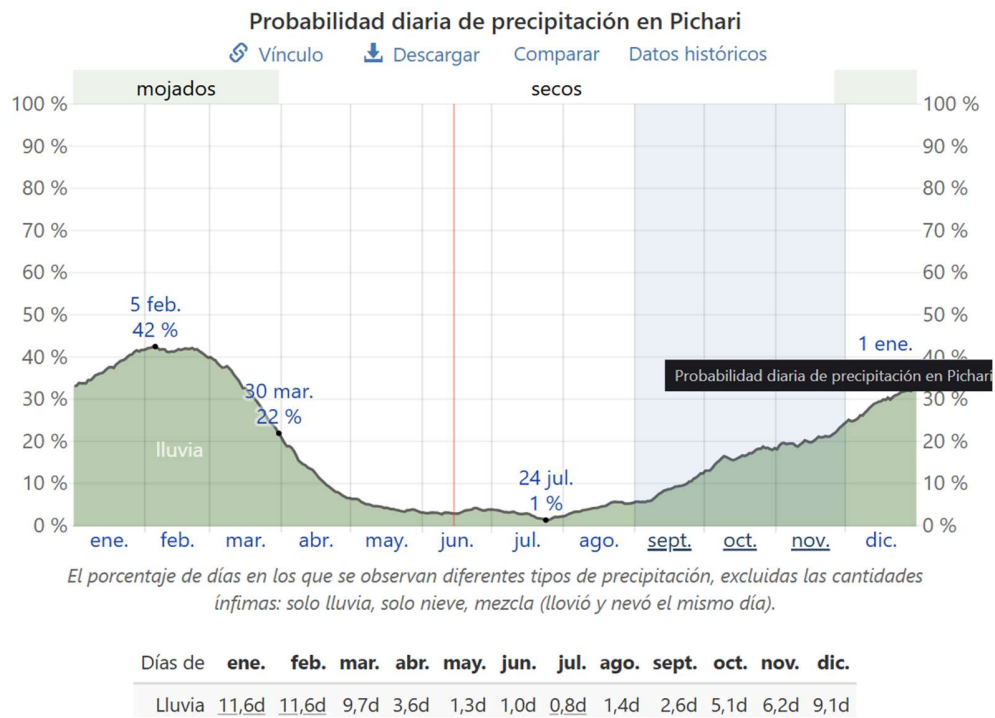


6.2.2. ESTACION METEOROLOGICA PICHARI

La temporada de precipitación se extiende de 4,1 meses, de 26 de noviembre a 30 de marzo, el mes con más días de precipitación en Pichari es febrero.

Figura 15.

Probabilidad de precipitación en la estación de Pichari



Fuente. *Weather Spark*, <https://weatherspark.com>

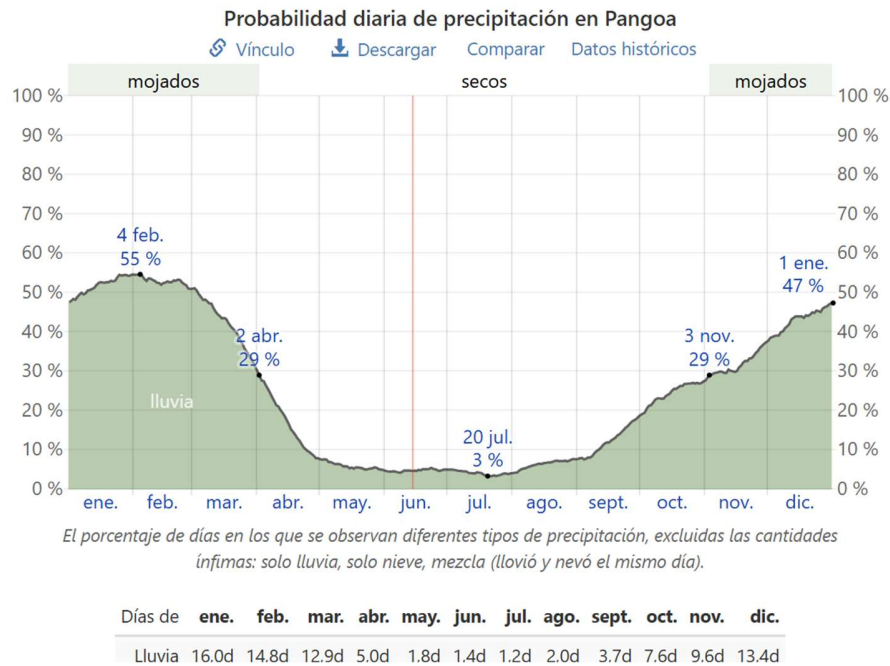
6.2.3 ESTACION METEOROLOGICA PANGO

La temporada de precipitación se extiende a 5,0 meses, de 3 de noviembre a 2 de abril y la temporada más seca dura 7,0 meses, del 2 de abril al 3 de noviembre. El mes con más días de precipitación en Pango es febrero.



Figura 16.

Probabilidad de precipitación en la estación de Pangoa



Fuente: *Weather Spark*, <https://weatherspark.com>.

6.3. ANALISIS DE PARAMETROS METEOROLOGICOS

El análisis de los distintos parámetros climatológicos se llevó a cabo siguiendo el método de recopilación y luego se procesó con el programa R estudio, con el propósito de identificar los parámetros Hidrológicos-Hidrogeológicos, como son la infiltración, evapotranspiración y permeabilidad de los materiales en los taludes.



6.3.1 PRECIPITACIÓN PROMEDIO DE LA ZONA DE ESTUDIO

La precipitación durante los últimos 16 años nos permite hacer una estimación de las precipitaciones que se vienen, según la tabla N° 04 se puede observar que durante el periodo de octubre hasta el periodo de abril, se presentan las intensas precipitaciones alcanzando una media mensual de 456.5 mm.

Tabla 5.

cuadro de datos de precipitaciones de periodo 2000 hasta 2016.

Tabla	Meses												Promedio
	Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	
2000	336.6	480.1	312.0	140.8	70.1	44.1	24.5	37.2	70.5	159.0	81.9	184.9	161.8
2001	532.5	509.1	398.5	103.4	75.9	20.6	58.1	39.7	95.4	203.2	188.9	148.8	197.8
2002	227.4	574.6	333.9	149.7	67.0	19.0	121.0	41.8	109.4	225.5	154.0	201.4	185.4
2003	287.1	493.5	337.7	123.6	43.0	15.9	14.4	60.2	98.4	102.0	89.6	262.0	160.6
2004	343.2	374.7	249.2	135.0	48.8	36.9	91.3	35.8	91.7	199.7	128.4	227.1	163.5
2005	266.9	321.8	301.9	92.7	30.7	5.6	35.8	12.7	71.4	250.8	91.2	242.3	143.7
2006	362.4	432.1	308.0	155.9	11.0	26.5	13.7	26.8	61.5	221.5	198.1	257.7	172.9
2007	438.3	267.2	407.5	163.9	42.6	9.8	37.4	16.6	44.2	201.7	114.0	223.8	163.9
2008	412.2	466.9	234.6	111.8	42.8	15.0	15.1	21.3	59.3	203.7	115.8	187.2	157.1
2009	327.9	469.8	273.3	154.6	31.6	10.5	41.6	16.5	43.7	172.9	254.5	218.2	167.9
2010	320.5	417.2	341.2	116.4	23.1	13.6	14.7	22.8	70.0	209.7	89.4	253.3	157.7
2011	332.8	563.2	264.7	195.5	64.5	20.3	57.5	28.6	102.7	211.4	142.7	281.3	188.8
2012	368.7	680.1	247.4	182.6	25.3	43.0	26.8	14.7	97.2	178.0	139.4	315.1	193.2
2013	328.9	420.7	336.1	78.4	44.5	33.7	28.9	61.0	71.1	229.1	122.2	312.6	172.3
2014	419.9	322.7	280.8	150.6	76.6	5.5	34.9	16.1	151.0	143.3	84.7	220.6	158.9
2015	436.0	469.4	304.3	191.6	47.6	17.1	21.7	38.4	59.2	125.4	146.0	174.5	169.3
2016	212.0	497.0	149.1	136.3	19.2	15.0	35.5	21.1	65.6	195.9	80.6	195.9	135.3
Promedio	350.2	456.5	298.8	140.2	45.0	20.7	39.6	30.1	80.1	190.2	130.7	229.8	167.7

Nota. Adaptado de SENAHMI, (s.f.). <https://www.senamhi.gob.pe>



6.3.2 TEMPERATURA MÍNIMA DE LA ZONA DE ESTUDIO

Las temperaturas mínimas presentan valores más bajos durante los meses de mayo a septiembre, con un valor mínimo promedio de 8.7 °C, de acuerdo con los datos registrados entre 2000 y 2016.

Tabla 6.

Cuadro de datos de temperatura mínima de periodo desde 2000 hasta 2016.

Promedio de Etiquetas de fila	Etiquetas de columna												Prom
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	
2000	14.8	14.6	13.8	13.0	10.5	9.4	8.8	9.9	10.7	12.1	12.0	14.1	12.0
2001	14.6	14.9	14.3	12.5	10.4	8.5	9.5	8.4	11.1	12.3	12.9	14.3	12.0
2002	14.3	15.2	14.6	13.6	10.7	9.3	9.8	9.2	11.6	12.8	13.0	14.8	12.4
2003	15.2	15.5	14.5	12.9	11.0	9.2	8.3	9.4	10.6	11.9	12.4	14.7	12.1
2004	14.9	14.7	14.3	13.0	9.9	8.6	8.9	8.8	11.3	12.4	12.8	14.8	12.0
2005	14.8	15.2	14.5	13.3	9.9	8.4	8.1	9.1	10.9	12.3	12.7	14.7	12.0
2006	14.9	15.4	14.6	13.3	8.7	9.4	8.0	10.1	11.3	12.5	13.2	14.7	12.2
2007	15.4	15.2	14.5	13.7	10.5	8.3	8.8	9.0	11.1	11.8	12.4	14.1	12.1
2008	15.0	14.5	13.7	12.7	9.2	8.3	8.4	9.9	10.7	12.4	12.7	14.5	11.8
2009	14.7	15.1	14.3	13.4	10.7	8.7	9.2	9.4	11.4	12.3	13.6	14.9	12.3
2010	15.1	15.8	14.9	13.4	10.7	9.4	8.4	8.9	11.3	12.4	12.5	14.6	12.3
2011	14.7	15.0	14.1	13.4	10.1	9.0	8.9	9.1	11.5	12.1	12.8	14.4	12.1
2012	14.5	14.7	14.1	13.7	10.4	9.2	8.2	8.7	11.1	12.4	13.4	15.2	12.1
2013	14.8	15.5	14.9	12.2	11.0	10.1	8.8	9.4	10.9	12.5	12.8	14.9	12.3
2014	15.2	15.0	14.2	13.2	11.1	9.9	9.2	9.4	11.8	12.5	12.9	14.8	12.4
2015	14.4	15.1	14.6	13.8	11.7	9.9	8.8	9.8	12.1	12.7	13.3	14.7	12.6
2016	15.2	16.2	15.0	13.9	10.4	9.0	8.4	9.7	10.8	12.5	12.1	14.3	12.3
Prom	14.9	15.1	14.4	13.2	10.4	9.1	8.7	9.3	11.2	12.3	12.8	14.6	12.2

Nota. Adaptado de SENAMHI (s.f.). <https://www.senamhi.gob.pe>



6.3.3. TEMPERATURA MÁXIMA DE LA ZONA DE ESTUDIO

La temperatura máxima se mantiene relativamente constante durante el año, con valores promedio entre 23 y 25 °C, registrándose los mayores valores durante la temporada lluviosa.

Tabla 7.

Cuadro de datos para temperatura Maxima de periodo 2000-2016.

Pde romedio	Etiquetas de columna												
Etiquetas de fila	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	Promedio
2000	23.0	23.4	22.8	23.1	22.1	20.7	20.5	21.3	23.8	22.1	25.3	24.4	22.7
2001	22.8	23.5	23.2	22.9	21.8	20.4	20.7	21.0	23.1	23.7	24.2	24.9	22.7
2002	25.4	23.6	23.9	22.8	21.6	20.8	19.4	21.3	22.5	22.8	23.1	24.4	22.6
2003	24.8	24.5	23.6	23.1	21.7	21.3	21.0	21.2	23.0	24.6	25.2	24.3	23.2
2004	25.0	24.0	24.2	23.8	22.0	19.8	19.7	19.8	22.1	22.9	24.1	24.3	22.7
2005	25.3	24.7	24.3	23.9	22.8	21.5	21.3	22.3	22.6	22.7	24.3	23.9	23.3
2006	23.7	24.4	23.9	23.0	21.9	20.7	21.3	21.6	23.3	23.4	22.7	24.5	22.9
2007	24.8	24.7	23.5	22.9	21.8	21.7	20.7	22.0	22.3	23.6	24.2	24.5	23.1
2008	23.1	24.1	23.7	23.9	22.2	21.2	21.8	23.0	24.0	23.2	24.8	24.3	23.3
2009	23.7	23.7	23.5	23.2	22.0	21.3	20.9	22.5	23.8	24.4	23.9	24.2	23.1
2010	24.2	24.8	24.9	24.4	22.5	21.9	22.6	23.4	24.9	24.3	25.0	24.3	23.9
2011	24.3	23.3	23.4	23.2	22.0	21.5	21.2	22.6	23.2	23.9	25.1	23.9	23.1
2012	24.9	23.5	23.9	23.2	22.1	20.8	21.6	22.5	23.7	24.2	24.6	23.5	23.2
2013	24.4	24.3	24.7	24.8	22.5	20.5	20.8	21.8	24.0	23.3	24.3	24.1	23.3
2014	24.3	24.5	24.5	23.3	21.9	22.2	21.2	21.9	23.1	23.3	24.9	24.9	23.3
2015	24.1	24.5	24.4	22.8	21.6	21.6	21.9	22.5	24.3	24.1	25.0	24.9	23.5
2016	26.6	25.3	25.9	24.8	23.3	21.6	22.0	22.4	24.2	23.1	25.0	24.7	24.1
Promedio	24.4	24.1	24.0	23.5	22.1	21.2	21.1	22.0	23.4	23.5	24.5	24.4	23.2

Nota. Adaptado de SENAMHI (s.f.). <https://www.senamhi.gob.pe>

6.4 INFILTRACION Y PERMEABILIDAD EN LOS TALUDES

6.4.1 INFILTRACION

La infiltración del agua se refiere al proceso mediante el cual las partículas de agua atraviesan la superficie del terreno y se incorporan al subsuelo.



En la zona de estudio, al tratarse de un ámbito selvático con predominio de materiales cuaternarios, el agua infiltrada tiende a acumularse dentro del cuerpo del talud, generando condiciones de inestabilidad y un alto contenido de humedad

Para efectos de la presente investigación, la infiltración se estimara a partir del balance hídrico simplificado:

$$I_m=(1-C)P_m-ET_m$$

Donde:

I_m =Infiltración Mensual(mm)

P_m =Precipitación Mensual(mm)

ET_m =Evapotranspiración Mensual(mm)

C= Coeficiente de escorrentia

De esta manera se determinarán las infiltraciones correspondientes al mes mas lluvioso, para este estudio se utilizará el dato promedio correspondiente al mes de febrero, por presentar la mayor precipitación. Estos valores posteriormente serán utilizados en el modelamiento Numero con el programa de Slide 5v.0, mediante el Método elementos finitos bajos condiciones precipitaciones transitorias. Con el fin de evaluar su influencia en la estabilidad de taludes.

6.4.2 ESTIMACION DE COEFICIENTE DE ESCORRENTIA

El valor del coeficiente de escorrentía(C) se realizó su estimación de acuerdo con las características de cobertura del terreno y a través de sus pendientes de la zona de estudio.

Figura 17.

Datos de escorrentía superficial para distintos tipos de suelos

TABLA N° 08: Coeficientes de escorrentía método racional

COBERTURA VEGETAL	TIPO DE SUELO	PENDIENTE DEL TERRENO				
		PRONUNCIADA	ALTA	MEDIA	SUAVE	DESPRECIABLE
		> 50%	> 20%	> 5%	> 1%	< 1%
Sin vegetación	Impermeable	0,80	0,75	0,70	0,65	0,60
	Semipermeable	0,70	0,65	0,60	0,55	0,50
	Permeable	0,50	0,45	0,40	0,35	0,30
Cultivos	Impermeable	0,70	0,65	0,60	0,55	0,50
	Semipermeable	0,60	0,55	0,50	0,45	0,40
	Permeable	0,40	0,35	0,30	0,25	0,20
Pastos, vegetación ligera	Impermeable	0,65	0,60	0,55	0,50	0,45
	Semipermeable	0,55	0,50	0,45	0,40	0,35
	Permeable	0,35	0,30	0,25	0,20	0,15
Hierba, grama	Impermeable	0,60	0,55	0,50	0,45	0,40
	Semipermeable	0,50	0,45	0,40	0,35	0,30
	Permeable	0,30	0,25	0,20	0,15	0,10
Bosques, densa vegetación	Impermeable	0,55	0,50	0,45	0,40	0,35
	Semipermeable	0,45	0,40	0,35	0,30	0,25
	Permeable	0,25	0,20	0,15	0,10	0,05

Nota. Valores recomendados de coeficiente de escorrentía (C) según el Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje del MTC (Perú, 2011), página .49.

Tabla 8.

Datos del coeficiente de escorrentía estimados a partir de la *figura 17*

TALUD	Muestra	Coef. De Escorrentia(estimado)	Rango Referencial (MTC,2011)	Interpretacion
TALUD N° 1	GW-GC	0.12	0.10 – 0.35 (suelos granulares, pendiente moderada)	Alta infiltracion, escorrentia baja
TALUD N° 2	GC	0.25	0.10 – 0.35 (gravas con matriz fina)	Escorrentía media
TALUD N° 3	SC	0.18	0.15 – 0.40 (arenas limosas / suelos mixtos)	Escorrentia Moderada
TALUD N° 4	PIZARRA	0.35	0.35 – 0.40 (Roca fracturada y semipermeable)	Baja permeabilidad tendencia a saturarse
TALUD N° 5	GC	0.25	0.10 – 0.35 (gravas con matriz arcillosa)	menor escorrentia por la cobertura
TALUD N° 6	GC	0.25	0.10 – 0.35 (gravas con matriz arcillosa)	Escorrentía media, acorde al material

6.4.3 ESTIMACION DE LA EVAPOTRANSPIRACION

Se aplicó la ecuación de Hargreaves para la estimación de la evapotranspiración potencial (ET₀).”

$$ET_0 = 0.0023 \times (T_{\text{mean}} + 17.8) \times \sqrt{T_{\text{max}} - T_{\text{min}}} \times Ra$$

donde Ra es la radiación extraterrestre diaria (MJ·m⁻²·día⁻¹), calculada a partir de la latitud del centroide de la cuenca. Para este análisis se utilizó el valor representativo de Ra=16.4 MJ·m⁻²·día⁻¹ correspondiente a la latitud de Kepashiato-Puguientimari.

Tabla 9.

Datos de la evapotranspiración(ET₀) a partir de la ecuación de Hargreaves.

ITEM	Muestra	Precipitación en Mes Febrero(mm)	ET	Observación hidrologica
			evapotranspiración	
TALUD N° 1	GW-GC	456.5 mm	70.358	Alta Infiltración, efectiva con permeabilidad baja
TALUD N° 2	GC	456.5 mm	70.358	Alta Infiltración Permeabilidad media
TALUD N° 3	SC	456.5 mm	70.358	Infiltración moderada, permeabilidad media
TALUD N° 4	PIZARRA	456.5 mm	70.358	Baja permeabilidad, tendencia a saturacion
TALUD N° 5	GC	456.5 mm	70.358	Infiltración moderada, permeabilidad media
TALUD N° 6	GC	456.5 mm	70.358	Permeabilidad baja a media

Nota: “Para el análisis de infiltración se consideró la precipitación mensual máxima registrada en la zona (456.5 mm), correspondiente al mes más lluvioso.”

La infiltración estimada corresponde a un balance hídrico simplificado (P – ET₀), utilizado como aproximación para evaluar escenarios críticos de saturación.

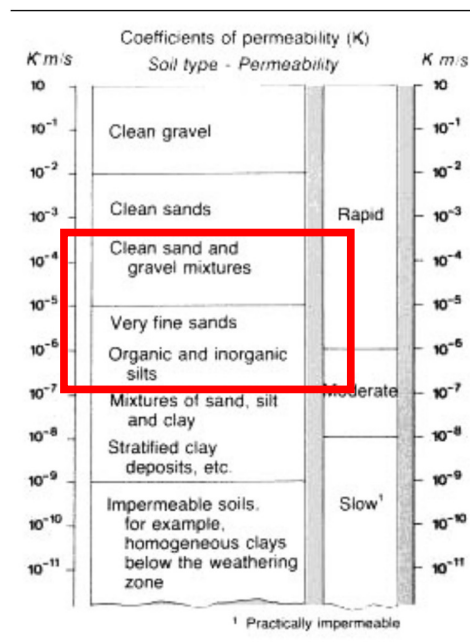


6.4.4 PERMEABILIDAD DE LOS TALUDES DE ESTUDIO

La permeabilidad es un parámetro geotécnico fundamental para la interpretación del comportamiento hidráulico de los taludes, ya que controla la velocidad con la que el agua puede infiltrarse y desplazarse dentro del macizo. En la carretera de Puguentimari, los suelos corresponden a depósitos cuaternarios compuestos por gravas, arenas y limos con matriz arcillosa, además de pizarras y lutitas meteorizadas. Estos materiales presentan permeabilidades variables, donde las gravas y arenas poseen valores relativamente mayores, mientras que las lutitas y suelos arcillosos exhiben permeabilidades bajas.

Figura 18.

Datos de permeabilidad para los distintos tipos de suelo



Nota. Los valores de permeabilidad adoptados se presentan en la Tabla N° 8, y corresponden a rangos típicos de los materiales presentes en cada talud.

Se estimó la infiltración utilizando el balance hídrico simplificado ($I_m = (1-C) P_m - ET_m$), obteniéndose los valores de infiltración mensual para el mes de mayor precipitación (febrero), considerado como escenario crítico. Asimismo, se recopilaron los valores de permeabilidad de los suelos presentes en cada talud.

Estos dos parámetros, infiltración y permeabilidad, serán incorporados conjuntamente en Slide 5 v.0 para el modelamiento numérico mediante el método de elementos finitos, permitiendo evaluar el comportamiento hidráulico de los taludes bajo condiciones de precipitación intensa.

Tabla 10.

Datos estimados de infiltración y permeabilidad de los taludes en estudio

ITEM	Muestra	Precipitación en Mes Febrero(mm)	ET	I	P	Observación hidrologica
			evapotranspiración	Infiltración	permeabilidad	
TALUD N° 1	GW-GC	456.5 mm	70.358	331.362 mm	1x10-6	Alta Infiltración, efectiva con permeabilidad baja
TALUD N° 2	GC	456.5 mm	70.358	272.017 mm	1x10-5	Alta Infiltración Permeabilidad media
TALUD N° 3	SC	456.5 mm	70.358	303.972 mm	1x10-4	Infiltración moderada, permeabilidad media
TALUD N° 4	PIZARRA	456.5 mm	70.358	317.667 mm	1x10-6	Baja permeabilidad, tendencia a saturacion
TALUD N° 5	GC	456.5 mm	70.358	303.972 mm	1x10-4	Infiltración moderada, permeabilidad media
TALUD N° 6	GC	456.5 mm	70.358	272.017 mm	1x10-5	Permeabilidad baja a media



CAPITULO VII: GEOLOGIA ESTRUCTURAL

La zona de estudio está ubicada en la cordillera oriental ocupa la parte central de la flexión Abancay. En el mapa se observan fallas de direcciones NE-SO, la falla de Puyentimari y la falla de Pomoreni, que generan pliegues en ambas direcciones.

7.1 FALLA PUYIENTIMARI

La Falla Puyentimari se localiza en la parte central del cuadrángulo de Chuanquiri, extendiéndose desde el cuadrángulo de Quillabamba (26q) y prolongándose hacia el cuadrángulo de San Francisco (26o), con una longitud aproximada de 140 km. Presenta una dirección NE-SO y corresponde a una falla inversa, cuyo plano de falla buza hacia el sureste.

A lo largo de su traza, las relaciones de contacto varían significativamente. Hacia el sector noreste, la falla pone en contacto las rocas del Grupo San José sobre las formaciones Sandia, San Gabán y Ananea; mientras que hacia el sector sureste provoca la repetición tectónica de las pizarras del Grupo San José, evidenciando una intensa deformación compresiva. En este tramo, la falla experimenta una flexión local, cambiando su dirección a este-oeste.

Desde el punto de vista geotécnico, la presencia de esta estructura regional ha contribuido a la fragmentación del macizo rocoso, facilitando la meteorización de las pizarras y lutitas, lo cual se traduce en una reducción progresiva de sus propiedades mecánicas y una mayor susceptibilidad a la inestabilidad de taludes.



7.2 FALLA POMORENI

La Falla Pomoreni se desarrolla dentro del cuadrángulo de Chuanquiri como una estructura regional de dirección NE–SO, con una longitud aproximada de 130 km. Se trata también de una falla inversa, con buzamiento hacia el sureste. En el sector noreste del cuadrángulo, la falla pone en contacto las formaciones Sandía y San Gabán sobre la Formación Ananea y el Grupo Ambo; mientras que hacia el sector sureste establece contactos tectónicos entre las formaciones Sandía, San Gabán y Ananea.

Esta falla ha generado un elevado grado de fracturamiento en las rocas afectadas, lo cual incrementa la permeabilidad secundaria del macizo y favorece la infiltración del agua, influyendo indirectamente en el incremento de la presión de poros y en la disminución de la resistencia al corte de los materiales presentes en los taludes.

7.3 PLIEGUES

En la zona de estudio se reconocen estructuras plegadas correspondientes a pliegues sinclinales y anticlinales, generadas por eventos tectónicos antiguos que han afectado las unidades paleozoicas.



7.3.1 Sinclinales

Los pliegues sinclinales identificados corresponden a estructuras antiguas de origen eoherciniano, con planos axiales que varían de verticales a subverticales. Estas estructuras han deformado rocas paleozoicas pertenecientes al Grupo San José, las formaciones Sandía, San Gabán, Ananea, así como los grupos Cabanillas y Ambo.

Estos sinclinales suelen conservar secuencias más jóvenes en sus núcleos y evidencian una fuerte compresión en la región durante el Paleozoico superior.

7.3.2 Anticlinales

Los pliegues anticlinales también forman parte de las estructuras hercinianas, aunque pueden estar parcialmente reactivados durante fases posteriores (como la orogenia Andina). Presentan geometrías variadas y planos axiales inclinados, con buzamientos divergentes en sus flancos. Se reconocen por la presencia de rocas más antiguas en el núcleo del pliegue, expuestas por la erosión diferencial.



CAPITULO VIII: GEODINAMICA

8.1 GENERALIDADES DE LA GEODINAMICA INTERNA

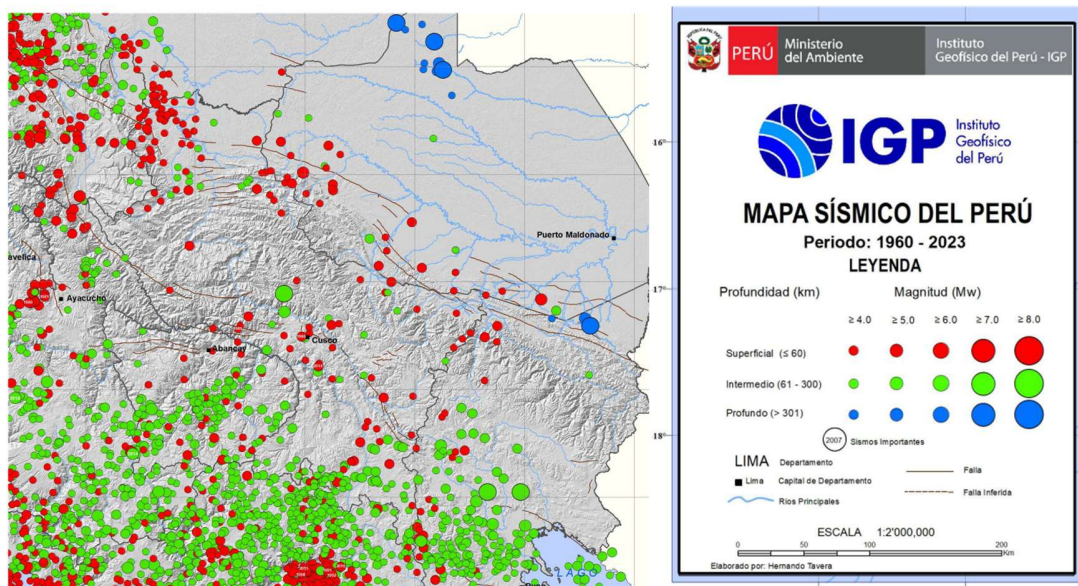
Está relacionado con la dinámica interior de la tierra, es la que guía procesos procesos geológicos relacionado con la actividad endógena y sísmica en el área de estudio tales como: temblores y terremotos, etc.

8.1.1 SISMICIDAD:

El termino sismicidad describe la calidad o característica sísmica de una zona y se expresa en el número de sismos por unidad de área o volumen y por unidad de tiempo, el modo de ocurrencia y sus efectos en la superficie.

Figura 19.

Distribución sísmica en el Departamento del Cusco. Fuente: IGP



Fuente: IGP(Instituto Geofísico del Perú).



8.1.2 PELIGRO SISMICO

La sismicidad historica sobre los grandes sismos que afectaron al territorio peruano en el pasado es importante porque permite definir el real potencial sismico de cada region.

La frecuencia de los sismos esta afectada por el hecho de que en tiempos antiguos no se registraban los sismos menores, es probable que en la informacion mas remota solo se hayan considerado los sismos menores, es probable que en la informacion mas remota solo se hayan considerado los sismos severos y en la informacion se incluyan sismos de menor intensidad.

Según el catalogo general de Isosistas para Sismos Peruanos del IGP, en el departamento del Cusco se registraron los siguientes simos de intensidad considerable.

1. El 25 de marzo del de marzo del 2021, a las 8am, 37km al SO de Quillabamba, la convencion-Cusco, en el distrito de Vilcabamba, Pucyura Sucede el terremoto de intensidad III,
2. 13 de Julio del 2024, a las 16:48 pm se origina a 73 km al Noreste de Quillabamba a una profundidad de 15 km, una intensidad de III
3. 08 de Diciembre del 2024 en el Distrito de Echarate, a 90 km al NO de Quillabamba con intensidad III-IV en una profundidad de 15km, ocurre un sismo de 5 en Echarate

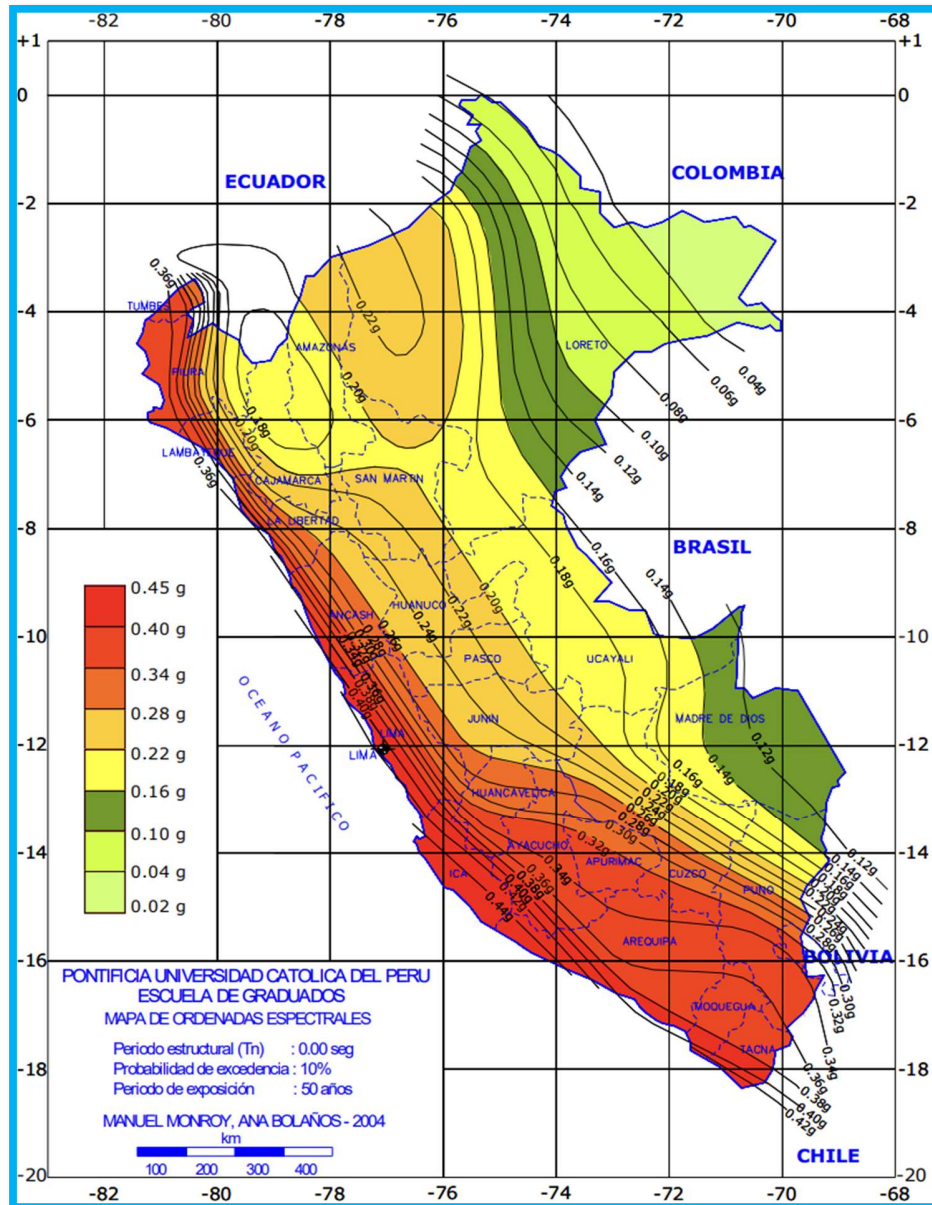
8.1.3 ACELERACIONES SÍSMICAS MÁXIMAS NORMALIZADAS

En el mapa de aceleraciones máximas normalizadas publicada por la pontificia Universidad Católica Del per, el mapa en la que se observa donde se encuentra la zona de proyecto de esta tesis.



Figura 20.

Distribución de aceleración en el Perú



Fuente: Tesis Distribución de aceleración en el Perú, por A. Muñoz, F. Alvarado, G.

Zavala y J. Zegarra, Pontificia Universidad Católica del Perú.

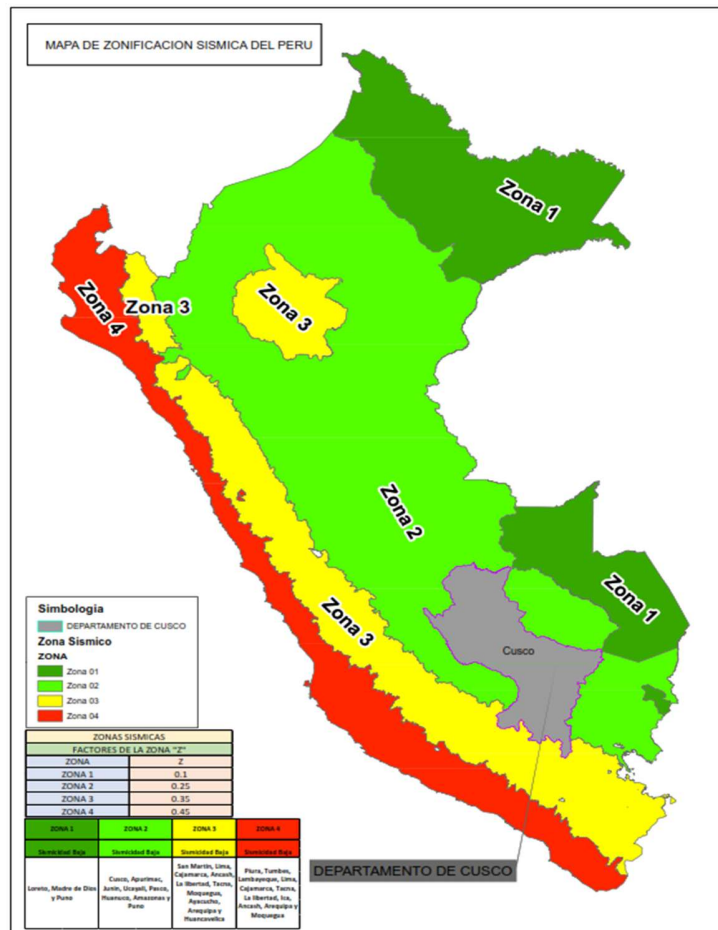


8.1.4 ZONIFICACIÓN SÍSMICA

El territorio nacional se considera dividido en cuatro zonas. La zonificación propuesta se basa en la distribución espacial de la sismicidad observada, las características generales de los movimientos sísmicos y la atenuación de estos con la distancia epicentral, así como en la información Neotectónica

Figura 21.

Zonas Sísmicas del Perú



Fuente: NTP E 030” Diseño sismorresistente”

Zona sísmica de la presente investigación

Tabla 11.

Cuadro de valores de la zona sísmica para la investigación-Kumpirushiato

REGION	PROVINCIA	DISTRITO		ZONA SISMICA	AMBITO
CUSCO	LA CONVECCION	1.CIELO PUNCU	10.OCOBAMBA	2	TODOS LOS DISTRITOS
		2.ECHARATI	11.PICHARI		
		3.HUAYOPATA	12.QUELLOUNO		
		4.INKAWASI	13.SANTA ANA		
		5.KIMBIRI	14.SANTA TERESA		
		6.KUMPIRUSHIATO	15.UNION ASHANINKA		
		7.MANITEA	16.VILCABAMBA		
		8.MARANURA	17.VILLA KINTIARINA		
		9.MEGANTONI	18.VILLA VIRGEN		

Nota. A cada zona se asigna un factor Z según indica en la tabla de la figura N° 21, Este factor se interpreta como la aceleración máxima horizontal en suelo rígido con una probabilidad de 10%, para el estudio de esta carretera se utilizará el valor de 0. 24

8.1.5 ACELERACIONES MÁXIMAS

La aceleración del suelo y su intensidad en un punto cualquiera, es función del tamaño del terremoto (magnitud o energía liberada), la distancia epicentral y del tipo de material o estructuras en las cuales las ondas sísmicas se propagan. Este último factor es caracterizado por los coeficientes de la ecuación de atenuación, siendo esta utilizada para estimar los valores de aceleración máxima en cualquier punto del área de interés. En el presente estudio se utiliza la ecuación de atenuación de la aceleración definida por Young et al (1997) para sismos asociados al proceso de subducción y de Sadigh et al.



(1997) para sismos ocurridos en continente debidos a la presencia de fallas activas. Las fuentes sismogénicas y los parámetros de fuente corresponden a los definidos por Tavera et al (2012) para el Perú. El cálculo de valores de aceleración se realiza con el algoritmo CRISIS2007 (Ordaz et al, 2007).

Tabla 12.

Valores de Aceleración.

Punto	50 años	100 años	500 años	1000 años
FUENTE 8	0.108	0.142	0.237	0.428
FUENTE 12	0.107	0.140	0.236	0.25

Fuente: Cornell y Vanmarcke (1969).

En general, en los diseños de ingeniería es necesario considerar que una estructura está sujeta a una aceleración efectiva la cual puede ser menor hasta en un 35-40% de la aceleración máxima. Por ejemplo, Huaco (1981) considera que la aceleración efectiva en un rango útil viene dada por la siguiente relación:

$$a_c = 0.63 a_{max}$$

donde, a_{max} es la aceleración estimada en los estudios de peligro sísmico como en este caso. Sin embargo, esta reducción de la aceleración máxima es solo referencial ya que los valores reales de diseño deben ser decididos después del análisis detallado sobre las condiciones del suelo y características físicas de la obra. Estos valores están expresados en la Tabla 1 en unidades de gravedad "g".



La aceleración máxima del terreno calculada en la ubicación del punto es de 0.24 g, con una probabilidad de 10% de excedencia en 50 años y un periodo de retorno de 475 años, tal como se indica páginas arriba.

Por consiguiente, las características sísmicas de la zona de estudio son las siguientes:

- Aceleraciones máximas esperada: 0.24 g
- Zonificación Sísmica: 2

Es usual considerar una aceleración efectiva en vez de la máxima instrumental, considerar el 63% del valor de la aceleración máxima: $a_c = 0.63 a_{m\acute{a}x}$, por lo tanto, la aceleración efectiva para diseño estructural de obras para la zona evaluada será: 0.15 g. Para el caso de diseño de taludes y obras de retención el método dinámico, se usa utiliza generalmente el 50 % del valor máximo de aceleración esperada, por lo cual para la zona evaluada será: 0.12g.

Tabla 13.

Aceleraciones efectivas para la zona de estudio

Área del proyecto	10% d excedencia para 50 años y 475 años de retorno (g)
Aceleración Máxima	0.24
Aceleración efectiva para diseño estructural	0.15
Aceleración efectiva para diseño de Taludes	0.12

Fuente: Norma técnica e-030 – 2016-diseño sismo resistente del reglamento nacional de edificaciones.



8.2 GENERALIDADES DE LA GEODINAMICA EXTERNA

En la carretera en estudio y áreas cercanas no se evidenciaron procesos de geodinámica externa activa al momento del estudio, eventos tales como deslizamientos, derrumbes o caída de bloques. Sin embargo, en algunos sectores se identificaron condiciones geológicas y geomorfológicas desfavorables, como fracturamientos intenso en rocas y taludes con geometría desfavorable, lo que permite una influencia en los procesos potenciales de inestabilidad y con una alta probabilidad de ocurrencia bajo condiciones de precipitación intensa.”



CAPITULO IX: GEOTECNIA

La carretera en el Sector Puguentimari, en el tramo 0+000 km al 7+000 km, se realiza la evaluación en 06 taludes, evaluando el comportamiento geológico y geotécnico.

9.1 EVALUACION GEOTECNICA DE LOS TALUDES

9.1.1 ENSAYO DE LABORATORIO

Durante la exploración geotécnica de campo se obtuvieron muestras representativas de los taludes que se evaluarán en esta tesis. En las muestras extraídas se realizaron ensayos de mecánica de suelos para determinar las propiedades físicas y mecánicas de los materiales a estudiar.

A partir de las muestras del talud se realizaron los siguientes ensayos:

- ✚ CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D2216-98)
- ✚ ANALISIS GRANULOMETRICO (ASTM D422-63)
- ✚ LIMITES DE ATTERBERG (ASTM D4318-98)
- ✚ CLASIFICACION SUCS (ASTM D2487-98)
- ✚ CORTE DIRECTO (ASTM D-3080)
- ✚ ENSAYO DE DENSIDAD IN-SITU MÉTODO CON ARENA CALIBRADA – ASTM D1556

9.1.2 RESULTADOS DE LABORATORIO

En la Tabla 14 se presentan los resultados de los ensayos de mecánica de suelos realizados en las muestras extraídas de los taludes, incluyendo granulometría, límites de Atterberg, contenido de humedad, y Corte directo, para ver en mayor detalle los valores (Ver anexos)

Tabla 14

Resultados de los ensayos en laboratorio-UNSAAC IGMM

TALUD	SUCS	Granulometría			Límites de Atterberg		Cont. Humed ad(w%)	Densidad seca	Corte Directo	
		Grava(%)	Arena(%)	Fino(%)	LL	IP		Gr/vm3	Angulo de Fricción	Cohesion
TALUD N° 01	GW-GC	58.05	30.62	11.33	51.60	20.45	4.32	2.08	30.58	8.93
TALUD N° 02	GC	51.09	25.35	23.56	37.13	14.10	2.89	1.96	28.53	9.67
TALUD N° 03	SC	35.69	39.93	24.39	33.59	10.14	4.82	1.84	27.49	8.07
TALUD N° 05	GC	47.75	29.41	22.84	41.06	14.86	7.31	1.89	28.08	10.61
TALUD N° 06	GC	56.06	21.47	22.47	40.63	16.09	6.91	1.93	29.49	11.69

Tabla 15.

Caracterización geomecánica del talud roca

TALUD	LITOLOGIA	GRADO DE METEORIZACION	FRACTURAMIENTO	OBSERVACION
TALUD N° 04	Roca PIZARRA	MODERADA A ALTA	INTENSA	Rocas foliadas: la caracterización geomecánica se realizó mediante el índice de GSI

Nota: Moderada a alta meteorización: pérdida parcial de cohesión, grietas visibles, coloración alterada. Intensa: alta densidad de fracturas visibles, orientación aleatoria, bloques <5 cm de espesor promedio



9.1.2 MAPEO EN CAMPO

9.1.2.1 DETERMINACIÓN DE GSI (INDICE DE RESISTENCIA GEOLOGICAS)






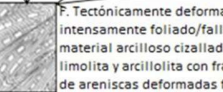

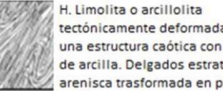
El GSI fue propuesto por Hoek, Marinos y Benissi en 1998 y posteriormente desarrollado por Marinos y Hoek(2000), permite estimar parámetros mecánicos de la roca masiva (como el módulo de deformación y la resistencia al corte) a partir de la observación en campo, sin necesidad de ensayos extensivos

El GSI proporciona un sistema para estimar la disminución de la resistencia que presentaría el macizo rocoso en el talud N° 04, con diferentes condiciones geológicas y se obtiene de la combinación de 2 parámetros geológicos fundamentales, la estructura del macizo rocoso y la condicion de las discontinuidades

La clasificación GSI se basa en una observación cuidadosa del macizo rocoso y, de manera cualitativa. Este índice incorpora la estructura del mismo y las características geomecánicas de las superficies de discontinuidad existentes en el y se obtiene a partir de un examen visual del macizo rocoso en afloramientos y sondeos. El GSI combina los dos aspectos fundamentales del comportamiento de los macizos rocosos, es decir: su fracturación, ó sea el tamaño y la forma de los bloques, y la resistencia al corte de las discontinuidades, para este talud usaremos la tabla de Flysh al ser la pizarra un material muy anisotrópico (Hoek et al., 1998; Marinos & Hoek, 2000).

Tabla 16.

Clasificación de GSI para macizos rocos heterogéneo como FLYSCH (Marinos P. and Hoek. E.2000)

GSI PARA MACISOS HETEROGENEOS COMO FLYSCH (Marinos P. and Hoek. E. 2000) A partir de la litología, estructura y condiciones superficiales de las discontinuidades, se estima un valor promedio del GSI. No se debe tratar de ser muy preciso. Un rango de 33-37 es mas realista que un GSI=35. Note que el criterio de Hoek - Brown no aplica a estructuras controladas por fallas, donde la orientación desfavorable de los planos de debilidad esta presente pudiendo estos dominar el comportamiento del macizo rocoso. Algunos esfuerzos en el macizo son reducidos por la presencia de agua y esta puede conducir a un ligero desplazamiento y deteriorar la calidad. La presión de agua no hace cambios en el valor de GSI y este puede tratarse con esfuerzos efectivos.		CONDICIONES DE SUPERFICIE EN LAS DISCONTINUIDADES (Plano de foliación predominante)						
COMPOSICION Y ESTRUCTURA		MUY BUENAS Superficies muy rugosas, superficies no meteorizadas, frescas	BUENAS Superficies rugosas, ligeramente meteorizadas, manchada con hierro	REGULAR Superficies lisas, moderadamente meteorizadas y alteradas	POBRE Superficies con espejos de falla, con alto grado de meteorización con rellenos compactos o rellenos de fragmentos	MUY POBRE Superficies con espejos de falla, con alto grado de meteorización con rellenos de arcillasuave.		
	A. El espesor de la capa de arenisca. El efecto del recubrimiento pelítico sobre los planos de las capas es minimizado por el efecto de confinamiento del macizo rocoso	70	60	A				
				30	B	C	D	E
E, D, E y G pueden ser mas o menos foliadas como se ilustra, pero no cambian los esfuerzos. La deformación tectónica, fallas y pérdida de continuidad implica desplazarse a las categorías F y H.				30	F	20	G	H
				10				

Fuente: Marinos P. and Hoek. E.2000)

9.1.2.2 CRITERIO DE HOEK BROWN generalizado (Edición 2002)

La amplia aplicación del criterio de Hoek-Brown en la ingeniería practica de macizos rocosos durante las décadas de los 80 y los 90, llevo a que se pusieran de manifiesto algunas problemáticas en lo que concierne por ejemplo a su utilización para macizos rocosos de mala calidad. Esto fue llevado a los autores a ir realizando actualizaciones periódicas para ir superando estos desajustes de las cuales las dos últimas versiones serian Hoek Brown (1998) y Hoek et al.(2002). Se presenta a continuación la propuesta de la última de las versiones del criterio de rotura, que como podrá constatar el lector mantiene la estructura inicial, presentada en el apartado anterior, aunque se operan leves variaciones.



El criterio de rotura de Hoek-Brown generalizado (Hoek et al., 2002), se expresa como:

$$\sigma'_1 = \sigma'_3 + \sigma_{ci} \left(m_b \frac{\sigma'_3}{\sigma_{ci}} + s \right)^a \quad (4.4)$$

Donde m_b es un valor deducido de la constante de la roca intacta m_i , que vendrá dada por:

$$m_b = m_i \cdot \exp\left(\frac{GSI - 100}{28 - 14D}\right) \quad (4.5)$$

s y a son constantes propias del macizo rocoso que vendrán dadas por las siguientes expresiones:

$$s = \exp\left(\frac{GSI - 100}{9 - 3D}\right) \quad (4.6)$$
$$a = \frac{1}{2} + \frac{1}{6} \left(e^{-GSI/15} - e^{-20/3} \right)$$

D es un factor que depende del grado de perturbación al que haya sido sometido el macizo se podría estimar de acuerdo a Hoek et al.(2002) de acuerdo a la tabla 14 propuesta a partir de la experiencia en diseño de túneles y taludes de múltiples autores. Los autores de esta tabla indican que el valor de D finalmente dependerá de muchos factores, y que tal vez nunca sea posible cuantificarlos de manera precisa. Por tanto, los resultados que en ella se indican son estimativos, debiéndose analizar en detalle cada caso particular. Para ello se puede acudir a la realización de análisis retrospectivos.

El criterio Hoek–Brown generalizado (2002) fue empleado para la obtención de parámetros equivalentes de resistencia del macizo rocoso, los cuales fueron posteriormente utilizados en el modelamiento numérico del Talud N.º 04.

Tabla 17.

Guía para estimación del grado de perturbación D de un macizo rocoso.

EXCAVACIÓN	Descripción del macizo rocoso	Valor de D (sugerido)
TÚNELES Y EXCAVACIONES SUBTERRÁNEAS	Voladura con excelente control o excavación mecánica con TBM con una perturbación mínima del macizo rocoso que rodea al túnel.	D = 0
	Excavación mecánica o manual en macizos de mala calidad con una perturbación mínima del macizo rocoso que rodea al túnel.	D = 0
	Problemas de “squeezing” o flujo de roca que den lugar a la elevación de la solera. Si se coloca un sostenimiento temporal de la misma, se utiliza el D del caso anterior.	D = 0.5
	Voladuras poco cuidadosas en macizos rocosos duros, que den lugar a daños en el macizo que se extienden entre 2 y 3 metros hacia su interior.	D = 0.8
TALUDES EN INGENIERÍA CIVIL Y MINERA	Voladuras con excelente control en pequeños taludes (sobre todo si se utiliza precorte o recorte). La relajación de tensiones produce perturbación.	D = 0.7
	Voladuras poco cuidadosas en pequeños taludes en el ámbito de la ingeniería civil.	D = 1.0
	En cortas y grandes explotaciones mineras a cielo abierto se produce mucha perturbación por las grandes voladuras de producción y por la relajación de tensiones asociada a la retirada de material.	D = 1.0
	Excavación por arranque mecánico o “ripado” en rocas blandas.	D = 0.7

Nota. Adaptado de Hoek et.al(2002)

9.1.2.3 ROCA INTACTA

Para los bloques de roca intacta que conforman el macizo rocoso, la ecuación (7) se

$$\sigma_1' = \sigma_3' + \sigma_{ci} \times \left(m_i \times \frac{\sigma_3'}{\sigma_{ci}} + 1 \right)^{0.5} \dots\dots\dots (8).$$

simplifica a:



Donde:

- ✚ σ'_1 y σ'_3 = son los esfuerzos efectivos principales mayor y menor, respectivamente, en la condición de falla.
- ✚ m_i = es el valor de la constante m de Hoek-Brown para roca intacta.
- ✚ S y a = son constantes fijas para la roca intacta el valor de S es 1 y el valor de a es 0.5
- ✚ σ_{ci} = es la resistencia a la compresión uniaxial en (Mpa) de los trozos o bloques de roca intacta que conforman el macizo rocoso.

La relación entre los esfuerzos principales efectivos en la condición de falla para un tipo de roca está definida por dos constantes, la resistencia en compresión no confinada... y una constante m_i , Siempre que sea posible, los valores de estas constantes deberían determinarse mediante análisis estadísticos de los resultados obtenidos de una serie de ensayos resistencia a la compresión uniaxiales o índice de carga puntual efectuados sobre testigos de sondajes cuidadosamente preparados.

Cuando no es posible realizar pruebas de laboratorio, se pueden utilizar las tablas 19 y 20 para estimar los valores UCS, y m_i . Estas estimaciones se pueden usar para los propósitos de un prediseño de estabilización, pero para diseños finales a detalle se deberán desarrollar ensayos de compresión uniaxial en los laboratorios que permitan obtener valores más confiables.

Tabla 18.

Valores de la constante m_i , de la roca intacta para distintos tipos de rocas(el valor en paréntesis corresponde a la estimación)

Tipo de Roca	Clase	Grupo	Textura			
			Gruesa	Media	Fina	Muy Fina
SEDIMENTARIAS	Clásticas		Conglomerado (22)	Arenisca 19	Limolita 9	Arcillolita 4
			←----- Grauwaca (18) -----→			
	No Clásticas	Orgánicas	←----- Creta 7 -----→			
			←----- Carbón (8 – 21) -----→			
		Carbonatos	Brechas (20)	Caliza Esparítica (10)	Caliza Micrítica 8	
	Químicas		Yeso 16	Anhidrita 13		
METAMORFICAS	No Foliadas		Mármol 9	Rocas Córneas (19)	Cuarcita 24	
	Levemente Foliadas		Migmatita (30)	Anfibolita 25 - 31	Milonitas (6)	
	Foliadas		Gneiss 33	Esquistos 4 – 8	Filitas (10)	Pizarras 9
IGNEAS	Intrusivas	Claras	Granito 33		Riolita (16)	Obsidiana (19)
			Granodiorita (30)		Dacita (17)	
		Oscuras	Diorita (28)	Gabbro 27	Dolerita (19)	Andesita 19
		Norita 22			Basalto (17)	
	Extrusivas Piroclásticas		Aglomerados (20)	Brechas (18)	Tobas (15)	

Nota. Adaptado de Mecánica de rocas: Fundamentos e ingeniería de taludes, por P. Ramírez Oyanguren y L. Alejano Monge (2024).



Tabla 19.

Estimación en terreno de la resistencia a la compresión Uniaxial

Clase (a)	Calificación de la roca según su resistencia	Resistencia uniaxial (MPa)	Indice de carga puntual (MPa)	Estimación en terreno de la resistencia	Ejemplos
R6	Extremadamente Resistente	> 250	> 10	Golpes de martillo geológico sólo causan descostramientos superficiales en la roca.	Basalto fresco, chert, diabasa, gneiss, granito, cuarcita.
R5	Muy Resistente	100 – 250	4 – 10	Un trozo de roca requiere varios golpes de martillo geológico para fracturarse.	Amfibolita, arenisca, basalto, gábro, gneiss, granodiorita, caliza, mármol, riolita, toba.
R4	Resistente	50 – 100	2 – 4	Un trozo de roca requiere más de un golpe con el martillo geológico para fracturarse.	Caliza, mármol, filitas, arenisca, esquistos, pizarras.
R3	Moderadamente Resistente	25 – 50	1 – 2	Un trozo de roca puede fracturarse con un único golpe del martillo geológico, pero no es posible descostrarla con un cortaplumas.	Arcilloлита, carbón, concreto, esquistos, pizarras, limolitas.
R2	Débil	5 – 25	(b)	Un golpe con la punta del martillo geológico deja una indentación superficial. La roca puede ser descostrada con una cortaplumas pero con dificultad.	Creta, sal mineral, potasio.
R1	Muy Débil	1 – 5		La roca se disgrega al ser golpeada con la punta del martillo geológico. La roca puede ser descostrada con un cortaplumas.	Roca muy alterada o muy meteorizada.
R0	Extremadamente Débil	0,25 – 1		La roca puede ser indentada con la uña del pulgar.	Salbanda arcillosa dura.

(a) Clases según Brown [2].

(b) Para rocas con una resistencia en compresión uniaxial menor que 25 MPa los resultados del ensayo de carga puntual son poco confiables.

Nota. Adaptado de Mecánica de rocas: Fundamentos e ingeniería de taludes, por P.

Ramírez Oyanguren y L. Alejano Monge (2024).

Se hizo estimación de los parámetros de UCS y m_i , y a continuación se muestra el análisis de los taludes en la carretera.



9.2 ANALISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES

9.2.1 LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

Es un proceso técnico mediante el cual se mide y representa gráficamente la geometría del terreno, su forma, dimensiones y características. Para el análisis de estabilidad de taludes, esta etapa es fundamental para definir la morfología del talud, así como sus parámetros geométricos (Altura del talud, Longitud de pie, entre otro), los cuales son necesarios para hacer la modelación en el programa SLIDE.

9.2.2 FACTOR DE SEGURIDAD.

El factor de seguridad en talud es un índice numérico que indica que tan estable es un talud frente a un posible deslizamiento o falla.

Es una relación entre las fuerzas resistentes (Fricción, cohesión del suelo o roca) y las fuerzas actuantes (gravedad, sismos, agua y etc.)

$$FS = \text{Resistencia al deslizamiento} / \text{Fuerza que causa el deslizamiento}$$

Cuando el $FS > 1.50$, se considera que el talud es estable bajo condiciones normales. Valores entre 1.0 y 1.50 indican una condición de estabilidad crítica o marginal, mientras que $FS < 1.0$, implica que el talud es inestable y propenso a colapso.

En esta tesis, el cálculo de factor de seguridad se ha realizado utilizando métodos de equilibrio Límite, aplicando las condiciones: Normales y pseudoestáticas (considerando sismicidad).

TALUD 01

En la progresiva 0+592 km se encuentra el primer talud, está constituido por material suelto del tipo coluvio eluvial. Presentando clastos angulosos a subangulosos, con tamaño de clastos en 12cm, de acuerdo a la clasificación SUCS, es un GW-GM

La falla del talud se debe a que las cargas actuantes superan a las fricciones, en este caso se observa que las raíces producen un peso, más las precipitaciones cargan el talud y producen fallas en temporada de lluvias.

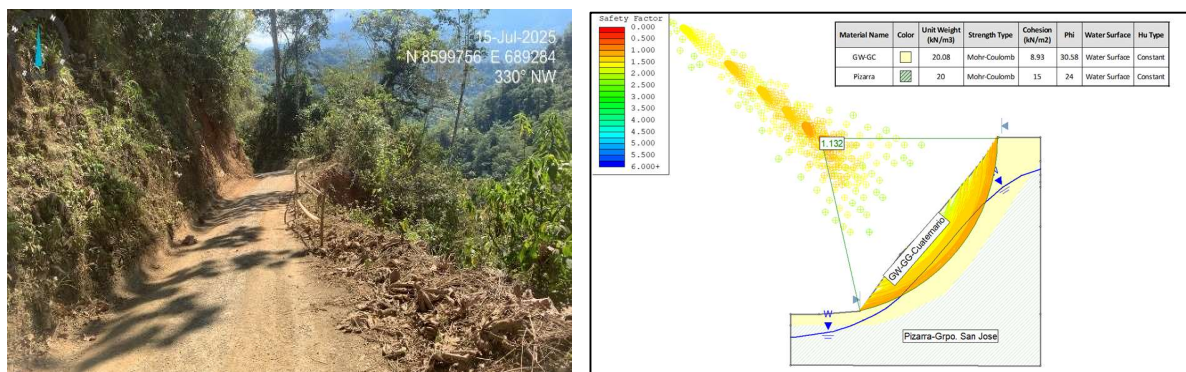
Tabla 20.

Datos Geotécnicos del talud N° 01- Métodos De Equilibrio Limite(Normal y Pseudoestatico)

GEOMETRIA DEL TALUD	FACTOR DE SEGURIDAD			
Altura: 6m-15m	Condiciones Aplicadas al Talud	BISHOP	GLE/ MORGENSTERN-PRICE	JANBU
Longitud del pie:3m				
Pendiente Del Talud:45°-60°	Normal	1.132	1.136	1.140
	Pseudoestatico	0.000	1.007	0.953
UBICACIÓN UTM	Angulo de fricción(ϕ)	Cohesión(C)	Peso Específico(γ)	Condicion
Norte: 8599774 Este: 689275	30.58°	8.93 Tn/m ²	20.8 kN/m ³	Inestable

Figura 22.

Talud N° 01 constituido por materiales coluviales con bloques de rocas metamórficas

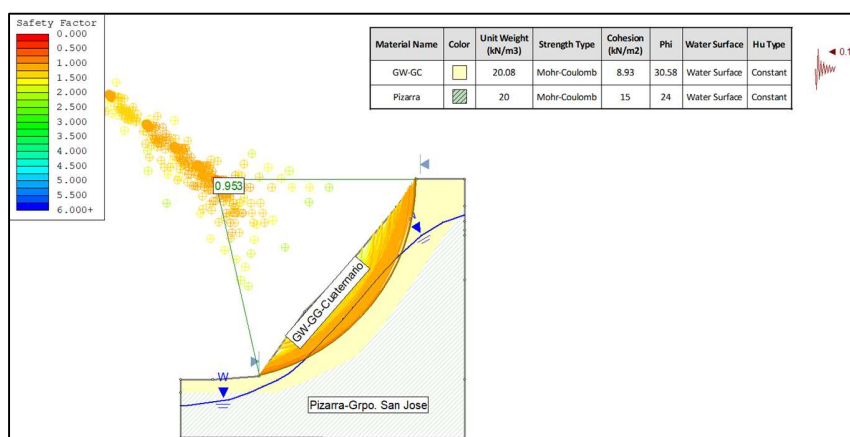


Nota: se presenta en SLIDE a condiciones normales teniendo un fs de 1.132

A) Análisis Slide de la estación N° 01 en condiciones Pseudoestaticas

Figura 23.

Talud N.º 01. Modelamiento de roca pizarrosa considerando una carga sísmica horizontal $k_h = 0.12 g$.



Nota: Análisis en el programa SLIDE del talud N° 01 en condición sísmica, con factor de seguridad: 0.953

B) Análisis del talud N° 01 mediante el método de elementos finitos con presencia de wáter Surface

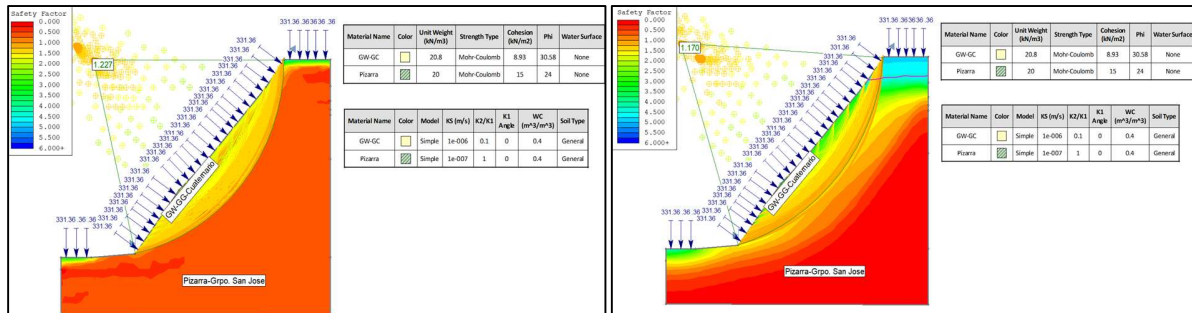
Tabla N°14.

Parámetros geotécnicos y factores de seguridad obtenidos en el análisis por elementos finitos.

GEOMETRIA DEL TALUD	FACTOR DE SEGURIDAD			
Altura: 6m-15m	Condiciones Aplicadas al Talud con precipitacion			
Longitud del pie:3m				
Pendiente Del Talud:45-60°	DIAS	INFILTRACION	PERMEABILIDAD	FS
Precipitación para	14 días	331.36 mm/dia	1x10-6 m/s	1.227
Precipitación para	30 días	331.36 mm/dia	1x10-6	1.170
Precipitación para	60 días	331.36 mm/dia	1x10-6	1.097
UBICACIÓN	Angulo de fricción o rozamiento interno (ϕ)	Cohesión(C)	Peso Específico	Condicion
Norte: 8599774 Este: 689275	30.58°	8.93 Tn/m2	20.8 kN/m3	Inestable

Figura 24. Resultados del análisis por método de elementos finitos del talud N° 01

A) A condiciones de 01 días de infiltración B) A condiciones de 21 días de infiltracion



Nota: Se observa que, bajo condiciones de 01 días de infiltración (figura A), el talud presenta un factor de seguridad de 1.227; sin embargo, al incrementarse el periodo a 30 días (figura B), dicho valor va reduciendo a 1.17, incrementando la zona de debilidad debido a la presión de poros.

TALUD 02

En la progresiva 4+458 km se encuentra el talud, que está constituido por material coluvial. Presentando clastos angulosos a subangulosos, con tamaño de clastos en 16 cm, de acuerdo con la clasificación SUCS, es una GC. El talud presenta una geometría irregular, con una pendiente pronunciada y una altura variable, condiciones que favorecen el desarrollo de esfuerzos desestabilizadores.

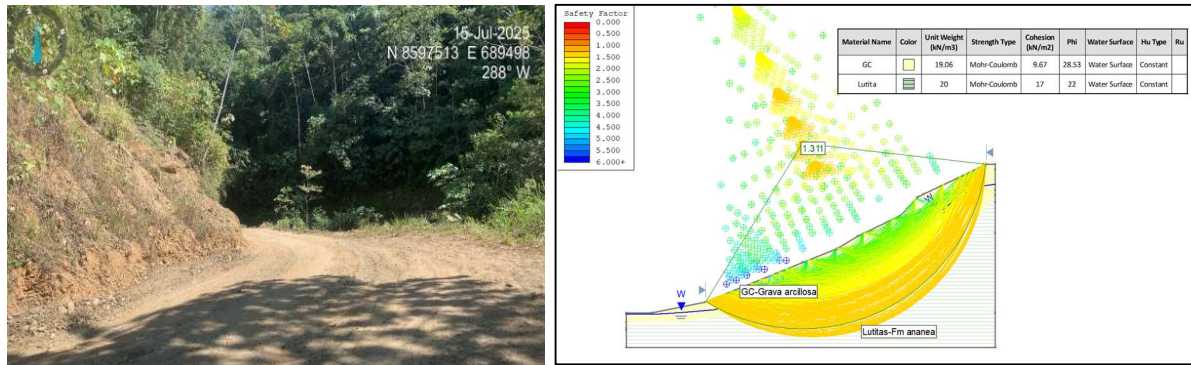
Tabla N° 15.

Datos Geotécnicos del talud N° 02- Depósitos Coluviales.

GEOMETRIA DEL TALUD	FACTOR DE SEGURIDAD			
Altura: 5-10m	Condiciones Aplicadas al Talud	BISHOP	GLE/ MORGENSTERN-PRICE	JANBU
Longitud del pie: 3m				
Pendiente Del Talud: 45°-50°	Normal	1.558	1.559	1.311
	Pseudoestatico	0.000	1.014	1.043
UBICACIÓN	Angulo de fricción (φ)	Cohesión(C)	Peso especifico(γ)	Condicion
Norte: 8597515 Este: 689478	28.53°	9.67 Tn/m2	19.6 Kn/m3	Estable

Figura 25.

Talud N° 02 de depósito cuaternario con presencia de matriz arcillosa con clastos de pizarra

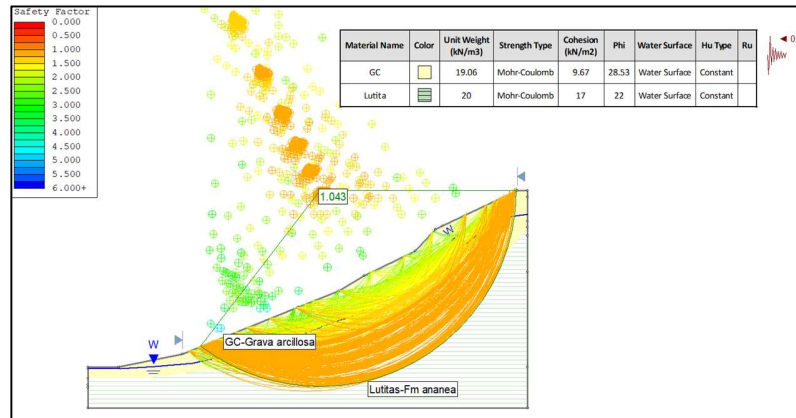


Nota: se presenta en SLIDE a condiciones normales teniendo un fs de 1.311.

A) Análisis Slide de la estación N° 02 en condiciones Pseudoestaticas

Figura 26.

Talud N.º 02. Modelamiento de roca pizarrosa considerando una carga sísmica horizontal $k_h = 0.12g$.



Nota: Análisis en el programa SLIDE del talud N° 02 en condición sísmica, con factor de seguridad de 1.043

B) Análisis del talud N° 02 mediante el método de elementos finitos con presencia de wáter Surface

Tabla 16.

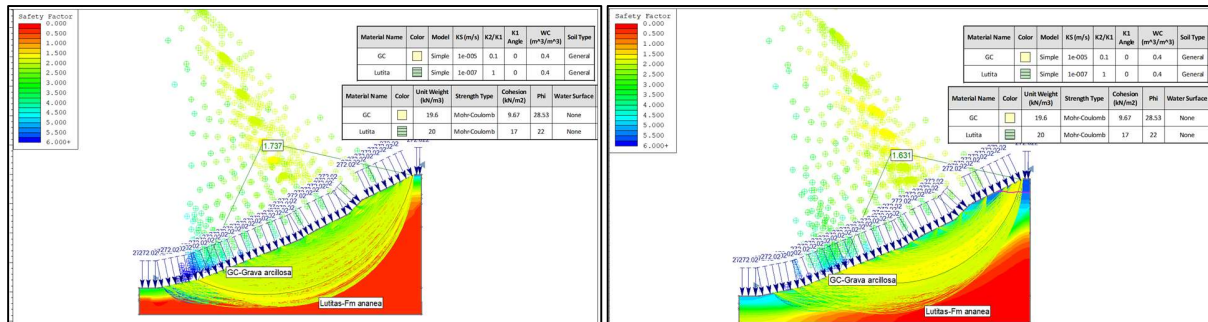
Parámetros geotécnicos y factores de seguridad obtenidos en el análisis por elementos finitos.

GEOMETRIA DEL TALUD		FACTOR DE SEGURIDAD			
Altura: 5m-10m		Condiciones Aplicadas al Talud con precipitacion			
Longitud del pie:3m					
Pendiente Del Talud:45°-50°	DIAS	INFILTRACION	PERMEABILIDAD	FS	
Precipitación para	14 días	272.02 mm/día	1x10-5 m/s	1.737	
Precipitación para	30 días	272.02 mm/día	1x10-5 m/s	1.737	
Precipitación para	60 días	272.02 mm/día	1x10-5 m/s	1.631	
UBICACIÓN		Angulo de fricción(ϕ)	Cohesión(C)	Peso Específico(γ)	Condicion
Norte: 8599774 Este: 689275		28.53°	9.67 Tn/m2	19.06 Kn/m3	Estable

Figura 27.

A) Condiciones a 01 días de infiltración

B) Condiciones a 30 días de infiltración



Nota: Se observa que, bajo condiciones de 1 día de infiltración (Figura A), el talud presenta un factor de seguridad de 1.737. Al incrementarse el periodo de infiltración a más de 60 días (Figura B), dicho valor disminuye, lo que evidencia que el incremento de la presión de poros incrementa la inestabilidad del talud.

TALUD 03

En el talud N.º 03, ubicado en la progresiva 5+868, se presenta un talud conformado por material transportado, producto de la meteorización y erosión de las rocas. El material corresponde a una arena arcillosa (SC), según la clasificación SUCS. El talud presenta una geometría desfavorable, caracterizada por una pendiente pronunciada y una altura considerable, lo que incrementa los esfuerzos desestabilizantes.

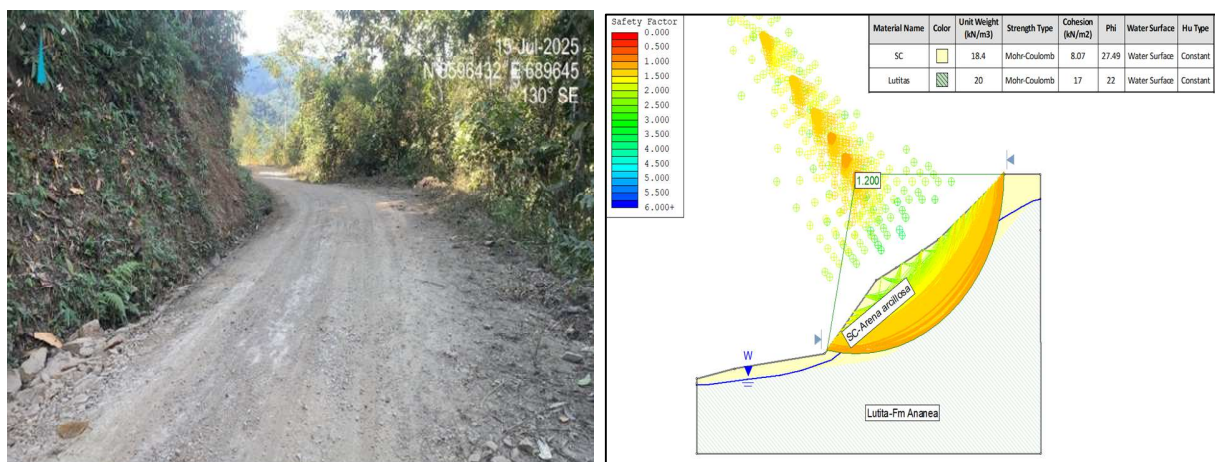
Tabla 21.

Datos Geotécnicos del talud N° 03

GEOMETRIA DEL TALUD	FACTOR DE SEGURIDAD			
	Condiciones Aplicadas al Talud	BISHOP	GLE/ MORGENSTERN-PRICE	JANBU
Altura: 5m-10m	Normal	1.188	1.182	1.083
Longitud del pie: 3.5m				
Pendiente Del Talud: 50°-65°	Pseudoestatico	0.000	0.890	0.866
UBICACIÓN	Angulo de fricción(ϕ)	Cohesion(C)	Peso Especifico(γ)	Condicion
Norte: 8596429 Este: 689667	27.49 °	8.07 Tn/m2	18.40 Kn/m3	Inestable

Figura 28.

Talud N° 03 constituido por material Arena arcillosa.



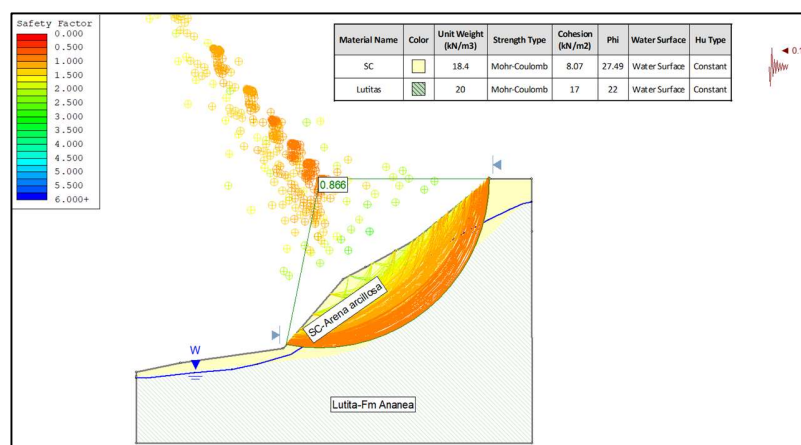
Nota: Análisis en el programa SLIDE, con factor de seguridad 1.200

B) Análisis Slide de la estación N° 03 en condiciones Pseudoestaticas

C)

Figura 29.

Talud N° 03- Depósitos Coluviales en la progresiva 5+868



Nota: Análisis en el programa SLIDE en condiciones sísmicas, con factor de seguridad 0.866

B) Análisis del talud N° 03 mediante el método de elementos finitos con presencia de wáter Surface

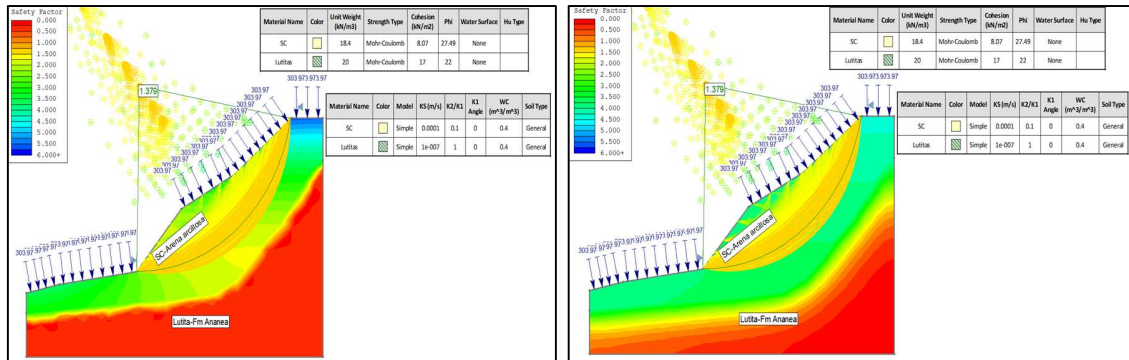
Tabla 22.

Parámetros geotécnicos y factores de seguridad obtenidos en el análisis por elementos finitos.

GEOMETRIA DEL TALUD		FACTOR DE SEGURIDAD			
Altura: 5m-10		Condiciones Aplicadas al Talud con precipitacion de aguas			
Longitud del pie:3m					
Pendiente Del Talud:50-65°		DIAS	INFILTRACION	PERMEABILIDAD	FS
Precipitación para		14 dias	303.97 mm/dia	1x10-4 m/s	1.379
Precipitación para		30 dias	303.97 mm/dia	1x10-4 m/s	1.379
Precipitación para		60 dias	303.97 mm/dia	1x10-4 m/s	1.379
UBICACIÓN		Angulo de fricción	Cohesión(C)	Peso Especifico(γ)	Condicion
Norte: 8599774 Este: 689275		27.49°	8.07 Tn/m ²	18.04 Kn/m ³	Estable-Inestable

Figura 30

A) Condiciones de 01 días de infiltración B) Condiciones de 60 días de infiltración



Nota. El factor de seguridad calculado para el talud es 1.379 (Figura A) tanto en el estado inicial como en el escenario de 60 días de infiltración (Figura B), lo que indica que, bajo los parámetros hidráulicos y de permeabilidad asumidos en el modelo, no se produce un incremento de presiones de poro que reduzca la resistencia global del talud.

TALUD 04

En el talud N° 04 de la progresiva km 6+020, afloran rocas pizarrosas pertenecientes a la Formación San José, presentado un grado alto de meteorización, recubiertos por material arcilloso. La inestabilidad observada corresponde a un mecanismo de falla tipo cuña, asociado a la intersección de planos de discontinuidad generados por los esfuerzos tectónicos vinculados al metamorfismo y a los procesos de plegamiento regional.

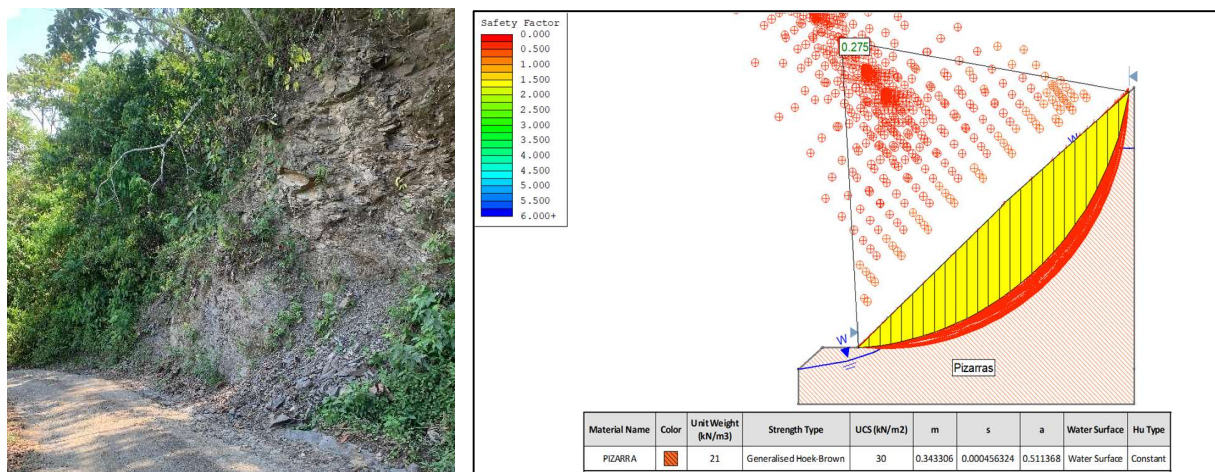
Tabla 23.

Datos Geotécnicos del talud N° 04- Roca metamórfica-pizarra

GEOMETRIA DEL TALUD	FACTOR DE SEGURIDAD			
	Condiciones Aplicadas al Talud	BISHOP	GLE/ MORGENSTERN-PRICE	JANBU
Altura: 12m-25m	Normal	0.275	0.270	0.246
Longitud del pie: 5.5m				
Pendiente Del Talud:30-45°	Pseudoestatico	0.000	0.205	0.204
UBICACIÓN UTM	UCS(Compresion Simple)	GSI	mi	Condicion
Norte: 8597515 Este: 689478	35 MPa	40	11	Inestable

Figura 31.

Talud N° 04, Constituido por roca metamórfico-pizarrosa, con grado de alteración alta



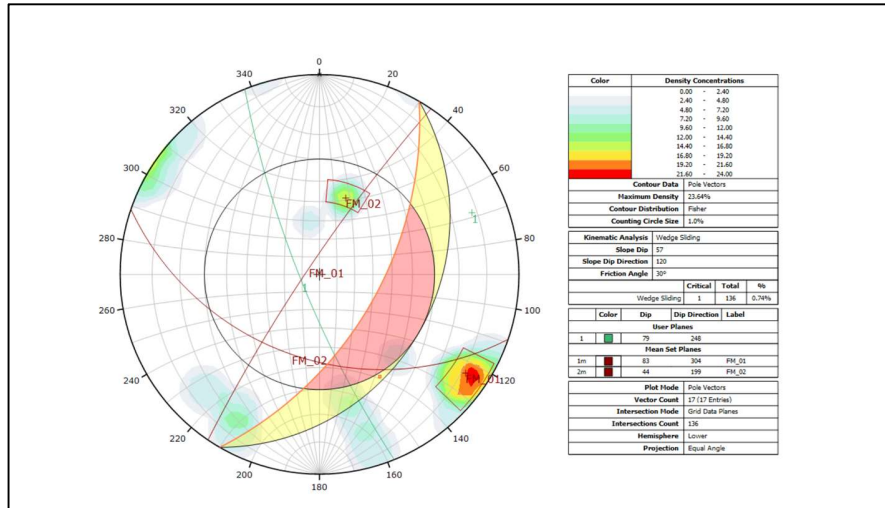
Nota. Análisis del talud N° 04, con SLIDE y un factor de seguridad 0.275, condicion inestable.



A) Análisis Cinemático del Talud N° 04

Figura 32.

Se observa la intersección de dos familias formando una falla de tipo cuña

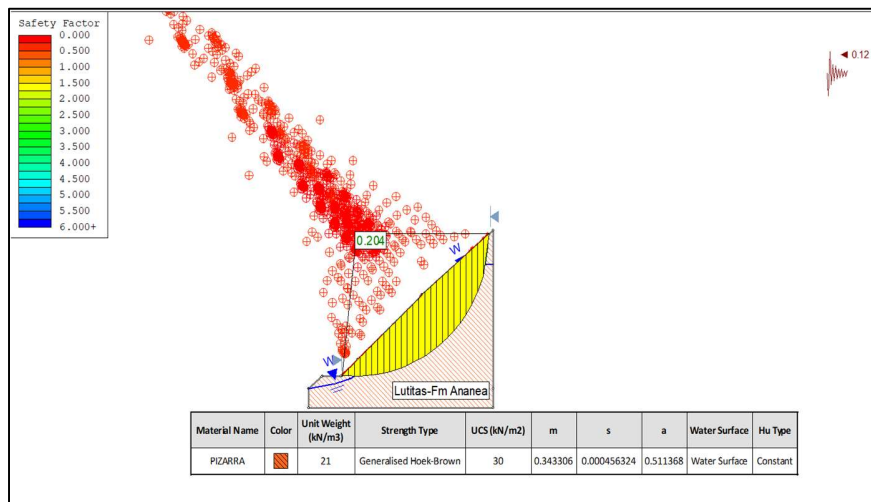


Nota. Análisis cinemático de las discontinuidades en el Talud N° 04, Con el programa DIP

B) Análisis Slide de la estación N° 04 en condiciones Pseudoestaticas

Figura 33.

Talud N.º 04. Modelamiento de roca pizarrosa considerando una carga sísmica horizontal $kh = 0.12 g$.



NOTA. Análisis del talud N°04 En SLIDE, se obtiene un factor de seguridad 0.204

C) Análisis del talud N° 04 mediante el método de elementos finitos con presencia de wáter Surface

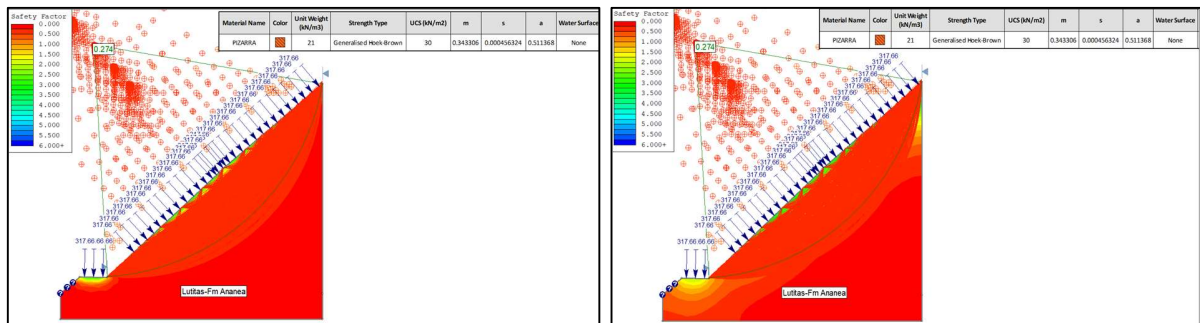
Tabla 24.

Parámetros geotécnicos y factores de seguridad obtenidos en el análisis por elementos finitos.

GEOMETRIA DEL TALUD	FACTOR DE SEGURIDAD			
Altura: 15-25m	Condiciones Aplicadas al Talud con precipitacion de aguas			
Longitud del pie:5m				
Pendiente Del Talud:30-45°	DIAS	INFILTRACION	PERMEABILIDAD	FS
Precipitación para	14 días	317.67 mm/día	1x10-6 m/s	0.274
Precipitación para	30 días	317.67 mm/día	1x10-6 m/s	0.274
Precipitación para	60 días	317.67 mm/día	1x10-6 m/s	0.274
UBICACIÓN	UCS(Compresión simple)	GSI	Mi	Condicion
Norte: 8599774 Este: 689275	35 MPa	40	11	Inestable

Figura 34

A) A condiciones a 03 días de infiltración B) A condiciones a 60 días de infiltracion



Nota. El factor de seguridad calculado para el talud es 0.274 (Figura A) tanto en el estado inicial como en el escenario de 60 días de infiltración (Figura B), lo que indica que, bajo los parámetros hidráulicos y de permeabilidad asumidos en el modelo, no se produce un incremento de presiones de poro que reduzca la resistencia global del talud.

TALUD 05

El talud está ubicado en la progresiva km 6+221, está conformado por material coluvial con matriz arcillo-limosa. Las condiciones geométricas del corte, la presencia de raíces en superficie y el incremento del peso del material asociado a la infiltración de agua durante la temporada de lluvias generan condiciones favorables para la inestabilidad del talud, debido al posible aumento de la presión de poros y a la reducción de la resistencia al corte. De acuerdo con la clasificación SUCS, el material corresponde a una Grava arcillosa (GC).

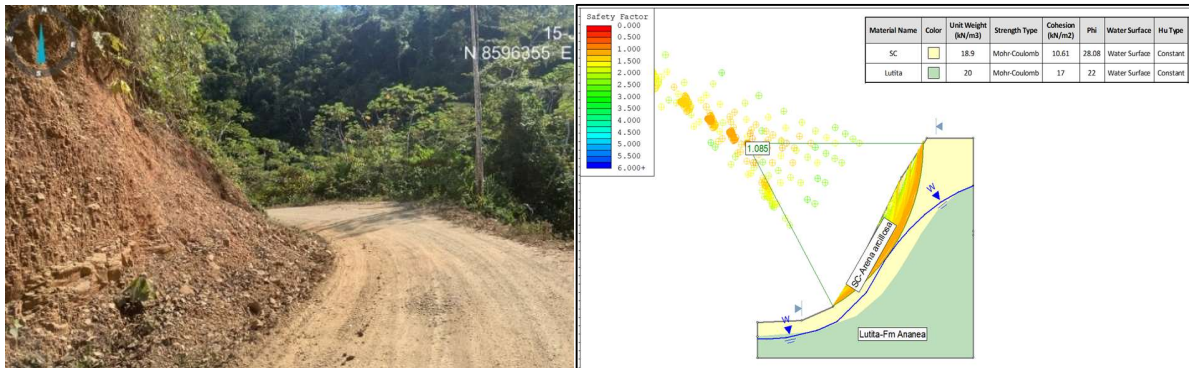
Tabla 25.

Datos Geotécnicos del talud N° 05- Depósitos Coluviales

GEOMETRIA DEL TALUD	FACTOR DE SEGURIDAD			
Altura:5m-10m	Condiciones Aplicadas al Talud	BISHOP	GLE/ MORGENSTERN-PRICE	JANBU
Longitud del pie: 4m				
Pendiente Del Talud:40°-50°	Normal	1.085	1.099	1.133
	Pseudoestatico	0.000	0.976	0.984
UBICACIÓN	Angulo de fricción (ϕ)	Cohesión(C)	Peso Especifico(γ)	Condicion
Norte: 8597515 Este: 689478	28.08°	10.61 Tn/m2	18.90 Kn/m3	Inestable

Figura 35.

Talud N°05 de composición Eluvio- coluvial

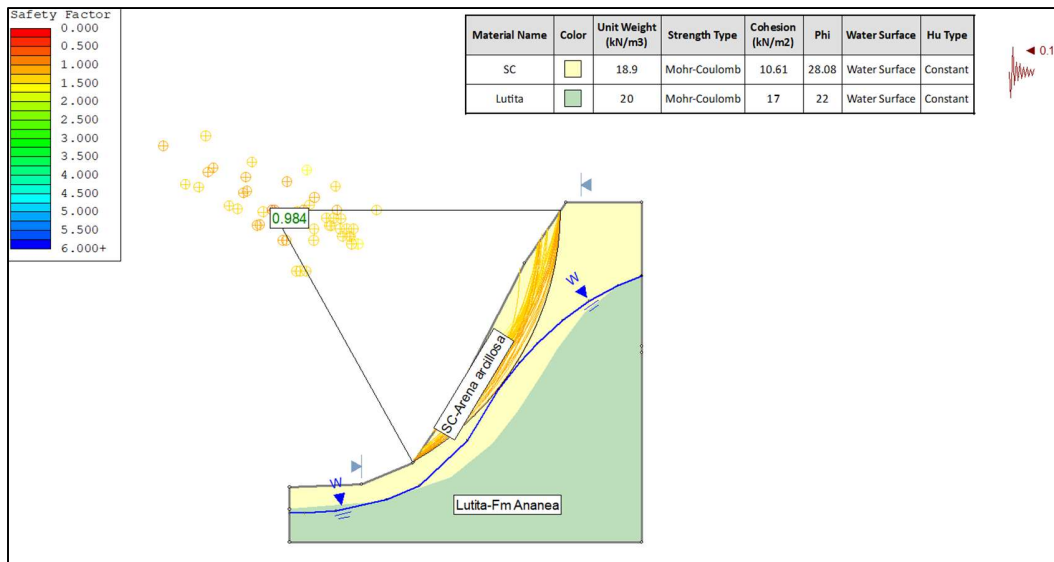


Nota. Análisis de talud N° 05 en SLIDE, un factor de seguridad 1.085

A) Análisis Slide de la estación N° 05 en condiciones Pseudoestaticas

Figura 36.

Talud N.º 05. Modelamiento de roca pizarrosa considerando una carga sísmica horizontal $kh = 0.12 g$.



Nota: Análisis de talud N° 05 en condiciones Sísmicas, un factor de seguridad 0.984

B) Análisis del talud N° 05 mediante el método de elementos finitos con presencia de wáter Surface

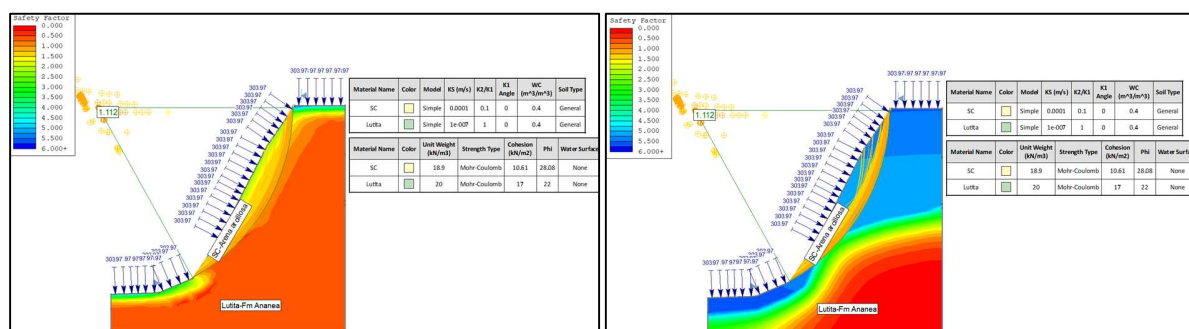
Tabla 26.

Parámetros geotécnicos y factores de seguridad obtenidos en el análisis por elementos finitos.

GEOMETRIA DEL TALUD	FACTOR DE SEGURIDAD			
Altura: 5m-10m	Condiciones Aplicadas al Talud con precipitacion de aguas			
Longitud del pie:3m				
Pendiente Del Talud:45°-50°	DIAS	INFILTRACION	PERMEABILIDAD	FS
Precipitación para	14 días	303.97 mm/día	1x10-4 m/s	1.112
Precipitación para	30 días	303.97 mm/día	1x10-4 m/s	1.112
Precipitación para	60 días	303.97 mm/día	1x10-4 m/s	1.112
UBICACIÓN	Angulo de fricción (φ)	Cohesión(C)	Peso Especifico(γ)	Condicion
Norte: 8599774 Este: 689275	28.08°	10.6 Tn/m2	18.90 kN/m3	Estable critico

Figura 37

A) A condiciones a 01días de infiltración B) A condiciones a 60 días de infiltración



Nota. El factor de seguridad calculado para el talud es 1.112 (Figura A) tanto en el estado inicial como en el escenario de 60 días de infiltración (Figura B), lo que indica que, bajo los parámetros hidráulicos y de permeabilidad asumidos en el modelo, no se produce un incremento de presiones de poro que reduzca la resistencia global del talud.

TALUD 06

El talud 06 en progresiva 6+635, está constituido por depósitos coluviales con predominio de gravas con matriz arcillosa, clasificados como GC según el SUCS. Las condiciones de inestabilidad del talud se relacionan con el flujo y acumulación de agua dentro del macizo, lo que genera un aumento del peso específico y una disminución de los parámetros resistentes del material, favoreciendo el desarrollo de deslizamientos superficiales.

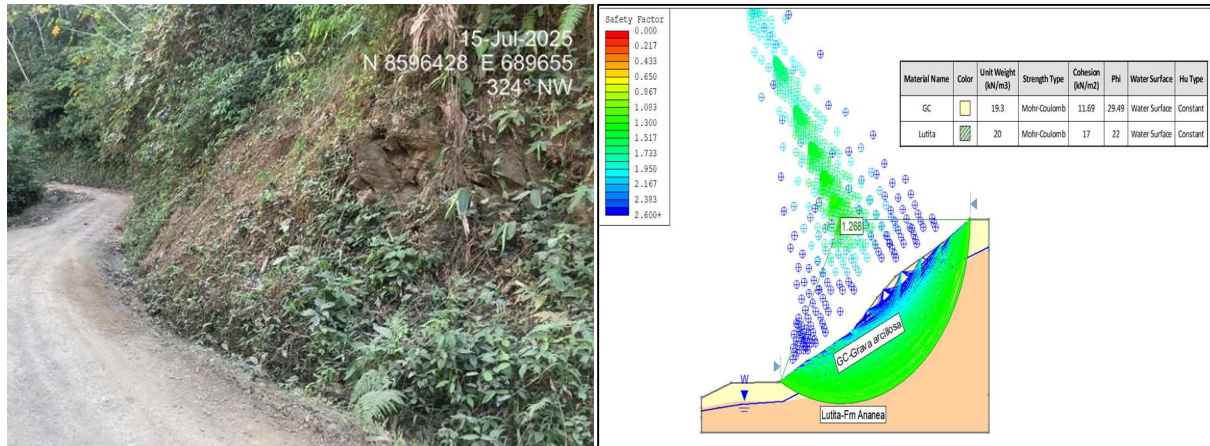
Tabla 27.

Datos Geotécnicos del talud N° 06- Depósitos Cuaternarios

GEOMETRIA DEL TALUD	FACTOR DE SEGURIDAD			
Altura: 8m-15m	Condiciones Aplicadas al Talud	BISHOP	GLE/ MORGENSTERN-PRICE	JANBU
Longitud del pie: 3m				
Pendiente Del Talud: 25-30°	Normal	1.268	1.264	1.119
	Pseudoestatico	0.000	0.922	0.897
UBICACIÓN	Angulo de friccion (φ)	Cohesion(C)	Peso Especifico(γ)	Condicion
Norte: 8597515 Este: 689478	29.49°	11.69 Tn/m2	19.3 kN/m3	Inestable

Figura 38.

Talud N° 06, constituido por material Coluvial

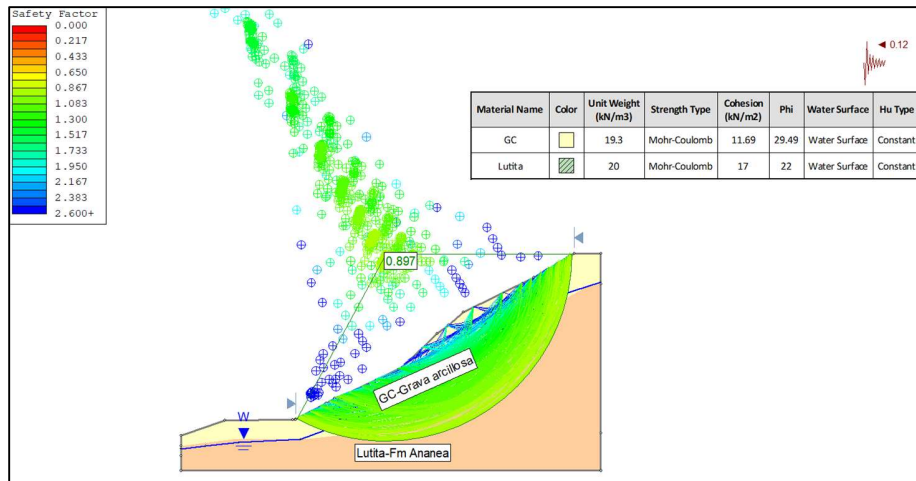


Nota. Análisis con el Programa SLIDE, con factor de seguridad 1.268

B) Análisis Slide de la estación N° 06 en condiciones Pseudoestatica

Figura 39.

Talud N.º 06. Modelamiento de roca pizarrosa considerando una carga sísmica horizontal kh = 0.12 g.



Nota: Análisis con el Programa SLIDE, un factor de seguridad 0.897

B) Análisis del talud N° 06 mediante el método de elementos finitos con presencia de wáter

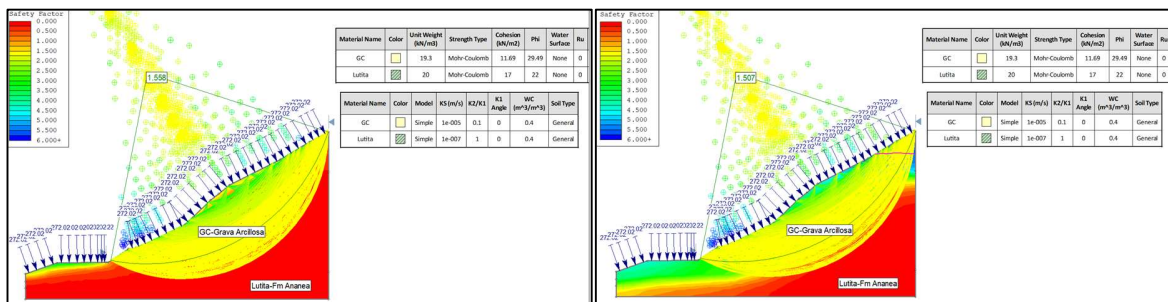
Tabla 28.

Parámetros geotécnicos y factores de seguridad obtenidos en el análisis por elementos finitos.

GEOMETRIA DEL TALUD	FACTOR DE SEGURIDAD			
Altura: 6m	Condiciones Aplicadas al Talud con precipitacion de aguas			
Longitud del pie:3m				
Pendiente Del Talud:44°	DIAS	INFILTRACION	PERMEABILIDAD	FS
Precipitación para	14 días	272.02 mm/día	1x10-5 m/s	1.558
Precipitación para	30 días	272.02 mm/día	1x10-5 m/s	1.558
Precipitación para	60 días	272.02 mm/día	1x10-5 m/s	1.507
UBICACIÓN	Angulo de fricción (φ)	Cohesión(C)	Peso Especifico(γ)	Condicion
Norte: 8599774 Este: 689275	29.49°	11.69 Tn/m2	19.30 kN/m3	Estable

Figura 40

A) Condiciones a 01 días de infiltración B) Condiciones a 60 días de infiltracion



Nota: Se observa que, bajo condiciones de 01 días de infiltración (figura A), el talud presenta un factor de seguridad de 1.558; sin embargo, al incrementarse el periodo a 60 días (figura B), dicho valor se va reduciendo a 1.507, evidenciando la pérdida de estabilidad debido al incremento de la saturación.



CAPITULO X: ANALISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS

En el presente capítulo, a partir de los datos obtenidos en el Capítulo IX, se evaluó la estabilidad de los taludes mediante el software SLIDE v.05, obteniéndose el factor de seguridad (FS) de cada uno, con la finalidad de determinar su grado de estabilidad o inestabilidad.

10.1 PRESENTACION DE RESULTADOS

En esta sección se presentan los resultados obtenidos del análisis de estabilidad de los seis taludes evaluados a lo largo de la carretera del sector Puguentimari.

10.1.1 RESULTADOS DEL ANALISIS POR EQUILIBRIO LIMITE

Para cada talud se determinó el factor de seguridad (FS) mediante tres métodos de equilibrio límite (Bishop, Janbu y Morgenstern–Price),

Tabla 29.

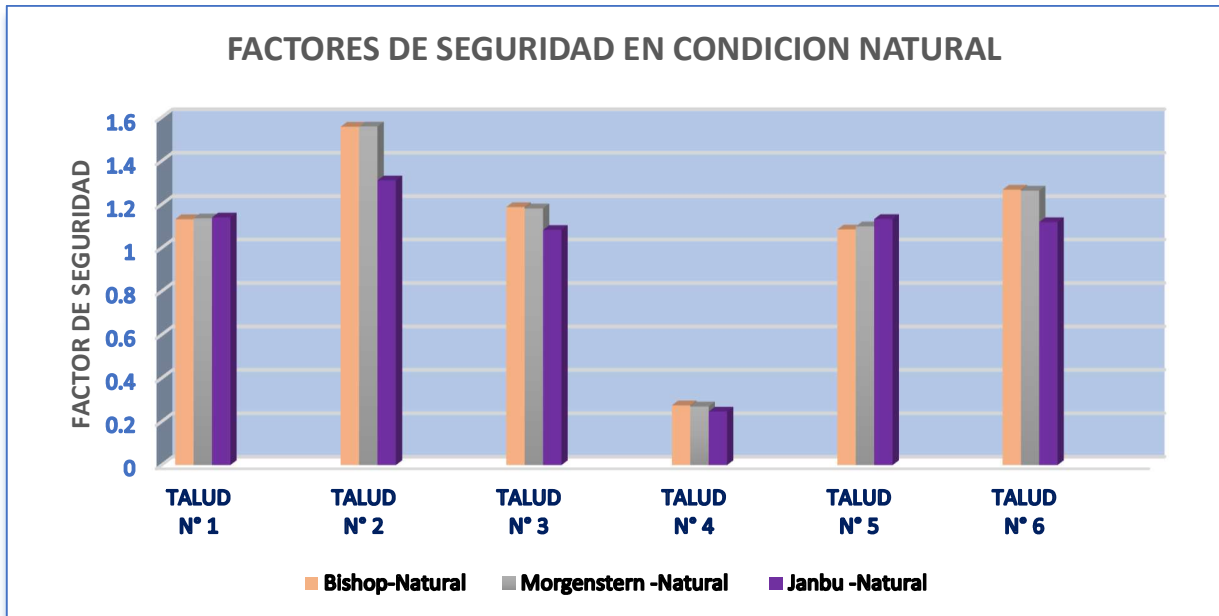
Resultados de los factores de seguridad, obtenido mediante el programa SLIDE v.05

FACTORES DE SEGURIDAD EVALUADOS MEDIANTE METODO DE EQUILIBRIO LIMITE							
ITEM	Bishop Natural	Bishop Pseudoestatico	Morgenstern Natural	Morgenstern Pseudoestatico	Janbu Natural	Janbu Pseudoestatico	CONDICION
TALUD N° 1	1.132	0	1.136	1.007	1.14	0.953	ESTABLE CRITICO
TALUD N° 2	1.558	0	1.559	1.014	1.311	1.043	ESTABLE CRITICO
TALUD N° 3	1.188	0	1.182	0.89	1.083	0.866	ESTABLE CRITICO
TALUD N° 4	0.275	0	0.27	0.205	0.246	0.204	INESTABLE
TALUD N° 5	1.085	0	1.099	0.976	1.133	0.984	ESTABLE CRITICO
TALUD N° 6	1.268	0	1.264	0.922	1.119	0.897	ESTABLE CRITICO



Figura 41.

Factores de seguridad de los taludes analizados bajo condición natural, obtenidos mediante los métodos de equilibrio límite de Bishop, Morgenstern-Price y Janbu.



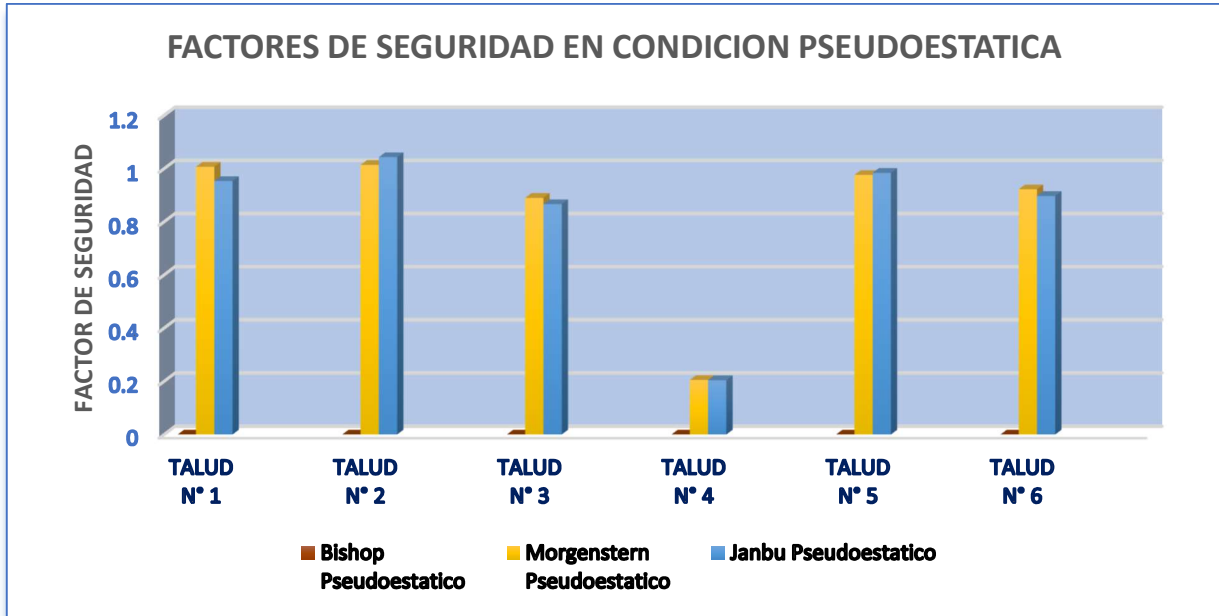
De la Figura 41, se observa que los seis taludes analizados bajo condición natural presentan factores de seguridad mayores a 1.0 en la mayoría de los casos, según los métodos de equilibrio límite usados, lo que indica una condición general de Estable-Crítica.

El Talud N° 04 presenta un factor de seguridad significativamente bajo, con valor cercano a 0.20, lo que evidencia una condición de inestabilidad. Este talud corresponde a un macizo de roca pizarrosa, caracterizado por la presencia de diaclasas y fracturas, y presenta un índice GSI de aproximadamente 40, lo cual indica un macizo rocoso de calidad baja a débil.



Figura 42.

Factores de seguridad de los taludes evaluados bajo condición pseudoestática, calculados mediante los métodos de Bishop, Morgenstern–Price y Janbu.



De la Figura 42, se observa que bajo condición pseudoestática el método de Bishop no converge en el análisis de los taludes, por lo que no se obtienen resultados representativos mediante dicho método.

Los factores de seguridad calculados mediante los métodos de Morgenstern–Price y Janbu presentan valores menores a 1.0 para todos los taludes evaluados, lo que indica que los taludes evaluados presentan condición de inestabilidad frente a la acción de cargas sísmicas.

10.1.2 RESULTADOS DEL ANALISIS CON INFILTRACION(FEM)

Los resultados obtenidos mediante el analisis numérico por el método de Elementos finitos de infiltración de agua en condicion saturada, muestran que los factores de seguridad presentan valores elevados al inicio de simulación, y una variación del factor de seguridad desarrollado por la presión de poros, registrándose cambios en los valores de FS a los 60 días de evaluación.

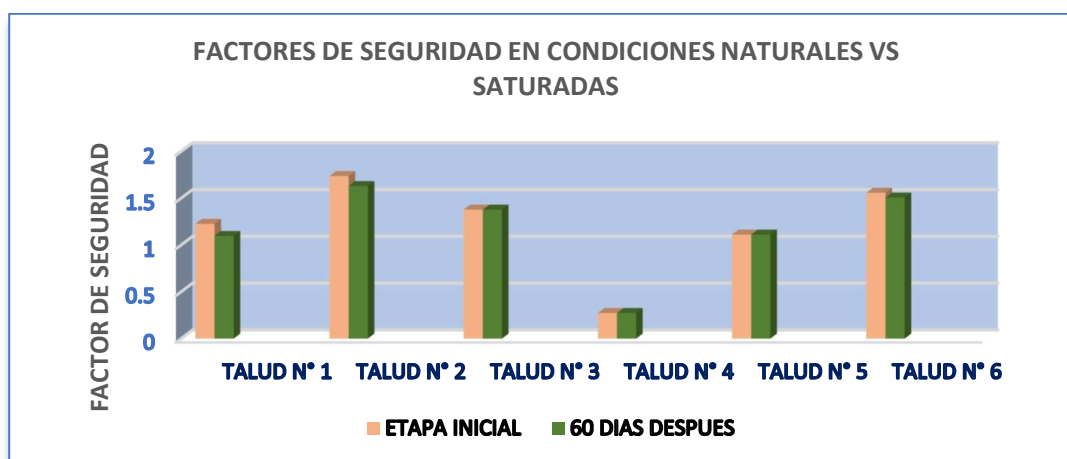
Tabla 30.

Datos de los distintos factores de seguridad en condiciones naturales, condiciones pseudoestaticas y condiciones saturadas

ITEM	FS-CONDICION NATURAL	FS-CONDICION PSEUDOESTATICA	FS-CONDICION SATURADA		MATERIAL
			ETAPA INICIAL	60 DIAS DESPUES	
TALUD N° 1	1.132	0.953	1.227	1.097	Grava arcillosa bien gradada
TALUD N° 2	1.558	1.043	1.737	1.631	Grava arcillosa
TALUD N° 3	1.188	0.866	1.379	1.379	Arena arcillosa
TALUD N° 4	0.275	0.204	0.274	0.274	Roca pizarrosa
TALUD N° 5	1.085	0.984	1.112	1.112	Grava arcillosa
TALUD N° 6	1.268	0.897	1.558	1.507	Grava arcillosa

Figura 43.

Factores de seguridad de los taludes analizados bajo condicion naturales y saturadas





De la Figura 43, se observa que los taludes N° 01, N° 02 y N° 06 presentan una disminución del factor de seguridad en 0.15 a 0.50, al pasar de la condición natural a la condición saturada, lo cual se encuentra directamente relacionado con el incremento de la presión de poros dentro del talud.

Este incremento reduce los esfuerzos efectivos, disminuyendo la resistencia al corte del material y haciendo a los taludes más propensos a la falla por deslizamiento. Asimismo, se evidencia que los valores del factor de seguridad se reducen de manera significativa respecto a la condición natural, confirmando la influencia desfavorable de la saturación en la estabilidad de los taludes

10.2 ANALISIS DE RESULTADOS

El análisis de resultados permite evaluar el desempeño y las limitaciones de los métodos empleados, así como identificar los factores que controlan la estabilidad de los taludes bajo diferentes escenarios(Naturales, Pseudoestaticos y Presión de Poros)

1. **Método de Bishop:** En los 06 Taludes analizados, el metodo Bishop proporciona un factor de seguridad global, considerando principalmente fuerzas internas del macizo, ignorando cargas dinámicas y momentos. Por ello, es útil para estimaciones relativas de FS en condiciones naturales, pero no es adecuado para condiciones pseudoestáticas.

2. **Método de Janbu:** Considera fuerzas y momentos, siendo efectivo para todos los taludes analizados en condición pseudoestática, lo que evidencia que este método captura de manera más completa el comportamiento de los taludes frente a fuerzas dinámicas.



3. **Método de Morgenstern–Price:** Es un método más completo, integrando las capacidades de Bishop y Janbu, permitiendo un análisis más detallado de la estabilidad global y de igual forma en condiciones pseudoestáticas

Análisis mediante elementos finitos (Transient Water):

Este método numérico de elementos finitos se realizó con la opción Transient Water para evaluar la influencia de la presión de poros por infiltración de agua.

1. Los taludes N°1,02 y 06 experimentaron incrementos de presión de poros debido a la infiltración de agua, lo que provocó reducciones progresivas de su factor de seguridad. Esto evidencia que la presencia de agua es un factor crítico de inestabilidad en la zona.

2. El Talud N°4, de composición pizarrosa, presenta una posible falla tipo cuña, según el análisis cinemático en DIP, donde las familias de diaclasas se intersectan en la zona de falla. Sin embargo, este talud no mostró variaciones significativas en FS ni bajo condiciones pseudoestáticas ni por presión de poros, ya que, al ser un macizo rocoso, su estabilidad depende principalmente de la geometría, el grado de fracturamiento y el corte del talud, y no se ve afectado significativamente por la presión de poros o cargas sísmicas horizontales.

3. Al modelar los taludes con Transient Water, los resultados iniciales muestran un FS elevado, ya que el software asume un estado seco inicial, lo cual no refleja las condiciones reales del campo, especialmente en la zona de estudio, caracterizada por ser una región de selva, con precipitación casi constante y humedad permanente.



10.3 DISCUSION DE RESULTADOS

Bajo condiciones pseudoestáticas, los seis taludes evaluados presentaron una disminución del factor de seguridad menores a $FS < 1.0$, siendo los más críticos los taludes N° 03, 04 Y 06, debido a su pronunciada altura y geometría desfavorable, especialmente en materiales sueltos y de matriz fina. Esto evidencia susceptibilidad frente a sollicitaciones dinámicas, comprometiendo la resistencia al corte.

El modelamiento con infiltración por precipitación mostró que los taludes N°1 N°02y N°6 experimentan incrementos de presión de poros, reduciendo progresivamente su FS en 0.15 a 0.50 unidades, confirmando que la infiltración es un factor crítico de inestabilidad.

Los taludes N° 03, 04 y 05 que no fallaron presentan geometría favorable y baja permeabilidad, lo que permite la disipación del agua durante los 60 días de evaluación. Sin embargo, ante lluvias prolongadas, la acumulación de presión de poros podría generar fallas progresivas en mas días o incluso años.

El Método Bishop es Adecuado para suelos friccionales, proporciona FS representativos, pero no considera momentos ni cargas dinámicas, El método Janbu: Considera fuerzas y momentos, siendo útil para pseudoestático, Morgenstern–Price: Integración completa de Bishop y Janbu, análisis detallado de FS global.

El método FEM: Permite identificar zonas de concentración de esfuerzos y deformaciones, complementando los métodos clásicos, especialmente en escenarios de infiltración transitoria.



10.4 CONTRASTACION CON LA HIPOTESIS

La hipótesis general planteó que las características geológicas y geotécnicas influyen directamente en la estabilidad de los taludes ubicados entre las progresivas Km 0+000 y Km 7+000 de la carretera del sector Puguentimari, condicionando los valores del factor de seguridad obtenidos mediante métodos de equilibrio límite y métodos numéricos.

Los resultados obtenidos permiten validar dicha hipótesis, dado que las características geológicas del área de estudio influyen de manera determinante en la estabilidad de los taludes. En primer lugar, el análisis geomorfológico permitió identificar de manera preliminar las zonas potencialmente inestables, mediante el uso de mapas de pendientes, donde se reconocieron sectores con pendientes moderadas a pronunciadas, asociadas a una mayor susceptibilidad a procesos de inestabilidad.

Asimismo, la litología presente, conformada por lutitas, pizarras y depósitos eluvio-coluviales, permitió caracterizar los materiales que conforman los taludes, evidenciando que aquellos constituidos por macizos rocosos fracturados y suelos finos presentan mayores condiciones de inestabilidad.

Por otro lado, las condiciones hidrológicas del área, caracterizadas por una elevada precipitación y humedad permanente, constituyen un factor geológico adicional que condiciona la estabilidad de los taludes. La infiltración de agua incrementa la presión de poros y reduce los esfuerzos efectivos, afectando directamente la resistencia al corte de los materiales, especialmente en escenarios saturados y pseudoestáticos.



Las propiedades geotécnicas de los materiales, tales como la cohesión, el ángulo de fricción y la permeabilidad, condicionaron distintos niveles de respuesta frente a los escenarios analizados, reflejándose en variaciones significativas del factor de seguridad y en la ocurrencia potencial de derrumbes y deslizamientos.

La aplicación de los métodos clásicos de equilibrio límite (Bishop, Janbu y Morgenstern–Price) permitió identificar taludes críticos bajo condiciones naturales y pseudoestáticas. Complementariamente, el análisis mediante el método de elementos finitos evidenció la influencia determinante de las aguas transitorias, confirmando que la hidrología juega un rol clave en la estabilidad de los taludes del tramo evaluado.

En consecuencia, tanto la hipótesis general como las hipótesis específicas quedan validadas, demostrando que la estabilidad de los taludes está controlada por la interacción entre la geomorfología, la litología, las condiciones hidrológicas y las propiedades geotécnicas de los materiales

Este comportamiento se evidencia claramente en el análisis individual de los seis taludes evaluados, destacándose el Talud N.º 4 como inestable bajo todas las condiciones analizadas, mientras que los Taludes N.º 1, 2 y 6 presentan mayor sensibilidad frente a la infiltración. Asimismo, bajo condiciones pseudoestáticas, los seis taludes evaluados registraron factores de seguridad menores a la unidad, evidenciando una condición general de inestabilidad frente a aceleraciones sísmicas.



CONCLUSIONES

1. Las características geológicas del área de estudio, que incluyen la litología, la geomorfología y la hidrología, permitieron identificar zonas con mayor susceptibilidad a inestabilidad. En la zona se identificaron pizarras, lutitas y depósitos eluvio-coluviales, materiales que, asociados a pendientes mayores al 25 %, presentan condiciones desfavorables para la estabilidad. Asimismo, las condiciones hidrológicas influyen directamente en el incremento de la presión de poros dentro de los taludes.
2. Las propiedades geotécnicas de los materiales, tales como la cohesión, con valores comprendidos entre 8 y 10 kPa, el ángulo de fricción interna, con rangos de 28° a 30°, y la permeabilidad, que varía entre 1×10^{-4} y 1×10^{-6} m/s, condicionaron el comportamiento mecánico de los taludes evaluados. Los materiales sueltos y de matriz fina presentaron factores de seguridad comprendidos entre $FS = 1.08$ y $FS = 1.56$ bajo condición natural, mientras que los macizos rocosos pizarrosos de baja calidad geomecánica ($GSI \approx 40$) registraron factores de seguridad bajos, evidenciando una mayor susceptibilidad a la inestabilidad.
3. La infiltración del agua de lluvia durante el mes de mayor precipitación (456.56 mm) incrementó significativamente la presión de poros en los taludes de composición gravosa con matriz arcillosa, específicamente en los taludes N.º 1, 2 y 6, evidenciando un comportamiento progresivo de inestabilidad. Este incremento hidrológico generó reducciones del factor de seguridad entre 0.15 y 0.50 respecto a la condición natural, confirmando la influencia desfavorable del régimen hidrológico sobre la estabilidad de los taludes evaluados.



4. Bajo condiciones naturales, los métodos de equilibrio límite determinaron factores de seguridad mayores a $FS > 1.0$ en la mayoría de los taludes, clasificándolos como estables-críticos. Sin embargo, bajo condiciones pseudoestáticas, los factores de seguridad disminuyeron a valores menores a $FS < 1.0$ en todos los taludes evaluados, evidenciando una condición general de inestabilidad frente a cargas sísmicas.
5. La aplicación de los métodos de Bishop, Janbu y Morgenstern–Price permitió identificar taludes críticos bajo distintos escenarios de análisis, observándose que el método de Janbu y el método de Morgenstern–Price presentaron mayor consistencia para la evaluación pseudoestática, mientras que el método de Bishop resultó adecuado principalmente para condiciones naturales.
6. El análisis mediante el método de elementos finitos permitió evaluar el efecto de la infiltración transitoria, evidenciando que los factores de seguridad iniciales elevados disminuyen conforme se desarrolla la presión de poros, registrándose variaciones significativas a los 60 días de simulación, lo que confirma que las aguas transitorias son un factor determinante en la estabilidad de los taludes del tramo evaluado.



RECOMENDACIONES

1. Se recomienda el rediseño geométrico de los taludes conformados por depósitos cuaternarios, adoptando pendientes máximas del orden de 1:2.2 (72°) o menores, con el objetivo de reducir las fuerzas deslizantes y mejorar la estabilidad global del talud.
 2. En taludes de suelo fino y coluviales, se recomienda la instalación de Geoceldas para evitar la erosión del talud, y minimizar la infiltración del agua de lluvia y reducir el incremento de la presión de poros durante eventos de precipitación.
 3. En talud con presencia de material rocoso o mixto, se recomienda la construcción de gaviones y muros secos, empleando material propio de la zona, como medida para estabilizar el pie del talud, reducir la socavación y contener deslizamientos superficiales.
 4. Para la protección y estabilización de taludes conformados por roca fracturada y materiales sueltos (suelos, arenas y arcillas), se recomienda la utilización de sacocreto, debió a que en la zona se presenta escasez de roca competente para construir soportes en el pie del talud, este sistema combina la flexibilidad de los sistemas de contención con la cohesión del mortero de cemento, proporcionando mayor resistencia frente a la erosión superficial y la caída de material.
 - ❖ En taludes rocosos, el sacocreto puede aplicarse de manera superficial en zonas con fracturamiento, diaclasas abiertas o desprendimientos menores, como complemento de mallas metálicas y/o sistemas de anclaje.
 - ❖ En taludes de material suelto, el sacocreto permite contener el material, reducir la erosión hídrica y mejorar la estabilidad superficial, especialmente cuando se combina con un sistema adecuado de drenaje.
- Dosificación referencial del sacocreto:**
- ❖ Cemento: 1 parte
 - ❖ Arena: 3 partes
 - ❖ Agua: la necesaria para lograr una consistencia plástica y trabajable
 - ❖ Piedra (relleno): tamaño entre 10 y 25 cm, según disponibilidad y diseño.



5. Se recomienda una adecuada compactación del material y un tiempo de fraguado suficiente antes de exponer el talud a lluvias intensas o cargas adicionales.
6. Se recomienda establecer un programa de monitoreo periódico de los taludes identificados como críticos y la incorporación de los resultados del presente estudio en los planes de gestión del riesgo y mantenimiento vial, considerando la alta frecuencia de tránsito y la importancia de la carretera para la conectividad del distrito.
7. Para futuras obras viales en el distrito, se recomienda incluir desde la fase de diseño un estudio geotécnico e hidrológico detallado, que considere no solo la resistencia de los materiales, sino también el régimen de precipitaciones, los procesos de meteorización y la actividad sísmica regional.
8. Asimismo, se recomienda que en futuros estudios geotécnicos se realicen ensayos adicionales de mayor detalle, tales como:
 - ❖ Ensayos SPT y/o calicatas profundas,
 - ❖ Ensayos de compresión uniaxial en roca,
 - ❖ Ensayos triaxiales en suelos representativos,
 - ❖ Ensayos de permeabilidad in situ, con el fin de obtener parámetros más representativos que permitan el diseño definitivo de obras de estabilización en proyectos viales futuros.
9. Finalmente, se recomienda que, en los estudios de estabilidad de taludes conformados por materiales sueltos y suelos heterogéneos, se utilice de manera complementaria el método de elementos finitos, ya que este permite una mejor comprensión del comportamiento tensional, deformacional y de los mecanismos progresivos de falla, proporcionando una evaluación más realista de los taludes con mayor tendencia a la inestabilidad.



REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS BIBLIOGRAFIA

- ASTM International. (2017). ASTM D2487–17: Standard practice for classification of soils for engineering purposes (Unified Soil Classification System). ASTM International.E
- Chow, V. T., Maidment, D. R., & Mays, L. W. (1994). Applied hydrology. McGraw–Hill.
- Das, B. M. (2013). Fundamentos de la ingeniería geotécnica (4.^a ed.). Cengage Learning.
- Duncan, J. M., & Wright, S. G. (2005). Soil strength and slope stability. John Wiley & Sons.
- Hargreaves, G. H., & Samani, Z. A. (1985). Reference crop evapotranspiration from temperature. Applied Engineering in Agriculture, 1(2), 96–99.
- Head, K. H. (1992). Manual of soil laboratory testing (Vol. 1–3). John Wiley & Sons.
- Hoek, E., & Bray, J. (1981). Rock slope engineering (3rd ed.). Institution of Mining and Metallurgy.
- Hernández-Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. P. (2014). Metodología de la investigación (6.^a ed.). McGraw-Hill.
- Hoyos, F. P. (2001). Geotecnia: Diccionario básico. Universidad Nacional de Colombia, Medellín.
- Kerlinger, F. N., & Lee, H. B. (2002). Investigación del comportamiento: Métodos de investigación en ciencias sociales (4.^a ed.). McGraw-Hill.

-Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico – INGEMMET. (2022). Evaluación de peligros por movimientos en masa en la quebrada Rambuchayoc, sector de Kepashiato. Lima, Perú.

-Ministerio de Energía y Minas, Grupo Técnico de Coordinación Interinstitucional, Municipalidad Provincial de La Convención & Instituto de Manejo de Agua y Medio Ambiente.

(2005). Aproximación a la zonificación ecológica económica de la provincia de La Convención (Vol. II). Quillabamba, Perú.

-Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú (MTC). (2018). Manual de carreteras: Suelos, geología, geotecnia y pavimentos (DG–2018). Lima, Perú.

-Morgenstern, N. R., & Price, V. E. (1965). The analysis of the stability of general slip surfaces. *Geotechnique*, 15(1), 79–93.

-Rivera Montilla, H. (2005). *Geología general* (2.^a ed.). Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú N.º 1501032005-1035

-Rodríguez Infante, A. (2000). *Geomorfología*. Instituto Superior Minero Metalúrgico, Facultad de Geología y Minas, Departamento de Geología.

-Santiago, B. (2008). *Introducción a la hidrología* (1.^a ed.). Santa Rosa, La Pampa, Argentina.

-SENAMHI. (2023). Registro de precipitaciones mensuales para la región Cusco. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú



-Tarbuck, E. J., & Lutgens, F. K. (2005). Ciencias de la Tierra: Una introducción a la geología física (8.^a ed.). Pearson Educación

-Wyllie, D. C., & Mah, C. W. (2004). Rock slope engineering: Civil and mining. Taylor & Francis.



ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO DE TALUDES EN LA CARRETERA DEL SECTOR PUGUENTIMARI, ENTRE LA PROGRESIVA DEL KM 0+000 AL KM 7+000, EN EL DISTRITO DE KUMPIRUSHIATO, PROVINCA LA CONVECION, CUSCO



ANEXOS

MATRIZ DE CONSISTENCIA

ANEXO 1. MATRIZ DE CONSISTENCIA

"ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO DE TALUDES EN LA CARRETERA DEL SECTOR PUGUENTIMARI, ENTRE LA PROGRESIVA DEL KM 0+000 AL KM 7+000, EN EL DISTRITO DE KUMPIRUSHIATO, PROVINCIA LA CONVECCION, CUSCO"								
MARCO TEORICO	PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	METODO LOGIA	OPERACIÓN DE VARIABLES			
REFERENCIAL	GENERAL	GENERAL	GENERAL		VARIABLES DE ESTUDIO	DIMENSIONES	INDICADORES	
<p>- Tesis: Orozco Flórez (2023), "ESTUDIO PARAMÉTRICO DE UN TALUD: COMPARACIÓN ENTRE EL MÉTODO DE ELEMENTOS FINITOS Y MÉTODOS DE EQUILIBRIO LÍMITE", tuvo como objetivo analizar la estabilidad de un talud mediante un estudio paramétrico, comparando los resultados obtenidos a partir del método de elementos finitos y los métodos de equilibrio límite, con la finalidad de evaluar la influencia de los parámetros geotécnicos en el factor de seguridad y en el comportamiento deformacional del talud.</p> <p>. Esta tesis constituye un antecedente metodológico relevante para la presente investigación, debido a que integra de forma conjunta los métodos de equilibrio límite y el método de elementos finitos, enfoques que también son empleados en el análisis de estabilidad de taludes desarrollado para la carretera del sector Puguientimari, permitiendo contrastar resultados y fortalecer la interpretación del comportamiento geotécnico de los taludes estudiado.</p>	<p>¿Cuál es la relación entre las características geológicas, geotécnicas y la estabilidad de los taludes de la carretera del sector Puguientimari, comprendida entre las progresivas Km 0+000 y Km 7+000, evaluada mediante métodos de equilibrio límite y métodos numéricos bajo condiciones naturales, pseudoestáticas y de infiltración de lluvias?</p>	<p>Determinar las características geológicas, geotécnicas que influyen en la estabilidad de los taludes ubicados entre los progresivos km 0+000 y km 7+000, mediante métodos de equilibrio límite y métodos numéricos como el de elementos finitos, bajo condiciones naturales, pseudoestáticas y de infiltración de lluvias, utilizando modelación Bidimensional(2D).</p>	<p>Las características geológicas y geotécnicas influyen con la estabilidad de los taludes ubicados entre las progresivas Km 0+000 y Km 7+000 de la carretera del sector Puguientimari, condicionando los valores del factor de seguridad obtenidos mediante métodos de equilibrio límite y métodos numéricos, bajo diferentes escenarios de análisis.</p>	<p>1. Inductivo 2. Hipotético 3. Deductivo</p>	<p>GEOLOGIA</p>	<p>GEOMORFOLOGIA</p>	<p>Geoformas</p> <p>pendiente</p>	
	<p>ESPECIFICO</p> <p>1. Cuáles son las características geológicas de los taludes en la carretera del sector Puguientimari entre el km 0+000 y el km 7+000?</p> <p>2. ¿Cuáles son las características Geotécnicas de los materiales presentes en los taludes de la carretera del sector Puguientimari entre la progresiva del km 0+000 al km 7+000?</p> <p>3. ¿Cómo se comporta la infiltración, la permeabilidad y la presión de poros en los taludes durante los meses de mayor precipitación?</p> <p>4. ¿Cuáles son los factores de seguridad bajo condiciones naturales utilizando métodos de equilibrio límite?</p>	<p>ESPECIFICOS</p> <p>1. Caracterizar las unidades geológicas de los taludes en el tramo de la carretera del sector de Puguientimari entre la progresiva del km 0+000 al km 7+000.</p> <p>2. Caracterizar las propiedades geotécnicas de los materiales presentes en los taludes de la carretera del sector de Puguientimari entre la progresiva del km 0+000 al km 7+000</p> <p>3. Evaluar el comportamiento de la infiltración, la permeabilidad y la presión de poros en los taludes durante el mes de mayor precipitación</p> <p>4. Determinar la estabilidad de taludes bajo condiciones naturales mediante métodos clásicos de equilibrio límite (Bishop, Spencer, Morgenstern-Price).</p> <p>5. Evaluar la estabilidad de los taludes bajo condiciones pseudoestáticas(sísmicas), empleando métodos de equilibrio límite.</p> <p>6. Evaluar la estabilidad de los taludes mediante el método de elementos finitos, considerando condiciones de presión de poros transitoria (Transient Water).</p> <p>7. comparar los factores de seguridad obtenidos entre métodos clásicos y numéricos para establecer los taludes más críticos.</p>	<p>ESPECIFICO</p> <p>1. Las características geológicas, como litología, estructura y grado de meteorización, influyen directamente en la estabilidad de los taludes del tramo entre km 0+000 y km 7+000 de la carretera.</p> <p>2. Las propiedades geotécnicas de los materiales presentes en los taludes condicionan a diferentes niveles de susceptibilidad a procesos de inestabilidad, como derrumbes y deslizamientos en el tramo de carretera del sector de Puguientimari entre la progresiva del km 0+000 al km 7+000.</p> <p>3. La aplicación de métodos clásicos de equilibrio límite mediante el Software SLIDE 5 permite evaluar la estabilidad de los taludes y determinar condiciones potenciales de inestabilidad bajo escenarios naturales y pseudoestáticos.</p> <p>4. La infiltración del agua producto de las precipitaciones incrementa la presión de poros y reduce la resistencia al corte, condicionando de manera negativa la estabilidad de los taludes de la carretera.</p> <p>5. El análisis de la estabilidad mediante el método de elementos finitos permite evaluar el comportamiento de talud bajo condiciones aguas transitorias, evidenciando diferencias en los factores seguridad respecto a los métodos clásicos de equilibrio límites</p>			<p>ESTRATIGRAFIA</p> <p>litología</p> <p>Secuencia Litoestratigráfica</p>	<p>GEOLOGIA ESTRUCTURAL</p> <p>diaclasas</p> <p>fallas</p> <p>pliegues</p>	
<p>CONCEPTUAL</p> <p>Geología, deslizamientos, estratigrafía, geología estructural, rumbo o dirección, diaclasas, estabilidad de taludes, hidrología, geomorfología, geodinámica interna, geodinámica externa, geotécnica, litología, topografía, ensayo de corte directo y metodología de estudio de taludes</p>	<p>5. ¿Cómo varía la estabilidad de los taludes bajo condiciones pseudoestáticas (sísmicas), evaluada mediante métodos de equilibrio límite?</p> <p>6. ¿Cómo varía la estabilidad de los taludes bajo condiciones de saturación transitoria, evaluada mediante el método de elementos finitos?</p>				<p>GEOTECNIA</p>	<p>LUGAR MUESTREO DE</p> <p>Ubicación de calicatas</p> <p>Ubicación de puntos críticos</p>	<p>Estratigrafía</p> <p>Humedad Natural</p> <p>Granulometría</p> <p>GSI</p> <p>Densidad de campo con cono</p> <p>Cohesion</p>	
					<p>ESTUDIO DE TALUDES</p>	<p>PROPIEDADES MECANICAS</p> <p>Angulo de Fricción</p>	<p>PROPIEDADES HIDRAULICAS</p> <p>precipitaciones</p> <p>Permeabilidad</p> <p>infiltración</p>	
						<p>TOPOGRAFIA</p> <p>Geometría del talud</p>	<p>ESTABILIDAD DE TALUDES</p> <p>Factor de seguridad</p>	
						<p>GEOMATERIALES</p> <p>Litología</p> <p>Clasificación del terreno</p> <p>Caracterización</p>		



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO
400.012, ASTM D 422

NTP

Tesis ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO DE TALUDES EN LA CARRETERA DEL SECTOR PUGUENTIMARI, ENTRE LA PROGRESIVA DEL KM 0+000 AL KM 7+000, EN EL DISTRITO DE KUMPIRUSHIATO, PROVINCIA LA CONVENCION, CUSCO.

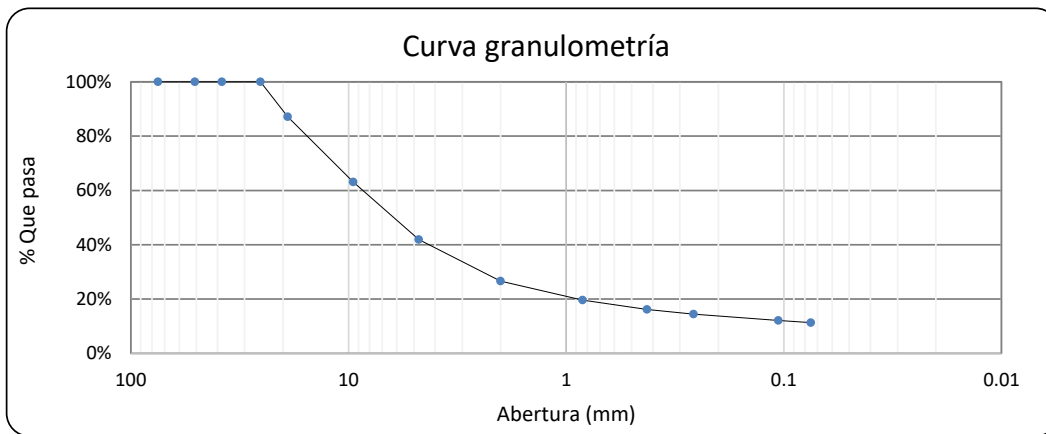
Solicitante Bach. Wilson Gregorio Lozano Quispe

Ubicación Cusco

Fecha Nov-24

Calicata 1
 N° Estratos 1
 Profundidad : 1.50 m

Clasificación	Tamiz	Abertura(mm)	Peso reten (g)	Peso q pasa (g)	Retenido(%)	Reteni acum(%)	Que pasa (%)	CÁLCULOS Y REPORTE			
Grava	Gruesa	3"	75	0.00	1267.96	0.00%	0.00%	100.0%	Peso suelo seco (g)	1426.72	
		2"	50.8	0.00	1267.96	0.00%	0.00%	100.0%	Peso suelo seco lavado (g)	1267.96	
		1½"	38.1	0.00	1267.96	0.00%	0.00%	100.0%	Peso suelo lavado (g)	158.76	
		1"	25.4	0.00	1267.96	0.00%	0.00%	100.0%	% error en peso	0.03%	
	Fina	¾"	19	184.43	1083.53	12.93%	12.93%	87.1%	RESUMEN GENERAL		
		½"	12.7		1083.53	0.00%	12.93%	87.1%	% Suelos Gruesos	88.67%	
		3/8"	9.5	341.5	742.03	23.94%	36.86%	63.1%	% Suelos Finos	11.33%	
		¼"	6.35		742.03	0.00%	36.86%	63.1%	Total	100.00%	
FRACCIONES DE GRAVA, ARENA Y FINOS											
Arena	Gruesa	N° 8	2.36		439.71	0.00%	58.05%	41.9%	Grava, pasando 75mm, retenida en N°4	58.05%	
		N° 10	2	218.02	221.69	15.28%	73.33%	26.7%	Arena, pasando la N°4, retenida en N°20	30.62%	
	Media	N° 20	0.84	100.36	121.33	7.03%	80.37%	19.6%	Arena gruesa, pasando N°4, reten N°10	15.28%	
		N° 40	0.425	49.12	72.21	3.44%	83.81%	16.2%	Arena media, pasando N°10, retenid N°4	10.48%	
	Fina	N° 60	0.260	24.85	47.36	1.74%	85.55%	14.4%	Arena fina, pasando N°40, reten N°200	4.86%	
		N° 140	0.106	33.8	13.56	2.37%	87.92%	12.1%	Limos y arcillas	11.33%	
		N° 200	0.075	10.67	2.89	0.75%	88.67%	11.3%	Total	100.0%	
Limos y Arcillas	Cazuela		2.48	...	0.17%	88.84%	100.0%	D60	4.40	Coeficientes	
	Peso suelo lavado		158.76	...	11.16%	100.0%	...	D30	1.08	Cu	13.33
Total retenida en lavado			1267.55	...	100.0%	D10	0.33	Cc	0.80



$$D_x = D_S - \frac{(\%PS - X)(D_S - D_I)}{(\%PS - \%PI)}$$

DX: Diametro incognita
 DS: Diametro de la malla superior
 DI: Diametro de la malla inferior
 PS: Porcentaje que pasa por la malla superior
 PI: Porcentaje que pasa por la malla inferior

D60	D30	D10	
DS	4.75	2	0.425
DI	2	0.84	0.26
PS	62.39	43.38	13.59
PI	43.38	26.49	7.15

D60	4.40	Coeficientes	
D30	1.08	Cu	13.225
D10	0.33	Cv	0.7968



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO NTP 400.012, ASTM D 422

Tesis ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO DE TALUDES EN LA CARRETERA DEL SECTOR PUGUENTIMARI, ENTRE LA PROGRESIVA DEL KM 0+000 AL KM 7+000, EN EL DISTRITO DE KUMPIRUSHIATO, PROVINCIA LA CONVENCION, CUSCO.

Solicitante Bach. Wilson Gregorio Lozano Quispe

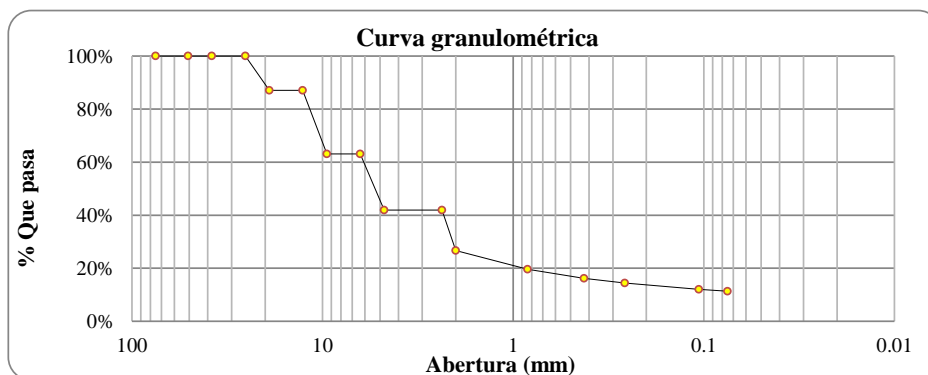
Ubicación Cusco

Fecha Nov-24

Calicata 1
 N° Estratos 1
 Profundidad : 1.50 m

Tamiz	Abertura	Peso retenido (g)	Peso que pasa (g)	Retenido (%)	Retenido acumulado (%)	Que pasa (%)	CÁLCULOS Y REPORTE	
3"	75	0	1015.9	0.00%	0.00%	100.00%	Peso suelo seco	1015.9
2"	50.8	0	1015.9	0.00%	0.00%	100.00%	P suelo seco lavado	1015.9
1 1/2"	38.1	110.7	905.2	10.90%	10.90%	100.00%	Peso suelo lavado	0
1"	25.4	130.58	774.62	12.85%	23.75%	100.00%	% error	0.07%
3/4"	19	106.78	667.84	10.51%	34.26%	87.07%	RESUMEN GENERAL	
3/8"	9.5	199.89	467.95	19.68%	53.94%	63.14%	% Grueso	98.83%
N°4	4.75	83.43	384.52	8.21%	62.15%	41.95%	% Finos	1.17%
N°10	2	48.66	335.86	4.79%	66.94%	26.67%	Total	100.00%
N°20	0.84	28.94	306.92	2.85%	69.79%	19.63%	Fracciones de Grava, Arena y Fino	
N°40	0.425	28.25	278.67	2.78%	72.57%	16.19%	Grava, pasando 75 mm, retenida en N° 4	62.15%
N°60	0.26	43.3	235.37	4.26%	76.83%	14.45%	Arena, pasando la N°4, retenida en la N°200	36.68%
N°140	0.106	156.54	78.83	15.41%	92.24%	12.08%	Arena Gruesa, pasando N°4, renida en N°10	4.79%
N°200	0.075	66.98	11.85	6.59%	98.83%	11.33%	Arena media, pasando N°10, retenida N°40	5.63%
Cazuela		11.14		1.10%	99.93%		Arena fina, Pasando N°40, retenida N°200	26.26%
P suelo lavado		0		0.07%	100.00%		Limo y Arcillas	1.17%
Total retenida		1015.2		100.00%			Total	1.17%

		Coeficientes	
D60	23.77		
D30	0.9	Cu	77.87
D10	0.31	Cc	0.112





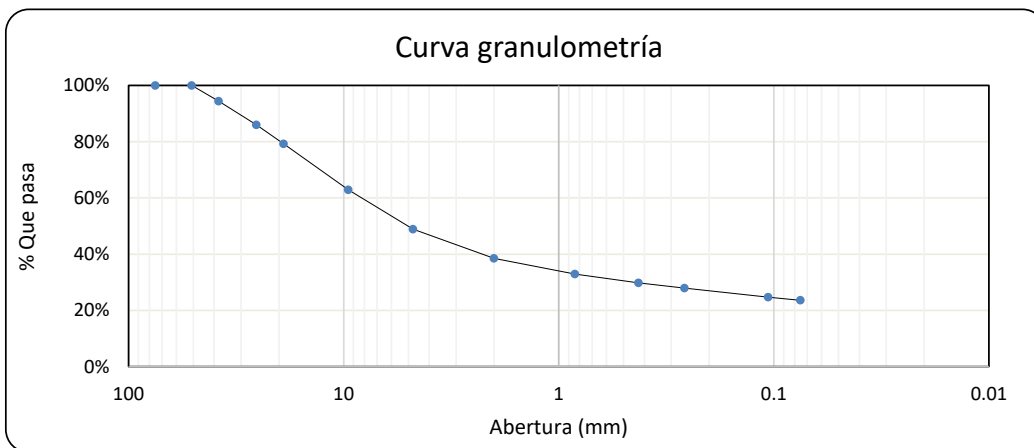
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO
400.012, ASTM D 422

NTP

Tesis ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO DE TALUDES EN LA CARRETERA DEL SECTOR PUGUENTIMARI, ENTRE LA PROGRESIVA DEL KM 0+000 AL KM 7+000, EN EL DISTRITO DE KUMPIRUSHIATO, PROVINCIA LA CONVENCION, CUSCO.
 Solicitante Bach. Wilson Gregorio Lozano Quispe
 Ubicación Kumpirushiato-La convencion-Cusco
 Fecha Dic-24

Calicata C-02
 N° Estratos : 2
 Profundidad : 1.50 m

Clasificación	Tamiz	Abertura (mm)	Peso reten (g)	Peso q pasa (g)	Retenido (%)	Reteni acum (%)	Que pasa (%)	CÁLCULOS Y REPORTE			
Grava	Gruesa	3"	75	0.00	1386.17	0.00%	0.00%	100.0%	Peso suelo seco (g)	1808.16	
		2"	50.8	0.00	1386.17	0.00%	0.00%	100.0%	Peso suelo seco lavado (g)	1386.17	
		1½"	38.1	100.94	1285.23	5.58%	5.58%	94.4%	Peso suelo lavado (g)	421.99	
		1"	25.4	151.99	1133.24	8.41%	13.99%	86.0%	% error en peso	0.07%	
	Fina	¾"	19	123.40	1009.84	6.82%	20.81%	79.2%	RESUMEN GENERAL		
		½"	12.7		1009.84	0.00%	20.81%	79.2%	% Suelos Gruesos	76.44%	
		3/8"	9.5	294.49	715.35	16.29%	37.10%	62.9%	% Suelos Finos	23.56%	
		¼"	6.35		715.35	0.00%	37.10%	62.9%	Total	100.00%	
FRACCIONES DE GRAVA, ARENA Y FINOS											
Arena	Gruesa	N° 8	2.36		462.33	0.00%	51.09%	48.9%	Grava, pasando 75mm, retenida en N°4	51.09%	
		N° 10	2	188.32	274.01	10.42%	61.51%	38.5%	Arena, pasando la N°4, retenida en N°20	25.35%	
	Media	N° 20	0.84	101.65	172.36	5.62%	67.13%	32.9%	Arena gruesa, pasando N°4, reten N°10	10.42%	
		N° 40	0.425	56.28	116.08	3.11%	70.24%	29.8%	Arena media, pasando N°10, retenid N°4	8.73%	
	Fina	N° 60	0.260	33.18	82.90	1.84%	72.08%	27.9%	Arena fina, pasando N°40, reten N°200	6.20%	
		N° 140	0.106	58.28	24.62	3.22%	75.30%	24.7%	Limos y arcillas	23.56%	
		N° 200	0.075	20.58	4.04	1.14%	76.44%	23.6%	Total	100.0%	
Limos y Arcillas	Cazuela		3.07	...	0.17%	76.61%	100.0%	D60	4.40	Coeficientes	
	Peso suelo lavado		421.99	...	23.39%	100.0%	...	D30	1.08	Cu	13.33
Total retenida en lavado			1385.20	...	100.0%	D10	0.33	Cc	0.80



$$D_x = D_S - \frac{(\%PS - X)(D_S - D_I)}{(\%PS - \%PI)}$$

DX: Diametro incognita
 DS: Diametro de la malla superior
 DI: Diametro de la malla inferior
 PS: Porcentaje que pasa por la malla superior
 PI: Porcentaje que pasa por la malla inferior

	D60	D30	D10
DS	4.75	2	0.425
DI	2	0.84	0.26
PS	62.39	43.38	13.59
PI	43.38	26.49	7.15

D60	4.40	Coeficientes	
D30	1.08	Cu	13.225
D10	0.33	Cv	0.7968



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO
NTP 400.012, ASTM D 422

Tesis ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO DE TALUDES EN LA CARRETERA DEL SECTOR PUGUENTIMARI, ENTRE LA PROGRESIVA DEL KM 0+000 AL KM 7+000, EN EL DISTRITO DE KUMPIRUSHIATO, PROVINCIA LA CONVENCION, CUSCO.

Solicitante Bach. Wilson Gregorio Lozano Quispe

Ubicación Kumpirushiato-La convencion-Cusco

Fecha Dic-24

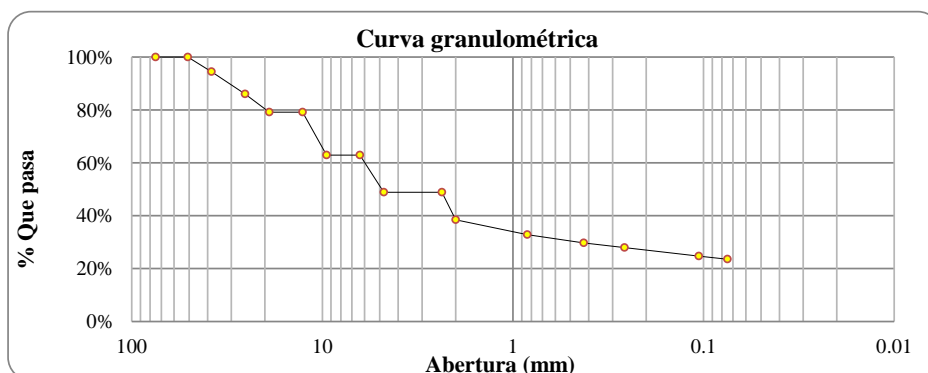
Calicata C-02

Nº Estratos : 2

Profundidad : 1.50 m

Tamiz	Abertura	Peso retenido (g)	Peso que pasa (g)	Retenido (%)	Retenido acumulado (%)	Que pasa (%)	CÁLCULOS Y REPORTE	
3"	75	0	1015.9	0.00%	0.00%	100.00%	Peso suelo seco	1015.9
2"	50.8	0	1015.9	0.00%	0.00%	100.00%	P suelo seco lavado	1015.9
1 1/2"	38.1	110.7	905.2	10.90%	10.90%	94.42%	Peso suelo lavado	0
1"	25.4	130.58	774.62	12.85%	23.75%	86.01%	% error	0.07%
3/4"	19	106.78	667.84	10.51%	34.26%	79.19%	RESUMEN GENERAL	
3/8"	9.5	199.89	467.95	19.68%	53.94%	62.90%	% Grueso	98.83%
Nº4	4.75	83.43	384.52	8.21%	62.15%	48.91%	% Finos	1.17%
Nº10	2	48.66	335.86	4.79%	66.94%	38.49%	Total	100.00%
Nº20	0.84	28.94	306.92	2.85%	69.79%	32.87%	Fraciones de Grava, Arena y Fino	
Nº40	0.425	28.25	278.67	2.78%	72.57%	29.76%	Grava, pasando 75 mm, retenida en Nº 4	62.15%
Nº60	0.26	43.3	235.37	4.26%	76.83%	27.92%	Arena, pasando la Nº4, retenida en la Nº200	36.68%
Nº140	0.106	156.54	78.83	15.41%	92.24%	24.70%	Arena Gruesa, pasando Nº4, renida en Nº10	4.79%
Nº200	0.075	66.98	11.85	6.59%	98.83%	23.56%	Arena media, pasando Nº10, retenida Nº40	5.63%
Cazuela		11.14		1.10%	99.93%		Arena fina, Pasando Nº40, retenida Nº200	26.26%
P suelo lavado		0		0.07%	100.00%		Limo y Arcillas	1.17%
Total retenida		1015.2		100.00%			Total	1.17%

D60	23.77	Coeficientes	
D30	0.9	Cu	77.87
D10	0.31	Cc	0.112





ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO
NTP 400.012, ASTM D 422

Tesis ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO DE TALUDES EN LA CARRETERA DEL SECTOR PUGUENTIMARI, ENTRE LA PROGRESIVA DEL KM 0+000 AL KM 7+000, EN EL DISTRITO DE KUMPIRUSHIATO, PROVINCIA LA CONVENCION, CUSCO.

Solicitante Bach. Wilson Gregorio Lozano Quispe

Ubicación Kumpirushiato-La convencion-Cusco

Fecha Dic-24

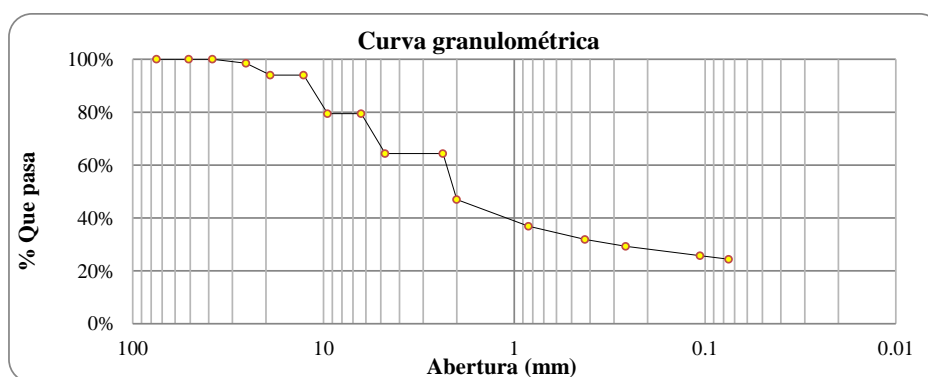
Calicata : 03

Nº Estratos : 2

Profundidad : 1.50 m

Tamiz	Abertura	Peso retenido (g)	Peso que pasa (g)	Retenido (%)	Retenido acumulado (%)	Que pasa (%)	CÁLCULOS Y REPORTE	
3"	75	0	1015.9	0.00%	0.00%	100.00%	Peso suelo seco	1015.9
2"	50.8	0	1015.9	0.00%	0.00%	100.00%	P suelo seco lavado	1015.9
1 1/2"	38.1	110.7	905.2	10.90%	10.90%	100.00%	Peso suelo lavado	0
1"	25.4	130.58	774.62	12.85%	23.75%	98.48%	% error	0.07%
3/4"	19	106.78	667.84	10.51%	34.26%	93.95%	RESUMEN GENERAL	
3/8"	9.5	199.89	467.95	19.68%	53.94%	79.45%	% Grueso	98.83%
Nº4	4.75	83.43	384.52	8.21%	62.15%	64.31%	% Finos	1.17%
Nº10	2	48.66	335.86	4.79%	66.94%	46.99%	Total	100.00%
Nº20	0.84	28.94	306.92	2.85%	69.79%	36.90%	Fraciones de Grava, Arena y Fino	
Nº40	0.425	28.25	278.67	2.78%	72.57%	31.85%	Grava, pasando 75 mm, retenida en Nº 4	62.15%
Nº60	0.26	43.3	235.37	4.26%	76.83%	29.28%	Arena, pasando la Nº4, retenida en la Nº200	36.68%
Nº140	0.106	156.54	78.83	15.41%	92.24%	25.68%	Arena Gruesa, pasando Nº4, renida en Nº10	4.79%
Nº200	0.075	66.98	11.85	6.59%	98.83%	24.39%	Arena media, pasando Nº10, retenida Nº40	5.63%
Cazuela		11.14		1.10%	99.93%		Arena fina, Pasando Nº40, retenida Nº200	26.26%
P suelo lavado		0		0.07%	100.00%		Limo y Arcillas	1.17%
Total retenida		1015.2		100.00%			Total	1.17%

D60	23.77	Coeficientes	
D30	0.9	Cu	77.87
D10	0.31	Cc	0.112





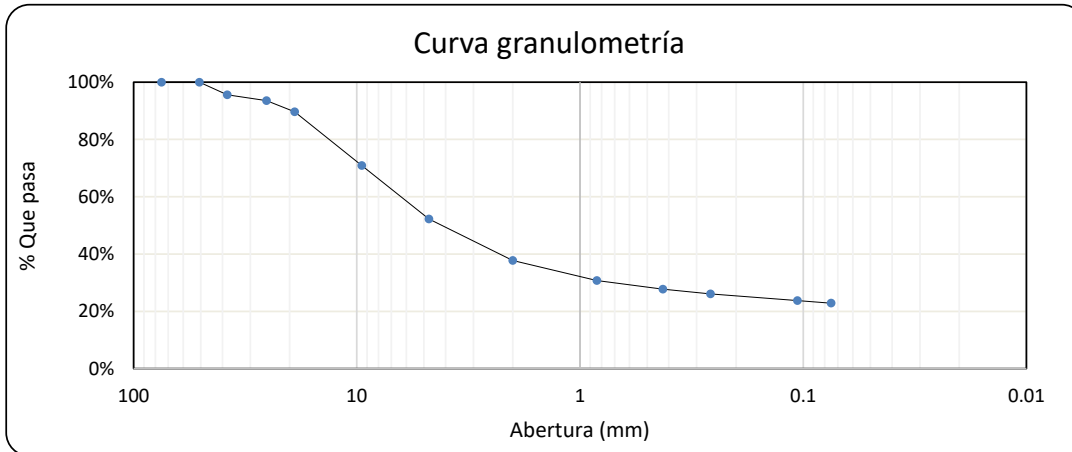
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO
400.012, ASTM D 422

NTP

Tesis ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO DE TALUDES EN LA CARRETERA DEL SECTOR PUGUIENTIMARI, ENTRE LA PROGRESIVA DEL KM 0+000 AL KM 7+000, EN EL DISTRITO DE KUMPIRUSHIATO, PROVINCIA LA CONVENCION, CUSCO.
 Solicitante Bach. Wilson Gregorio Lozano Quispe
 Ubicación Kumpirushiato-La convencion-Cusco
 Fecha Dic-24

Calicata : 05
 N° Estratos : 2
 Profundidad : 1.50 m

Clasificación	Tamiz	Abertura (mm)	Peso reten (g)	Peso q pasa (g)	Retenido (%)	Reteni acum (%)	Que pasa (%)	CÁLCULOS Y REPORTE			
Grava	Gruesa	3"	75	0.00	1318.98	0.00%	0.00%	100.0%	Peso suelo seco (g)	1701.29	
		2"	50.8	0.00	1318.98	0.00%	0.00%	100.0%	Peso suelo seco lavado (g)	1318.98	
		1½"	38.1	74.77	1244.21	4.39%	4.39%	95.6%	Peso suelo lavado (g)	382.31	
		1"	25.4	35.58	1208.63	2.09%	6.49%	93.5%	% error en peso	0.03%	
	Fina	¾"	19	65.70	1142.93	3.86%	10.35%	89.7%	RESUMEN GENERAL		
		½"	12.7	0.00	1142.93	0.00%	10.35%	89.7%	% Suelos Gruesos	77.16%	
		3/8"	9.5	319.34	823.59	18.77%	29.12%	70.9%	% Suelos Finos	22.84%	
		¼"	6.35	0.00	823.59	0.00%	29.12%	70.9%	Total	100.00%	
FRACCIONES DE GRAVA, ARENA Y FINOS											
Arena	Gruesa	N° 8	2.36	0.00	506.60	0.00%	47.75%	52.2%	Grava, pasando 75mm, retenida en N°4	47.75%	
		N° 10	2	246.54	260.06	14.49%	62.24%	37.8%	Arena, pasando la N°4, retenida en N°200	29.41%	
	Media	N° 20	0.84	118.66	141.40	6.97%	69.22%	30.8%	Arena gruesa, pasando N°4, reten N°10	14.49%	
		N° 40	0.425	52.37	89.03	3.08%	72.30%	27.7%	Arena media, pasando N°10, retenid N°40	10.05%	
	Fina	N° 60	0.260	26.85	62.18	1.58%	73.87%	26.1%	Arena fina, pasando N°40, reten N°200	4.86%	
		N° 140	0.106	40.83	21.35	2.40%	76.27%	23.7%	Limos y arcillas	22.84%	
	N° 200	0.075	15.08	6.27	0.89%	77.16%	22.8%	Total	100.0%		
Limos y Arcillas	Cazuela		5.93	...	0.35%	77.51%	100.0%	D60	4.40	Coeficientes	
	Peso suelo lavado		382.31	...	22.49%	100.0%	...	D30	1.08	Cu	13.33
Total retenida en lavado			1318.64	...	100.0%	D10	0.33	Cc	0.80



$$D_x = D_S - \frac{(\%PS - X)(D_S - D_I)}{(\%PS - \%PI)}$$

DX: Diametro incognita
 DS: Diametro de la malla superior
 DI: Diametro de la malla inferior
 PS: Porcentaje que pasa por la malla superior
 PI: Porcentaje que pasa por la malla inferior

	D60	D30	D10
DS	4.75	2	0.425
DI	2	0.84	0.26
PS	62.39	43.38	13.59
PI	43.38	26.49	7.15

D60	4.40	Coeficientes	
D30	1.08	Cu	13.23
D10	0.33	Cv	0.797



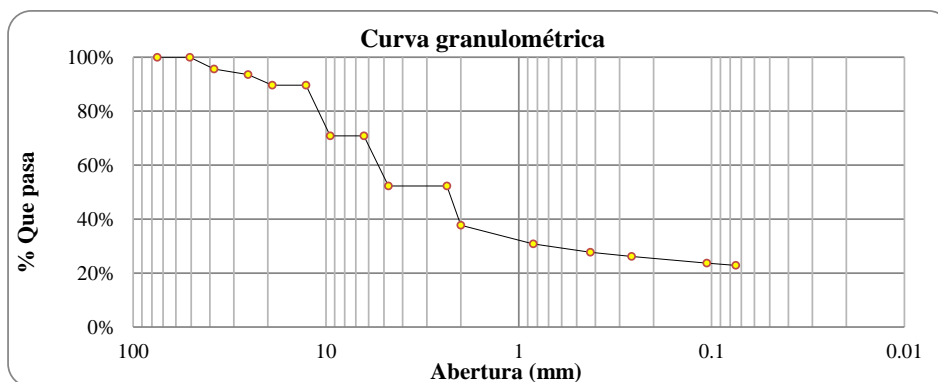
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO
NTP 400.012, ASTM D 422

Tesis ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO DE TALUDES EN LA CARRETERA DEL SECTOR PUGUIENTIMARI, ENTRE LA PROGRESIVA DEL KM 0+000 AL KM 7+000, EN EL DISTRITO DE KUMPIRUSHIATO, PROVINCIA LA CONVENCION, CUSCO.
 Solicitante Bach. Wilson Gregorio Lozano Quispe
 Ubicación Kumpirushiato-La convencion-Cusco
 Fecha Dic-24

Calicata : 05
 Muestra : 2
 Cantera : 1.50 m

Tamiz	Abertura	Peso retenido (g)	Peso que pasa (g)	Retenido (%)	Retenido acumulado (%)	Que pasa (%)	CÁLCULOS Y REPORTE	
3"	75	0	1701	0.00%	0.00%	100.00%	Peso suelo seco	1701.29
2"	50.8	0	1701	0.00%	0.00%	100.00%	P suelo seco lavado	1318.98
1 1/2"	38.1	74.77	1627	4.39%	4.39%	95.61%	Peso suelo lavado	382.31
1"	25.4	35.58	1591	2.09%	6.49%	93.51%	% error	0.03%
3/4"	19	65.7	1525	3.86%	10.35%	89.65%	RESUMEN GENERAL	
3/8"	9.5	319.34	1206	18.77%	29.12%	70.88%	% Grueso	77.16%
N°4	4.75	316.99	888.9	18.63%	47.75%	52.25%	% Finos	22.84%
N°10	2	246.54	642.4	14.49%	62.24%	37.76%	Total	100.00%
N°20	0.84	118.66	523.7	6.97%	69.22%	30.78%	Fraciones de Grava, Arena y Fino	
N°40	0.425	52.37	471.3	3.08%	72.30%	27.70%	Grava, pasando 75 mm, retenida en N° 4	47.75%
N°60	0.26	26.85	444.5	1.58%	73.87%	26.13%	Arena, pasando la N°4, retenida en la N°200	29.41%
N°140	0.106	40.83	403.7	2.40%	76.27%	23.73%	Arena Gruesa, pasando N°4, renida en N°10	14.49%
N°200	0.075	15.08	388.6	0.89%	77.16%	22.84%	Arena media, pasando N°10, retenida N°40	10.05%
Cazuela		5.93		0.35%	77.51%	100.00%	Arena fina, Pasando N°40, retenida N°200	4.86%
P suelo lavado		382.31		22.49%	100.00%		Limo y Arcillas	22.84%
Total retenida		1318.6		100.00%			Total	22.84%

	Coeficientes	
D60	23.77	
D30	0.9	Cu
D10	0.31	Cc





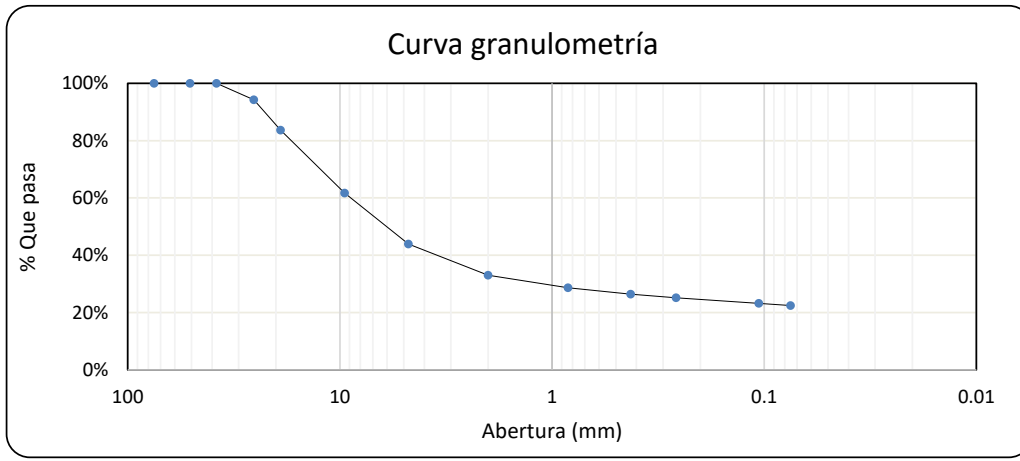
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO
400.012, ASTM D 422

NTP

Tesis ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO DE TALUDES EN LA CARRETERA DEL SECTOR PUGUENTIMARI, ENTRE LA PROGRESIVA DEL KM 0+000 AL KM 7+000, EN EL DISTRITO DE KUMPIRUSHIATO, PROVINCIA LA CONVENCION, CUSCO.
 Solicitante Bach. Wilson Gregorio Lozano Quispe
 Ubicación Kumpirushiato-La convencion-Cusco
 Fecha Dic-24

Calicata : C-06
 N° Estratos 2
 Profundidad 1.50

Clasificación	Tamiz	Abertura (mm)	Peso reten (g)	Peso q pasa (g)	Retenido (%)	Reteni acum (%)	Que pasa (%)	CÁLCULOS Y REPORTE			
Grava	Gruesa	3"	75	0.00	1211.32	0.00%	0.00%	100.0%	Peso suelo seco (g)	1555.77	
		2"	50.8	0.00	1211.32	0.00%	0.00%	100.0%	Peso suelo seco lavado (g)	1211.32	
		1½"	38.1	0.00	1211.32	0.00%	0.00%	100.0%	Peso suelo lavado (g)	344.45	
		1"	25.4	89.43	1121.89	5.75%	5.75%	94.3%	% error en peso	0.01%	
	Fina	¾"	19	165.18	956.71	10.62%	16.37%	83.6%	RESUMEN GENERAL		
		½"	12.7		956.71	0.00%	16.37%	83.6%	% Suelos Gruesos	77.53%	
		3/8"	9.5	341.68	615.03	21.96%	38.33%	61.7%	% Suelos Finos	22.47%	
		¼"	6.35		615.03	0.00%	38.33%	61.7%	Total	100.00%	
FRACCIONES DE GRAVA, ARENA Y FINOS											
Arena	Gruesa	N° 8	2.36		339.17	0.00%	56.06%	43.9%	Grava, pasando 75mm, retenida en N°4	56.06%	
		N° 10	2	170.26	168.91	10.94%	67.00%	33.0%	Arena, pasando la N°4, retenida en N°200	21.47%	
	Media	N° 20	0.84	67.5	101.41	4.34%	71.34%	28.7%	Arena gruesa, pasando N°4, retenid N°10	10.94%	
		N° 40	0.425	34.32	67.09	2.21%	73.55%	26.5%	Arena media, pasando N°10, retenid N°40	6.54%	
	Fina	N° 60	0.260	19.28	47.81	1.24%	74.79%	25.2%	Arena fina, pasando N°40, reten N°200	3.99%	
		N° 140	0.106	31.02	16.79	1.99%	76.78%	23.2%	Limos y arcillas	22.47%	
	N° 200	0.075	11.7	5.09	0.75%	77.53%	22.5%	Total	100.0%		
Limos y Arcillas	Cazuela		5	...	0.32%	77.85%	100.0%	D60	4.40	Coeficientes	
	Peso suelo lavado		344.45	...	22.15%	100.0%	...	D30	1.08	Cu	13.33
Total retenida en lavado			1211.23	...	100.0%	D10	0.33	Cc	0.80



$$D_x = D_S - \frac{(\%PS - X)(D_S - D_I)}{(\%PS - \%PI)}$$

DX: Diametro incognita
 DS: Diametro de la malla superior
 DI: Diametro de la malla inferior
 PS: Porcentaje que pasa por la malla superior
 PI: Porcentaje que pasa por la malla inferior

	D60	D30	D10
DS	4.75	2	0.425
DI	2	0.84	0.26
PS	62.39	43.38	13.59
PI	43.38	26.49	7.15

D60	4.40	Coeficientes	
D30	1.08	Cu	13.23
D10	0.33	Cv	0.797



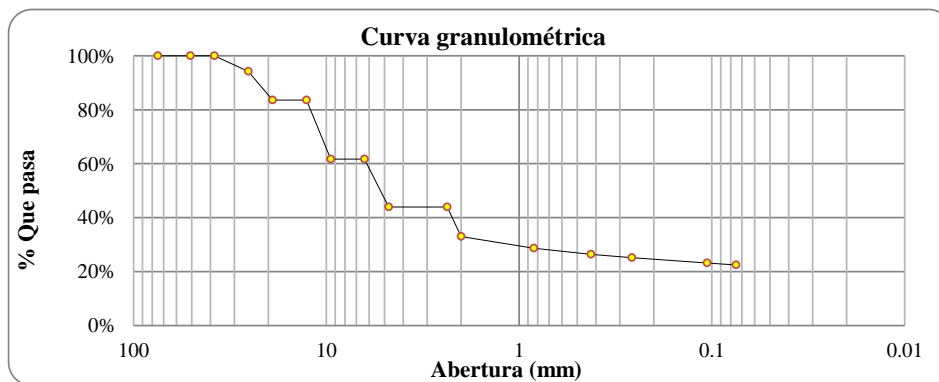
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO
NTP 400.012, ASTM D 422

Tesis ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO DE TALUDES EN LA CARRETERA DEL SECTOR PUGUIENTIMARI, ENTRE LA PROGRESIVA DEL KM 0+000 AL KM 7+000, EN EL DISTRITO DE KUMPIRUSHIATO, PROVINCIA LA CONVENCION, CUSCO.
 Solicitante Bach. Wilson Gregorio Lozano Quispe
 Ubicación Kumpirushiato-La convencion-Cusco
 Fecha Dic-24

Calicata : C-06
 N° Estratos 2
 Profundidad 1.50

Tamiz	Abertura	Peso retenido (g)	Peso que pasa (g)	Retenido (%)	Retenido acumulado (%)	Que pasa (%)	CÁLCULOS Y REPORTE	
3"	75	0	1556	0.00%	0.00%	100.0%	Peso suelo seco	1555.77
2"	50.8	0	1556	0.00%	0.00%	100.0%	P suelo seco lavado	1211.32
1 1/2"	38.1	0	1556	0.00%	0.00%	100.0%	Peso suelo lavado	344.45
1"	25.4	89.43	1466	5.75%	5.75%	94.3%	% error	0.01%
3/4"	19	165.18	1301	10.62%	16.37%	83.6%	RESUMEN GENERAL	
3/8"	9.5	341.68	959.5	21.96%	38.33%	61.7%	% Grueso	77.53%
N°4	4.75	275.86	683.6	17.73%	56.06%	43.9%	% Finos	22.47%
N°10	2	170.26	513.4	10.94%	67.00%	33.0%	Total	100.00%
N°20	0.84	67.5	445.9	4.34%	71.34%	28.7%	Fracciones de Grava, Arena y Fino	
N°40	0.425	34.32	411.5	2.21%	73.55%	26.5%	Grava, pasando 75 mm, retenida en N° 4	56.06%
N°60	0.26	19.28	392.3	1.24%	74.79%	25.2%	Arena, pasando la N°4, retenida en la N°200	21.47%
N°140	0.106	31.02	361.2	1.99%	76.78%	23.2%	Arena Gruesa, pasando N°4, renida en N°10	10.94%
N°200	0.075	11.7	349.5	0.75%	77.53%	22.5%	Arena media, pasando N°10, retenida N°40	6.54%
Cazuela		5		0.32%	77.85%	100.0%	Arena fina, Pasando N°40, retenida N°200	3.99%
P suelo lavado		344.45		22.15%	100.00%		Limo y Arcillas	22.47%
Total retenida		1211.23		100.00%			Total	22.47%

D60	23.77	Coeficientes	
D30	0.9	Cu	77.87
D10	0.31	Cc	0.112





DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD EN SUELOS
NTP 339.217 - ASTM D 2216.

Proyecto: ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO DE TALUDES EN LA CARRETERA DEL SECTOR PUGUENTIMARI, ENTRE LA PROGRESIVA DEL KM 0+000 AL KM 7+000, EN EL DISTRITO DE KUMPIRUSHIATO, PROVINCIA LA CONVENCION, CUSCO.

Solicitante: Bach. Wilson Gregorio Lozano Quispe

Ubicación: Cusco

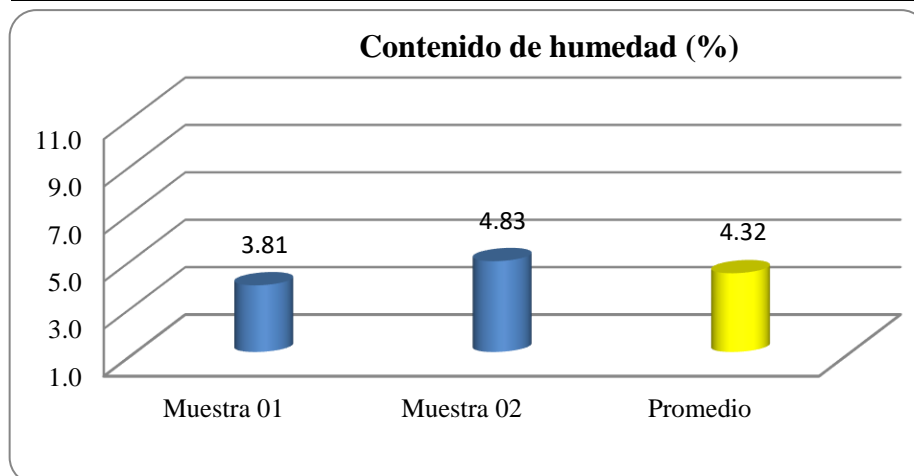
Fecha: Nov-24

Calicata/Estac C-01

Nº Estratos :1

Profundidad : 1.50 m

		C-01	
		Muestra 01	Muestra 02
Descripción	Unid	IG-20	1G-60
Peso tara	gr	19.28	19.1
Peso tara + muestra húmeda	gr	82.98	76.15
Peso tara + muestra seca	gr	80.64	73.52
Peso de la muestra húmeda	gr	63.70	57.05
Peso de la muestra seca	gr	61.36	54.42
Peso del agua	gr	2.34	2.63
Contenido de humedad	%	3.81	4.83
Promedio	%	4.32	





**DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD EN SUELOS
NTP 339.217 - ASTM D 2216.**

Proyecto: ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO DE TALUDES EN LA CARRETERA DEL SECTOR PUGUIENTIMARI, ENTRE LA PROGRESIVA DEL KM 0+000 AL KM 7+000, EN EL DISTRITO DE KUMPIRUSHIATO, PROVINCIA LA CONVENCION, CUSCO.

Solicitante: Bach. Wilson Gregorio Lozano Quispe

Ubicación: Kumpirushiato-La convencion-Cusco

Fecha: Dic-24

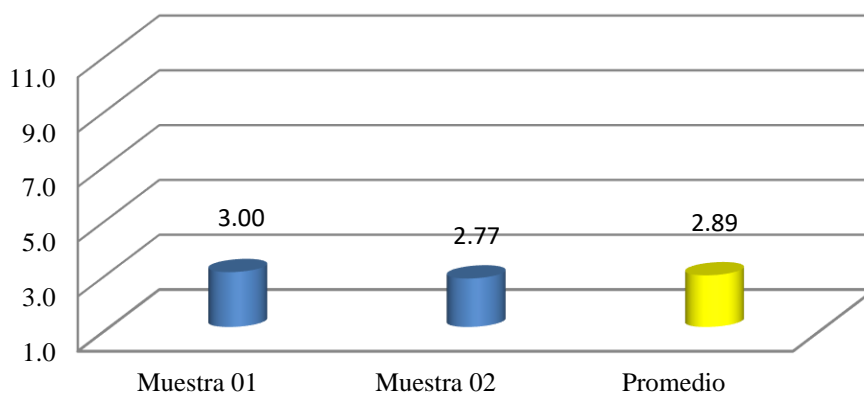
Calicata C-02

Nº Estratos : 2

Profundidad : 1.50 m

		C-02	
		Muestra 01	Muestra 02
Descripción	Unid	IG-18	1G-19
Peso tara	gr	19.2	19.17
Peso tara + muestra húmeda	gr	87.81	90.78
Peso tara + muestra seca	gr	85.81	88.85
Peso de la muestra húmeda	gr	68.61	71.61
Peso de la muestra seca	gr	66.61	69.68
Peso del agua	gr	2.00	1.93
Contenido de humedad	%	3.00	2.77
Promedio	%	2.89	

Contenido de humedad (%)



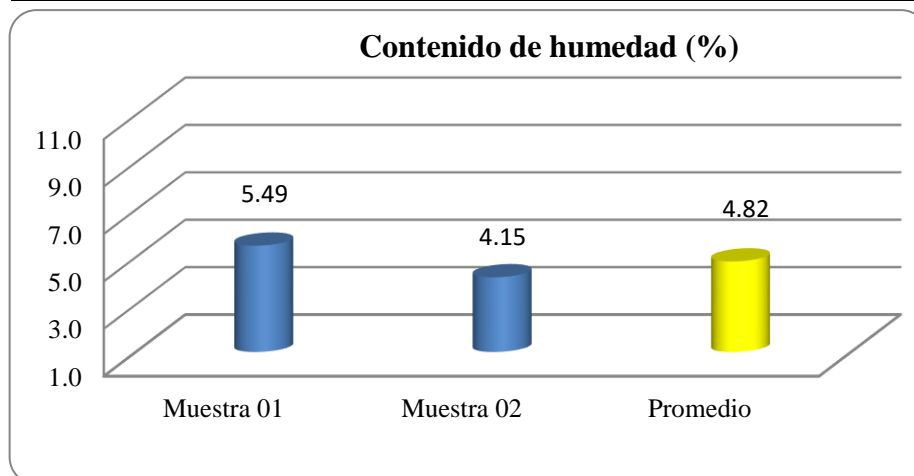


DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD EN SUELOS
NTP 339.217 - ASTM D 2216.

Proyecto: ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO DE TALUDES EN LA CARRETERA DEL SECTOR PUGUENTIMARI, ENTRE LA PROGRESIVA DEL KM 0+000 AL KM 7+000, EN EL DISTRITO DE KUMPIRUSHIATO, PROVINCIA LA CONVENCION, CUSCO.
Solicitante: Bach. Wilson Gregorio Lozano Quispe
Ubicación: Kumpirushiato-La convencion-Cusco
Fecha: Dic-24

Calicata : P-03
N° Estratos : 2
Profundidad : 1.50 m

		C-03	
		Muestra 01	Muestra 02
Descripción	Unid	IG-102	1G-103
Peso tara	gr	11.02	11.28
Peso tara + muestra húmeda	gr	56.21	59.18
Peso tara + muestra seca	gr	53.86	57.27
Peso de la muestra húmeda	gr	45.19	47.90
Peso de la muestra seca	gr	42.84	45.99
Peso del agua	gr	2.35	1.91
Contenido de humedad	%	5.49	4.15
Promedio	%	4.82	





DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD EN SUELOS
NTP 339.217 - ASTM D 2216.

Proyecto: ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO DE TALUDES EN LA CARRETERA DEL SECTOR PUGUIENTIMARI, ENTRE LA PROGRESIVA DEL KM 0+000 AL KM 7+000, EN EL DISTRITO DE KUMPIRUSHIATO, PROVINCIA LA CONVENCION, CUSCO.

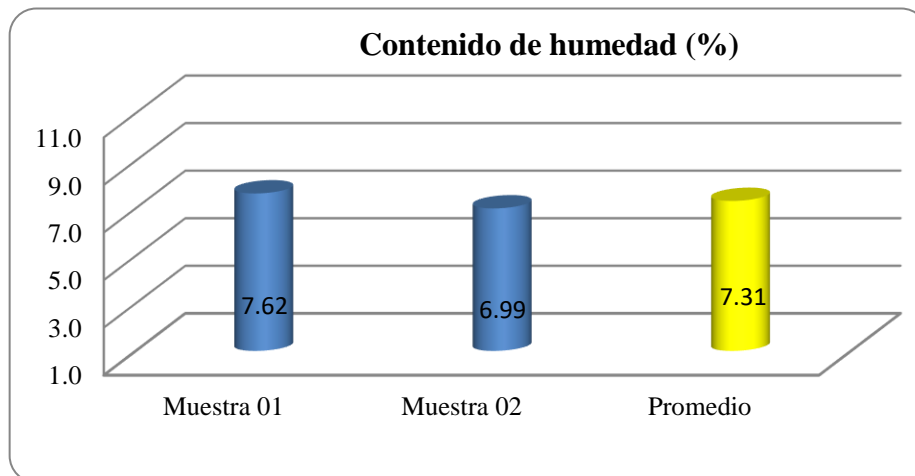
Solicitante: Bach. Wilson Gregorio Lozano Quispe

Ubicación: Kumpirushiato-La convencion-Cusco

Fecha: Dic-24

Calicata : 05
 N° Estratos : 2
 Profundidad : 1.50 m

		C-05	
		Muestra 01	Muestra 02
Descripción	Unid	IG-12	1G-16
Peso tara	gr	19.24	19.4
Peso tara + muestra húmeda	gr	87.71	72.18
Peso tara + muestra seca	gr	82.86	68.73
Peso de la muestra húmeda	gr	68.47	52.78
Peso de la muestra seca	gr	63.62	49.33
Peso del agua	gr	4.85	3.45
Contenido de humedad	%	7.62	6.99
Promedio	%	7.31	





**DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD EN SUELOS
NTP 339.217 - ASTM D 2216.**

Proyecto: ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO DE TALUDES EN LA CARRETERA DEL SECTOR PUGUIENTIMARI, ENTRE LA PROGRESIVA DEL KM 0+000 AL KM 7+000, EN EL DISTRITO DE KUMPIRUSHIATO, PROVINCIA LA CONVENCION, CUSCO.

Solicitante: Bach. Wilson Gregorio Lozano Quispe

Ubicación: Kumpirushiato-La convencion-Cusco

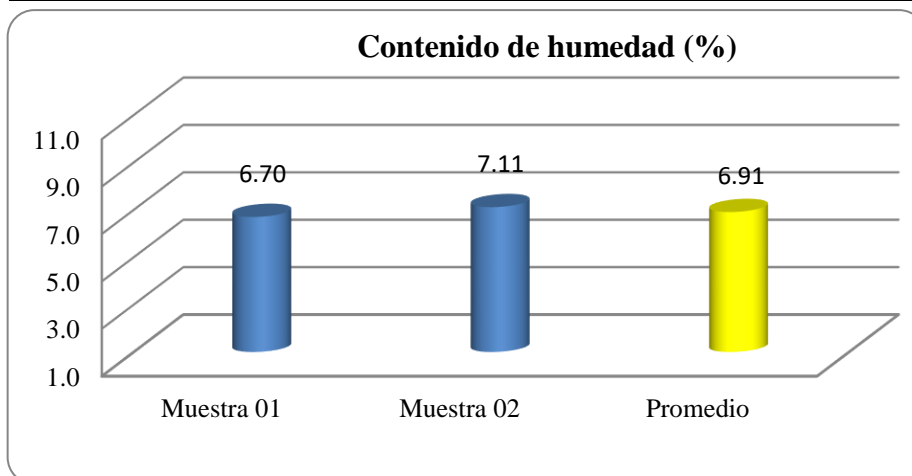
Fecha: Dic-24

Calicata : C-06

Nº Estratos 2

Profundidad : 1.50 m

		C-06	
		Muestra 01	Muestra 02
Descripción	Unid	IG-07	1G-10
Peso tara	gr	19.12	19.3
Peso tara + muestra húmeda	gr	80.75	83.9
Peso tara + muestra seca	gr	76.88	79.61
Peso de la muestra húmeda	gr	61.63	64.60
Peso de la muestra seca	gr	57.76	60.31
Peso del agua	gr	3.87	4.29
Contenido de humedad	%	6.70	7.11
Promedio	%	6.91	





DETERMINACIÓN DE LOS LÍMITES DE CONSISTENCIA EN SUELOS
NTP 339.129, ASTM D 4318

Tesis ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO DE TALUDES EN LA CARRETERA DEL SECTOR PUGUIENTIMARI, ENTRE LA PROGRESIVA DEL KM 0+000 AL KM 7+000, EN EL DISTRITO DE KUMPIRUSHIATO, PROVINCIA LA CONVENCION, CUSCO.

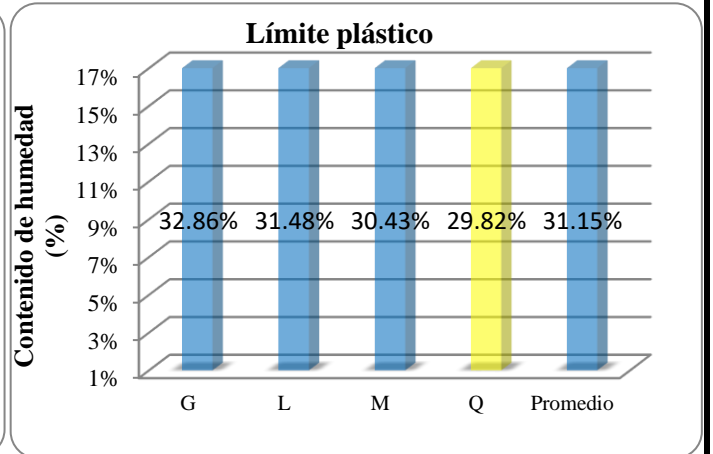
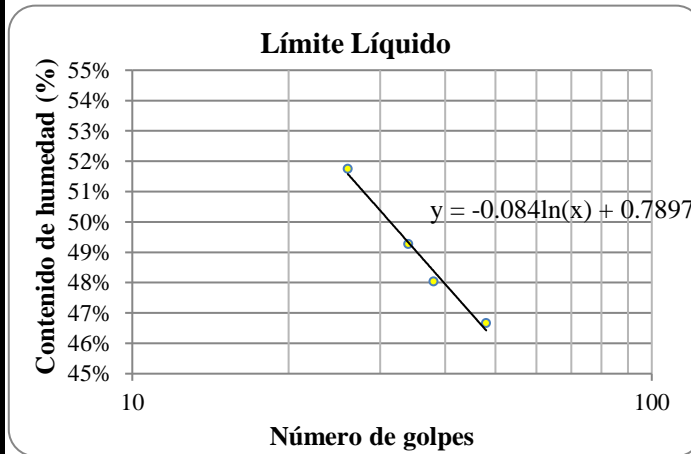
Solicitante Bach. Wilson Gregorio Lozano Quispe

Ubicación Cusco

Fecha Nov-24

Estacion C-01

Descripción	Unidad	LÍMITE LÍQUIDO				LÍMITE PLÁSTICO			
		IG-07	IG-12	IG-15	IG31	G	L	M	Q
Peso cápsula	g	19.13	19.26	19.23	11.25	8.55	8.57	8.59	8.48
Peso cápsula + muestra húmeda	g	23.75	24.16	24.32	16.47	12.27	12.58	11.89	12.92
Peso cápsula + muestra seca	g	22.28	22.57	22.64	14.69	11.35	11.62	11.12	11.90
Peso de muestra húmeda	g	4.62	4.90	5.09	5.22	3.72	4.01	3.30	4.44
Peso de muestra seca	g	3.15	3.31	3.41	3.44	2.80	3.05	2.53	3.42
Peso del agua	g	1.47	1.59	1.68	1.78	0.92	0.96	0.77	1.02
Contenido de humedad		46.67%	48.04%	49.27%	51.74%	32.86%	31.48%	30.43%	29.82%
Número de golpes		48	38	34	26	Promedio			31.15%



Límite Líquido (%)	51.60%	Índice de Plasticidad (%)	IP
Límite Plástico (%)	31.15%		20.45%

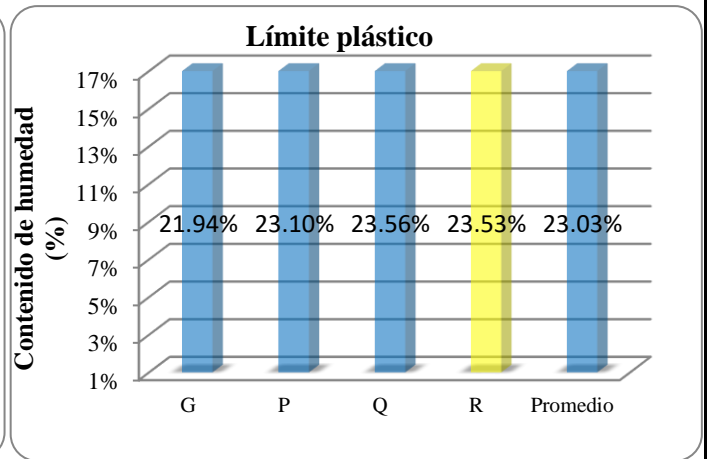
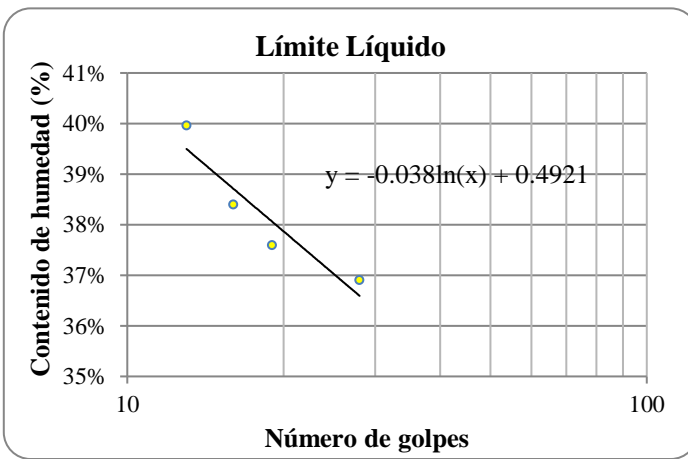


DETERMINACIÓN DE LOS LÍMITES DE CONSISTENCIA EN SUELOS
NTP 339.129, ASTM D 4318

Tesis	ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO DE TALUDES EN LA CARRETERA DEL SECTOR PUGUIENTIMARI, ENTRE LA PROGRESIVA DEL KM 0+000 AL KM 7+000, EN EL DISTRITO DE KUMPIRUSHIATO, PROVINCIA LA CONVENCION, CUSCO.
Solicitante	Bach. Wilson Gregorio Lozano Quispe
Ubicación	Kumpirushiato-La convencion-Cusco
Fecha	Dic-24

Código : 02

Descripción	Unidad	LÍMITE LÍQUIDO				LÍMITE PLÁSTICO			
		IG-07	IG-12	IG-15	IG-31	G	P	Q	R
Peso cápsula	g	19.13	19.25	19.23	11.26	8.55	8.52	8.50	8.53
Peso cápsula + muestra húmeda	g	25.77	26.46	26.15	18.30	13.33	13.37	12.80	12.94
Peso cápsula + muestra seca	g	23.98	24.49	24.23	16.29	12.47	12.46	11.98	12.10
Peso de muestra húmeda	g	6.64	7.21	6.92	7.04	4.78	4.85	4.30	4.41
Peso de muestra seca	g	4.85	5.24	5.00	5.03	3.92	3.94	3.48	3.57
Peso del agua	g	1.79	1.97	1.92	2.01	0.86	0.91	0.82	0.84
Contenido de humedad		36.91%	37.60%	38.40%	39.96%	21.94%	23.10%	23.56%	23.53%
Número de golpes		28	19	16	13	Promedio			23.03%



Límite Líquido (%)	37.13%	Índice de Plasticidad	IP
Límite Plástico (%)	23.03%	(%)	14.10%



DETERMINACIÓN DE LOS LÍMITES DE CONSISTENCIA EN SUELOS
NTP 339.129, ASTM D 4318

Tesis ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO DE TALUDES EN LA CARRETERA DEL SECTOR PUGUENTIMARI, ENTRE LA PROGRESIVA DEL KM 0+000 AL KM 7+000, EN EL DISTRITO DE KUMPIRUSHIATO, PROVINCIA LA CONVENCION, CUSCO.

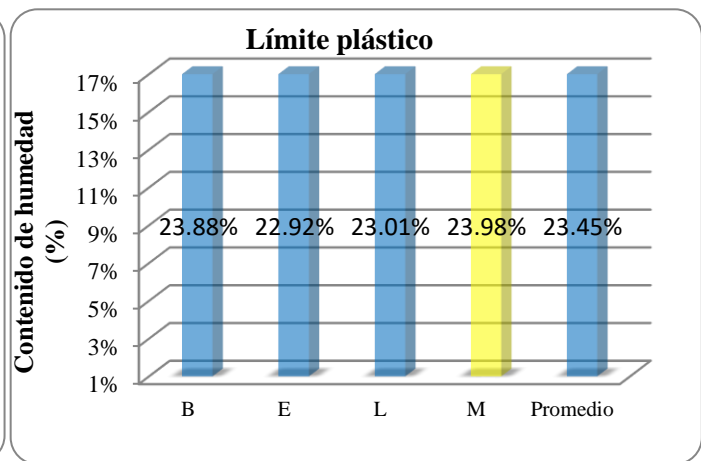
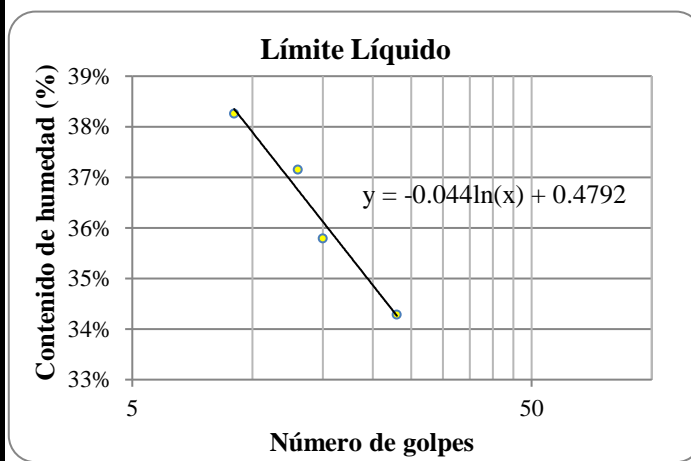
Solicitante Bach. Wilson Gregorio Lozano Quispe

Ubicación Kumpirushiato-La convencion-Cusco

Fecha Dic-24

Código :03

Descripción	Unidad	LÍMITE LÍQUIDO				LÍMITE PLÁSTICO			
		IG-33	IG-101	IG-102	IG-105	B	E	L	M
Peso cápsula	g	11.20	11.21	11.04	11.16	8.44	8.51	8.54	8.59
Peso cápsula + muestra húmeda	g	18.72	18.76	17.87	18.46	11.76	11.62	11.48	13.45
Peso cápsula + muestra seca	g	16.80	16.77	16.02	16.44	11.12	11.04	10.93	12.51
Peso de muestra húmeda	g	7.52	7.55	6.83	7.30	3.32	3.11	2.94	4.86
Peso de muestra seca	g	5.60	5.56	4.98	5.28	2.68	2.53	2.39	3.92
Peso del agua	g	1.92	1.99	1.85	2.02	0.64	0.58	0.55	0.94
Contenido de humedad		34.29%	35.79%	37.15%	38.26%	23.88%	22.92%	23.01%	23.98%
Número de golpes		23	15	13	9	Promedio			23.45%



Límite Líquido (%)	33.59%	Índice de Plasticidad (%)	IP
Límite Plástico (%)	23.45%		

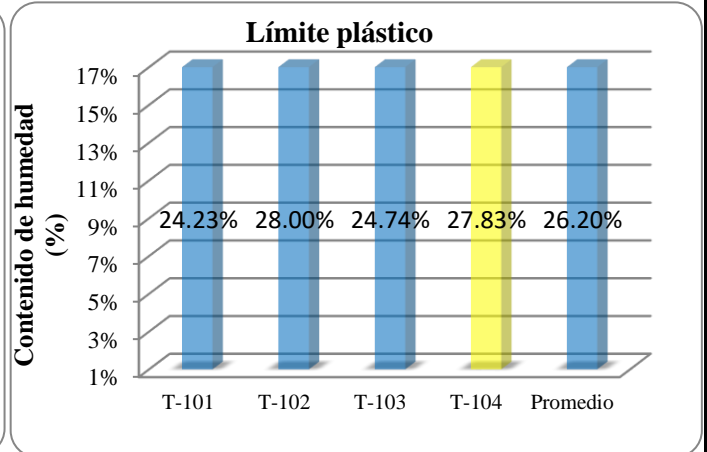
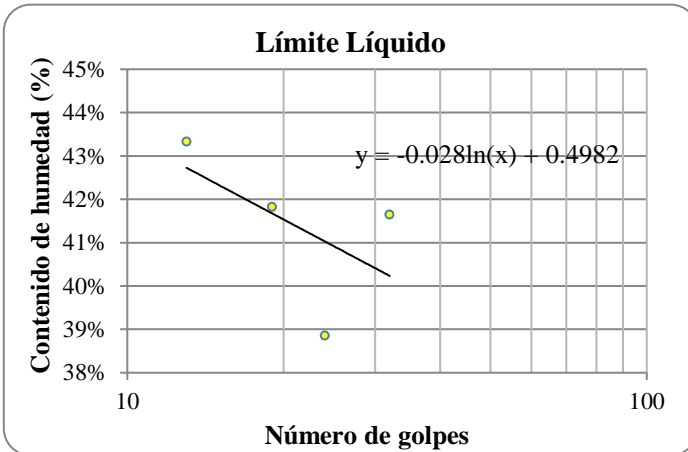


DETERMINACIÓN DE LOS LÍMITES DE CONSISTENCIA EN SUELOS
NTP 339.129, ASTM D 4318

Tesis ESTUDIO GEOLÓGICO Y GEOTECNICO DE TALUDES EN LA CARRETERA DEL SECTOR PUGUIENTIMARI, ENTRE LA PROGRESIVA DEL KM 0+000 AL KM 7+000, EN EL DISTRITO DE KUMPIRUSHIATO, PROVINCIA LA CONVENCION, CUSCO.
 Solicitante : Bach. Wilson Gregorio Lozano Quispe
 Ubicación : Kumpirushiato-La Convencion-Cusco
 Fecha : Diciembre-2024

Código : 05

Descripción	Unidad	LÍMITE LÍQUIDO				LÍMITE PLÁSTICO			
		IG-31	IG-32	IG-33	IG-34	T-101	T-102	T-103	T-104
Peso cápsula	g	11.19	11.01	11.04	11.15	8.51	8.39	8.50	8.53
Peso cápsula + muestra húmeda	g	17.72	18.55	17.11	17.60	10.92	10.31	10.87	11.47
Peso cápsula + muestra seca	g	15.80	16.44	15.32	15.65	10.45	9.89	10.40	10.83
Peso de muestra húmeda	g	6.53	7.54	6.07	6.45	2.41	1.92	2.37	2.94
Peso de muestra seca	g	4.61	5.43	4.28	4.50	1.94	1.50	1.90	2.30
Peso del agua	g	1.92	2.11	1.79	1.95	0.47	0.42	0.47	0.64
Contenido de humedad		41.65%	38.86%	41.82%	43.33%	24.23%	28.00%	24.74%	27.83%
Número de golpes		32	24	19	13	Promedio			26.20%



Límite Líquido (%)	41.06%	Índice de Plasticidad (%)	IP
Límite Plástico (%)	26.20%		14.86%

28.00%

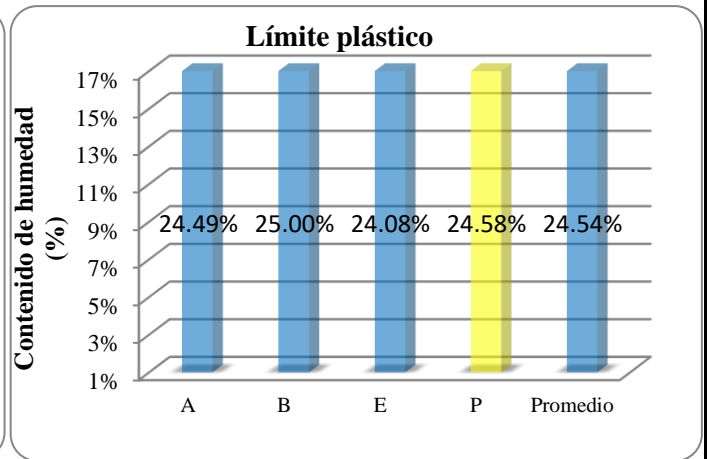
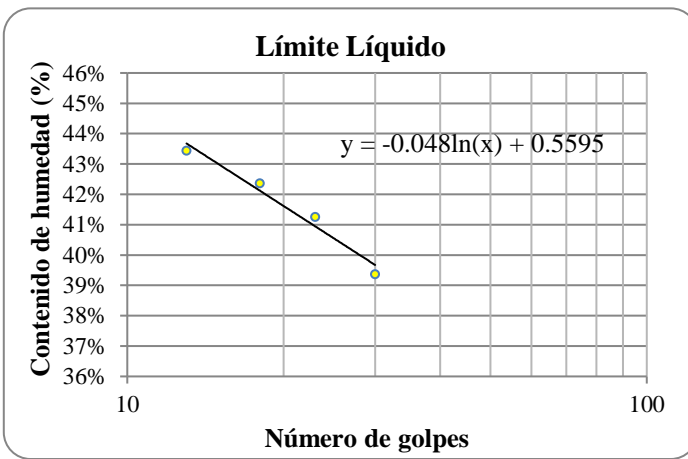


DETERMINACIÓN DE LOS LÍMITES DE CONSISTENCIA EN SUELOS
NTP 339.129, ASTM D 4318

Tesis	ESTUDIO GEOLÓGICO Y GEOTÉCNICO DE TALUDES EN LA CARRETERA DEL SECTOR PUGUIENTIMARI, ENTRE LA PROGRESIVA DEL KM 0+000 AL KM 7+000, EN EL DISTRITO DE KUMPIRUSHIATO, PROVINCIA LA CONVENCION, CUSCO.
Solicitante	Bach. Wilson Gregorio Lozano Quispe
Ubicación	Kumpirushiato-La convencion-Cusco
Fecha	Dic-24

Código : C-06

Descripción	Unidad	LÍMITE LÍQUIDO				LÍMITE PLÁSTICO			
		IG-33	IG-101	IG-102	IG-105	A	B	E	P
Peso cápsula	g	11.20	11.22	11.03	11.15	8.51	8.43	8.51	8.51
Peso cápsula + muestra húmeda	g	17.82	18.65	17.18	17.59	10.95	10.33	10.88	11.45
Peso cápsula + muestra seca	g	15.95	16.48	15.35	15.64	10.47	9.95	10.42	10.87
Peso de muestra húmeda	g	6.62	7.43	6.15	6.44	2.44	1.90	2.37	2.94
Peso de muestra seca	g	4.75	5.26	4.32	4.49	1.96	1.52	1.91	2.36
Peso del agua	g	1.87	2.17	1.83	1.95	0.48	0.38	0.46	0.58
Contenido de humedad		39.37%	41.25%	42.36%	43.43%	24.49%	25.00%	24.08%	24.58%
Número de golpes		30	23	18	13	Promedio			24.54%



Límite Líquido (%)	40.63%	Índice de Plasticidad	IP
Límite Plástico (%)	24.54%	(%)	16.09%



Tesis	ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO DE TALUDES EN LA CARRETERA DEL SECTOR PUGUIENTIMARI, ENTRE LA PROGRESIVA DEL KM 0+000 AL KM 7+000, EN EL DISTRITO DE KUMPIRUSHIATO, PROVINCIA LA CONVENCION, CUSCO.
Solicitante	Bach. Wilson Gregorio Lozano Quispe
Ubicación	Cusco
Fecha	Nov-24

Calicata/Estacion	C-01
Nº Estratos	: 2
Profundidad	: 1.50m

SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS (SUCS) ASTM D 2487

DATOS PARA CLASIFICACION	
De Granulometría	
% de gruesos	88.67%
% de finos	11.33%
Total	100.00%
% de grava	58.05%
% de arena	30.62%
Total	88.67%
FRACCIÓN GRUESA	
% GRAVA	65.47%
% ARENA	34.53%
Total	100.00%
Coefficientes	
Cu	13.33
Cc	0.80
De Límites de Consistencia	
LL	51.60%
LP	31.15%
IP	20.45%
Otros Datos	
Tipo	Inorgánico

CRITERIOS PARA LA ASIGNACION DE SIMBOLOS DEGRUPO Y NOMBRE DE GRUPO CON EL USO DE ENSAYOS DE LABORATORIO		SIMBOLO	NOMBRE DE GRUPO	
SUELOS DE PARTICULAS GRUESAS Mas del 50% es retenido en la malla N° 200	GRAVAS Más del 50% de la fracción gruesa es retenida en la malla N° 4	GRAVAS LIMPIAS Menos del 5% pasa la malla N° 200	$Cu \geq 4$ y $1 \leq Cc \leq 3$ GW Grava bien gradada	
		GRAVAS CON FINOS Más del 12% pasa la malla N° 200	$Cu < 4$ ó $1 > Cc > 3$ GP Grava mal gradada	
			$IP < 4$ abajo de la línea "A" en la carta de plasticidad GM Grava limosa	
		GRAVAS LIMPIAS Y CON FINOS Entre el 5 y 12% pasa malla N°200	$IP > 7$ y arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad GC Grava arcillosa	
			$4 \leq IP \leq 7$ y arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad GC-GM Grava limosa arcillosa	
	Cumple los criterios para GW y GM GW-GM Grava bien gradada con limo			
	SUELOS DE PARTICULAS FINAS El 50% o más pasa la malla N° 200	ARENAS El 50% o mas de la fracción gruesa pasa la malla N° 4	ARENAS LIMPIAS Menos del 5% pasa la malla N° 200	Cumple los criterios para GW y GC o para GW y GC - GM GW-GC Grava bien gradada con arcilla
			ARENAS CON FINOS Más del 12% pasa la malla N° 200	Cumple los criterios para GP y GM GP-GM Grava mal gradada con limo
				$Cu \geq 6$ y $1 \leq Cc \leq 3$ SW Arena bien gradada
			ARENAS LIMPIAS Y CON FINOS Entre el 5 y 12% pasa malla N°200	$Cu < 6$ ó $1 > Cc > 3$ SP Arena mal gradada
$IP < 4$ abajo de la línea "A" en la carta de plasticidad SM Arena limosa				
$IP > 7$ y arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad SC Arena arcillosa				
LIMOS Y ARCILLAS Límite líquido menor que 50%		Inorgánicos	$4 \leq IP \leq 7$ y arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad SC-SM Arena limosa arcillosa	
			Cumple los criterios para SW y SM SW-SM Arena bien gradada con limo	
		Orgánicos	Cumple los criterios para SW y SC o para SW y SC - SM SW-SC Arena bien gradada con arcilla	
			Cumple los criterios para SP y SM SP-SM Arena mal gradada con limo	
	Cumple los criterios para SP y SC o para SP y SC - SM SP-SC Arena mal gradada con arcilla			
LIMOS Y ARCILLAS Límite líquido 50% o mayor	Inorgánicos	$IP < 4$ abajo de la línea "A" en la carta de plasticidad ML Limo de baja plasticidad		
		$IP > 7$ y arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad CL Arcilla de baja plasticidad		
	Orgánicos	$4 \leq IP \leq 7$ y arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad CL-ML Arcilla limosa		
		Se grafica en la carta de plasticidad abajo de la línea "A" MH Limo de alta plasticidad		
SUELOS ALTAMENTE ORGÁNICOS		Se grafica en la carta de plasticidad arriba de la línea "A" CH Arcilla de alta plasticidad		
		Principalmente materia orgánica de color oscuro OH Limo orgánico Arcilla orgánica		
		Pt Turba		

CLASIFICACIÓN SUCS

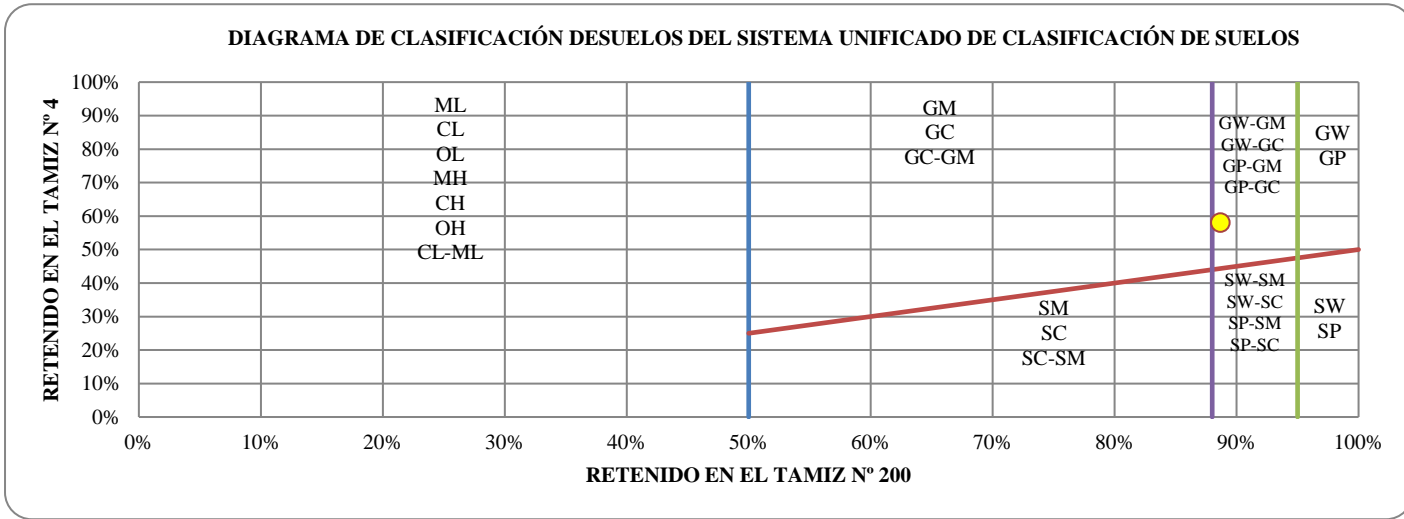
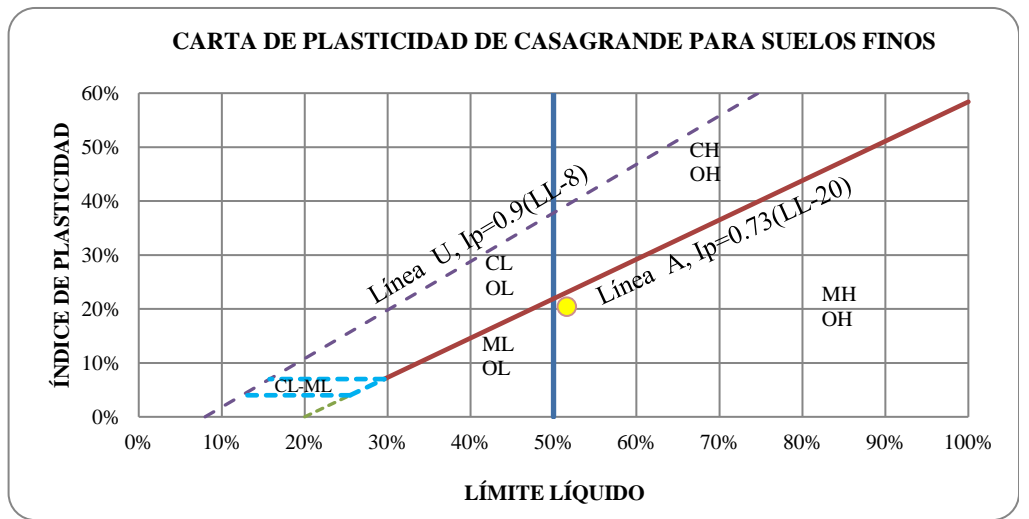
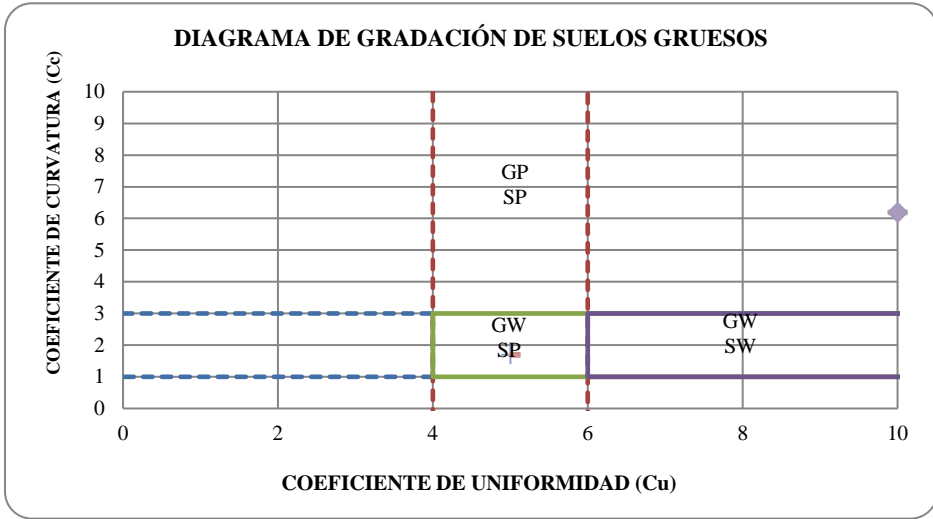
GW-GC (GRAVA BIEN GRADA CON ARCILLA Y ALTA PLASTICIDAD)



Tesis ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO DE TALUDES EN LA CARRETERA DEL SECTOR PUGUIENTIMARI, ENTRE LA PROGRESIVA DEL KM 0+000 AL KM 7+000, EN EL DISTRITO DE KUMPIRUSHIATO, PROVINCIA LA CONVENCION, CUSCO.

Solicitante : Ing. Valentin Huallparimachi
 Ubicación : Distrito de kumpirushiato-La convencion- Cusco
 Fecha : Diciembre del 2024

Calicata C-01
 N° Estratos 1
 Profundidad : 1.50 m



Carta de plasticidad de Casagrande				
Línea plásticas-No plásticas				
50%	0%			
50%	60%			
Línea A		Frontera Ip=4		
20%		0.00%	25.48%	4%
25.48%		4.00%	12.44%	4%
29.59%		7.00%	Frontera Ip=7	
100%		58.40%	29.59%	7%
			15.78%	7%
Línea U		Punto de Plasticidad		
8.00%		0.00%	Límite Líquido	IP
75.00%		60.30%	51.60%	20.45%

DIAGRAMA DE GRADACIÓN DE SUELOS GRUESOS				DIAGRAMA DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS			
Línea auxiliar horizontal		Línea auxiliar vertical		LINEA GRUESOS-FINOS		LINEA GRAVAS O ARENAS LIMPIAS	
0	3	4	10				
4	3	4	-1	50%	0%	95%	0%
4	1	6	-1	50%	100%	95%	100%
0	1	6	10				
LINEA DE GRAVAS		LINEA DE ARENAS		LINEA GRAVA-ARENA		LINEA GRAVAS CON FINOS	
20	3	20	3	50%	25%	88%	0%
4	3	6	3	100%	50%	88%	100%
4	1	6	1				
20	1	20	1				
ETIQUETAS		PUNTO DE GRADACIÓN					
13	1.7	13.33	0.80				
5	1.7						
10	6.2						
MAXIMO HORIZONTAL 10		MAXIMO VERTICAL 10					



Tesis	ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO DE TALUDES EN LA CARRETERA DEL SECTOR PUGUENTIMARI, ENTRE LA PROGRESIVA DEL KM 0+000 AL KM 7+000, EN EL DISTRITO DE KUMPIRUSHIATO, PROVINCIA LA CONVENCION , CUSCO.
Solicitante	Bach. Wilson Gregorio Lozano Quispe
Ubicación	Kumpirushiato-La convencion-Cusco
Fecha	Dic-24

Calicata	C-02
Nº Estratos	1
Profundidad	: 1.50m

SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS (SUCS) ASTM D 2487

DATOS PARA CLASIFICACION	
De Granulometría	
% de gruesos	76.44%
% de finos	23.56%
Total	100.00%
% de grava	51.09%
% de arena	25.35%
Total	76.44%
FRACCIÓN GRUESA	
% GRAVA	66.84%
% ARENA	33.16%
Total	100.00%
Coefficientes	
Cu	13.33
Cc	0.80
De Límites de Consistencia	
LL	37.13%
LP	23.03%
IP	14.10%
Otros Datos	
Tipo	Inorgánico

CRITERIOS PARA LA ASIGNACION DE SIMBOLOS DEGRUPO Y NOMBRE DE GRUPO CON EL USO DE ENSAYOS DE LABORATORIO			SIMBOLO	NOMBRE DE GRUPO	
SUELOS DE PARTICULAS GRUESAS Mas del 50% es retenido en la malla N° 200	GRAVAS Más del 50% de la fracción gruesa es retenida en la malla N° 4	GRAVAS LIMPIAS Menos del 5% pasa la malla N° 200	$Cu \geq 4$ y $1 \leq Cc \leq 3$	GW	Grava bien gradada
			$Cu < 4$ ó $1 > Cc > 3$	GP	Grava mal gradada
		GRAVAS CON FINOS Más del 12% pasa la malla N° 200	$IP < 4$ ó abajo de la línea "A" en la carta de plasticidad	GM	Grava limosa
			$IP > 7$ y arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad	GC	Grava arcillosa
			$4 \leq IP \leq 7$ y arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad	GC-GM	Grava limosa arcillosa
		GRAVAS LIMPIAS Y CON FINOS Entre el 5 y 12% pasa malla N°200	Cumple los criterios para GW y GM	GW-GM	Grava bien gradada con limo
			Cumple los criterios para GW y GC o para GW y GC - GM	GW-GC	Grava bien gradada con arcilla
			Cumple los criterios para GP y GM	GP-GM	Grava mal gradada con limo
			Cumple los criterios para GP y GC o para GP y GC - GM	GP-GC	Grava mal gradada con arcilla
	SUELOS DE PARTICULAS FINAS El 50% o más pasa la malla N° 200	ARENAS El 50% o mas de la fracción gruesa pasa la malla N° 4	ARENAS LIMPIAS Menos del 5% pasa la malla N° 200	$Cu \geq 6$ y $1 \leq Cc \leq 3$	SW
			$Cu < 6$ ó $1 > Cc > 3$	SP	Arena mal gradada
ARENAS CON FINOS Más del 12% pasa la malla N° 200			$IP < 4$ ó abajo de la línea "A" en la carta de plasticidad	SM	Arena limosa
			$IP > 7$ y arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad	SC	Arena arcillosa
			$4 \leq IP \leq 7$ y arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad	SC-SM	Arena limosa arcillosa
		ARENAS LIMPIAS Y CON FINOS Entre el 5 y 12% pasa malla N°200	Cumple los criterios para SW y SM	SW-SM	Arena bien gradada con limo
			Cumple los criterios para SW y SC o para SW y SC - SM	SW-SC	Arena bien gradada con arcilla
			Cumple los criterios para SP y SM	SP-SM	Arena mal gradada con limo
			Cumple los criterios para SP y SC o para SP y SC - SM	SP-SC	Arena mal gradada con arcilla
SUELOS ALTAMENTE ORGÁNICOS		LIMOS Y ARCILLAS Límite líquido menor que 50%	Inorgánicos	$IP < 4$ ó abajo de la línea "A" en la carta de plasticidad	ML
			$IP > 7$ y arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad	CL	Arcilla de baja plasticidad
			$4 \leq IP \leq 7$ y arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad	CL-ML	Arcilla limosa
		Orgánicos		OL	Limo orgánico Arcilla orgánica
	LIMOS Y ARCILLAS Límite líquido 50% o mayor	Inorgánicos	Se grafica en la carta de plasticidad abajo de la línea "A"	MH	Limo de alta plasticidad
			Se grafica en la carta de plasticidad arriba de la línea "A"	CH	Arcilla de alta plasticidad
Orgánicos			OH	Limo orgánico Arcilla orgánica	
SUELOS ALTAMENTE ORGÁNICOS			Principalmente materia orgánica de color oscuro	Pt	Turba

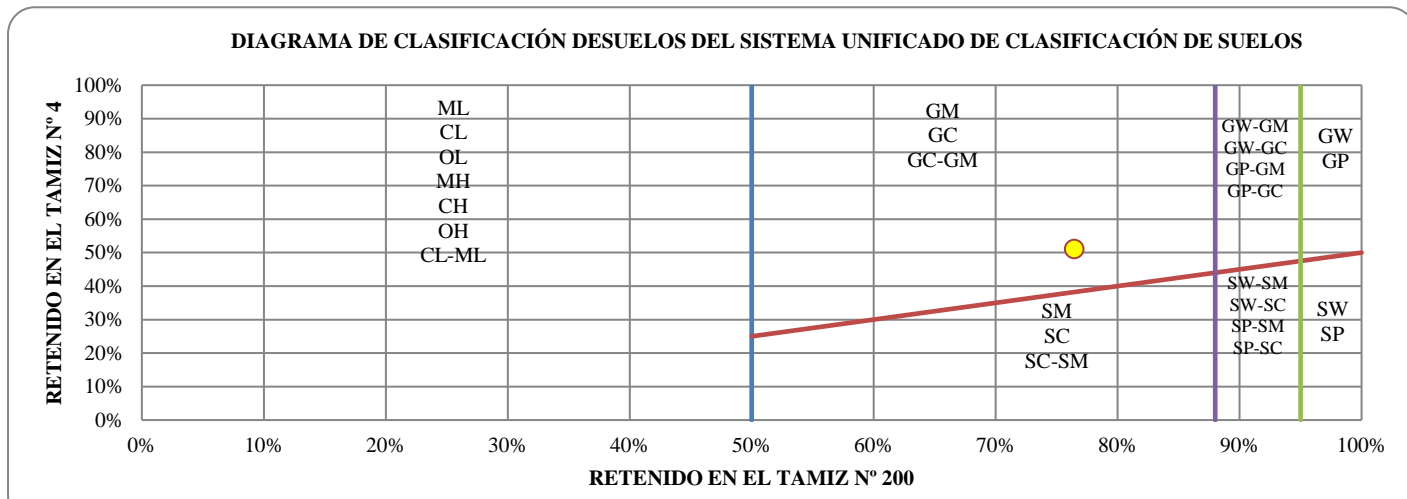
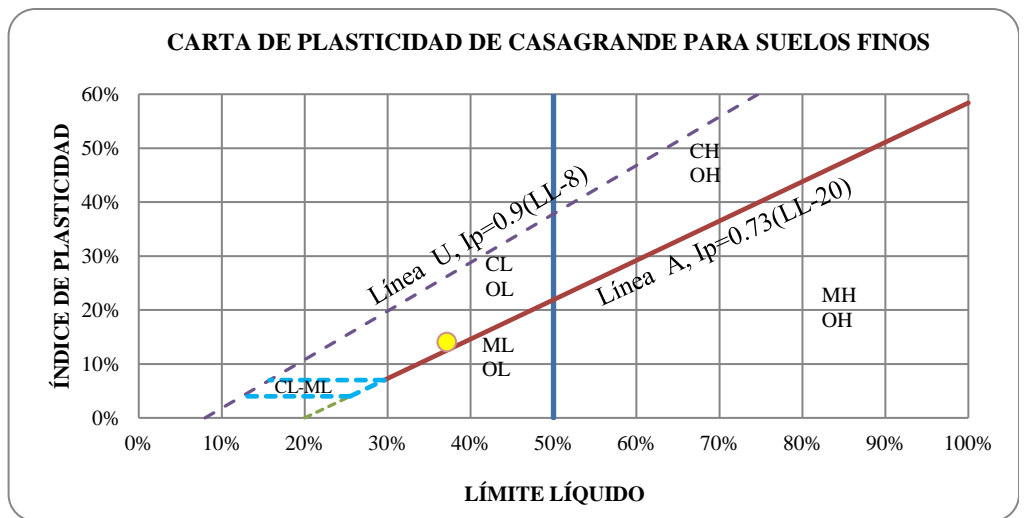
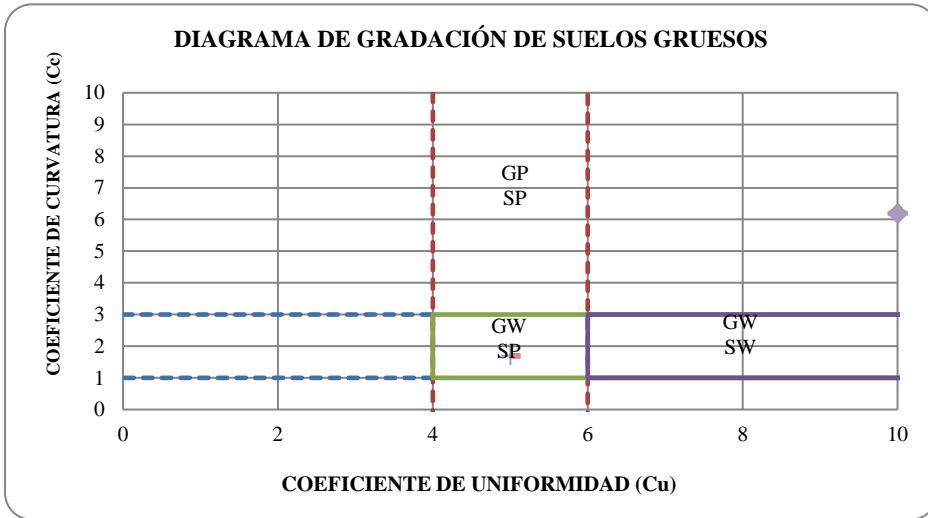
CLASIFICACIÓN SUCS

GC (GRAVA ARCILLOSA DE BAJA PLASTICIDAD)



Tesis	ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO DE TALUDES EN LA CARRETERA DEL SECTOR PUGUIENTIMARI, ENTRE LA PROGRESIVA DEL KM 0+000 AL KM 7+000, EN EL DISTRITO DE KUMPIRUSHIATO, PROVINCIA LA CONVENCION , CUSCO.
Solicitante	Bach. Wilson Gregorio Lozano Quispe
Ubicación	Kumpirushiato-La convencion-Cusco
Fecha	Dic-24

Calicata	C-02
Nº Estratos	: 2
Profundidad	: 1.50 m



Carta de plasticidad de Casagrande				
Línea plásticas-No plásticas				
50%		0%		
50%		60%		
Línea A			Frontera Ip=4	
20%		0.00%	25.48%	4%
25.48%		4.00%	12.44%	4%
29.59%		7.00%	Frontera Ip=7	
100%		58.40%	29.59%	7%
			15.78%	7%
Línea U			Punto de Plasticidad	
8.00%		0.00%	Límite Líquido	IP
75.00%		60.30%	37.13%	14.10%

DIAGRAMA DE GRADACIÓN DE SUELOS GRUESOS				DIAGRAMA DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS			
Línea auxiliar horizontal		Línea auxiliar vertical		LINEA GRUESOS-FINOS		LINEA GRAVAS O ARENAS LIMPIAS	
0	3	4	10				
4	3	4	-1	50%	0%	95%	0%
4	1	6	-1	50%	100%	95%	100%
0	1	6	10				
LINEA DE GRAVAS		LINEA DE ARENAS		LINEA GRAVA-ARENA		LINEA GRAVAS CON FINOS	
20	3	20	3	50%	25%	88%	0%
4	3	6	3	100%	50%	88%	100%
4	1	6	1				
20	1	20	1				
ETIQUETAS		PUNTO DE GRADACIÓN					
13	1.7	13.33	0.80				
5	1.7						
10	6.2						
MAXIMO HORIZONTAL 10		MAXIMO VERTICAL 10					



Tesis	: ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO DE TALUDES EN LA CARRETERA DEL SECTOR PUGUIENTIMARI, ENTRE LA PROGRESIVA DEL KM 0+000 AL KM 7+000, EN EL DISTRITO DE KUMPIRUSHIATO, PROVINCIA LA CONVENCION, CUSCO.
Solicitante	Bach.Wilson Gregorio Lozano Quispe
Ubicación	Kumpirushiato-La convencion-Cusco
Fecha	Dic-24

Calicata	:03
Nº Estratos	: 2
Profundidad	: 1.50m

SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS (SUCS) ASTM D 2487

DATOS PARA CLASIFICACION	
De Granulometría	
% de gruesos	75.61%
% de finos	24.39%
Total	100.00%
% de grava	35.69%
% de arena	39.93%
Total	75.61%
FRACCIÓN GRUESA	
% GRAVA	47.20%
%ARENA	52.80%
Total	100.00%
Coefficientes	
Cu	13.33
Cc	0.80
De Límites de Consistencia	
LL	33.59%
LP	23.45%
IP	10.14%
Otros Datos	
Tipo	Inorgánico

CRITERIOS PARA LA ASIGNACION DE SIMBOLOS DEGRUPO Y NOMBRE DE GRUPO CON EL USO DE ENSAYOS DE LABORATORIO		SIMBOLO	NOMBRE DE GRUPO
SUELOS DE PARTICULAS GRUESAS Mas del 50% es retenido en la malla N° 200	GRAVAS Más del 50% de la fracción gruesa es retenida en la malla N° 4	GRAVAS LIMPIAS Menos del 5% pasa la malla N° 200	$Cu \geq 4$ y $1 \leq Cc \leq 3$ GW Grava bien gradada
		GRAVAS CON FINOS Más del 12% pasa la malla N° 200	$Cu < 4$ ó $1 > Cc > 3$ GP Grava mal gradada
			$IP < 4$ abajo de la línea "A" en la carta de plasticidad GM Grava limosa
		GRAVAS LIMPIAS Y CON FINOS Entre el 5 y 12% pasa malla N°200	$IP > 7$ y arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad GC Grava arcillosa
			$4 \leq IP \leq 7$ y arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad GC-GM Grava limosa arcillosa
		ARENAS El 50% o mas de la fracción gruesa pasa la malla N° 4	Cumple los criterios para GW y GM GW-GM Grava bien gradada con limo
	Cumple los criterios para GW y GC o para GW y GC - GM GW-GC Grava bien gradada con arcilla		
	Cumple los criterios para GP y GM GP-GM Grava mal gradada con limo		
	Cumple los criterios para GP y GC o para GP y GC - GM GP-GC Grava mal gradada con arcilla		
	SUELOS DE PARTICULAS FINAS El 50% o más pasa la malla N° 200	ARENAS LIMPIAS Menos del 5% pasa la malla N° 200	$Cu \geq 6$ y $1 \leq Cc \leq 3$ SW Arena bien gradada
$Cu < 6$ ó $1 > Cc > 3$ SP Arena mal gradada			
ARENAS CON FINOS Más del 12% pasa la malla N° 200		$IP < 4$ abajo de la línea "A" en la carta de plasticidad SM Arena limosa	
		$IP > 7$ y arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad SC Arena arcillosa	
		$4 \leq IP \leq 7$ y arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad SC-SM Arena limosa arcillosa	
		Cumple los criterios para SW y SM SW-SM Arena bien gradada con limo	
LIMOS Y ARCILLAS Límite líquido menor que 50%		Cumple los criterios para SW y SC o para SW y SC - SM SW-SC Arena bien gradada con arcilla	
		Cumple los criterios para SP y SM SP-SM Arena mal gradada con limo	
LIMOS Y ARCILLAS Límite líquido 50% o mayor		Cumple los criterios para SP y SC o para SP y SC - SM SP-SC Arena mal gradada con arcilla	
		$IP < 4$ abajo de la línea "A" en la carta de plasticidad ML Limo de baja plasticidad	
	$IP > 7$ y arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad CL Arcilla de baja plasticidad		
	$4 \leq IP \leq 7$ y arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad CL-ML Arcilla limosa		
SUELOS ALTAMENTE ORGÁNICOS	Orgánicos OL Limo orgánico Arcilla orgánica		
	Inorgánicos MH Limo de alta plasticidad		
	Orgánicos CH Arcilla de alta plasticidad		
	Orgánicos OH Limo orgánico Arcilla orgánica		
Principalmente materia orgánica de color oscuro		Pt	Turba

CLASIFICACIÓN SUCS

SC (ARENA ARCILLOSA DE BAJA PLASTICIDAD)

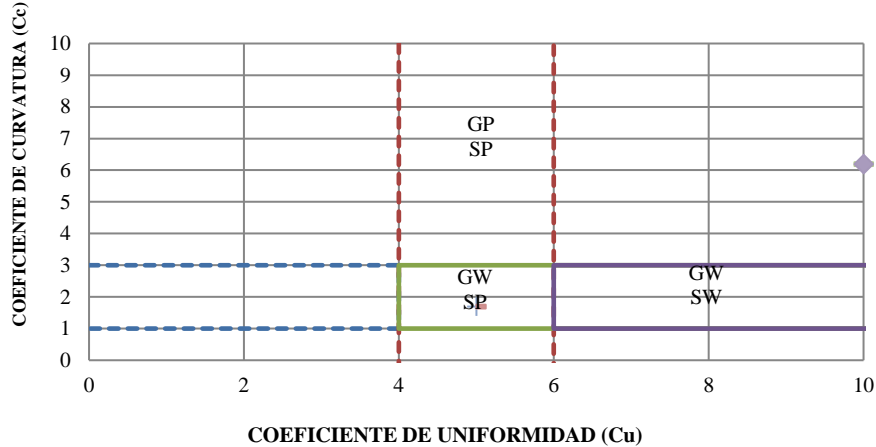


Tesis : ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO DE TALUDES EN LA CARRETERA DEL SECTOR PUGUENTIMARI, ENTRE LA PROGRESIVA DEL KM 0+000 AL KM 7+000, EN EL DISTRITO DE KUMPIRUSHIATO, PROVINCIA LA CONVENCION, CUSCO.

Solicitante : Bach. Wilson Gregorio Lozano Quispe
 Ubicación : Kumpirushiato-La convencion-Cusco
 Fecha : Dic-24

Calicata : :03
 N° Estratos : : 2
 Profundidad : : 1.50 m

DIAGRAMA DE GRADACIÓN DE SUELOS GRUESOS



CARTA DE PLASTICIDAD DE CASAGRANDE PARA SUELOS FINOS

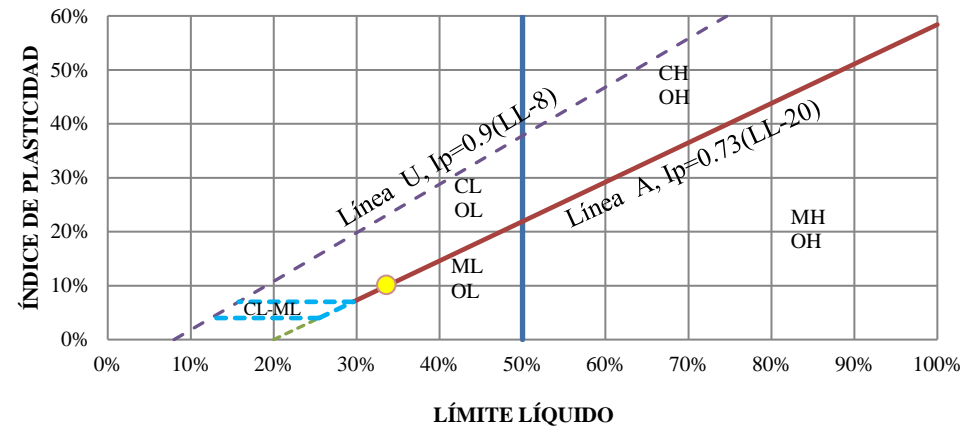
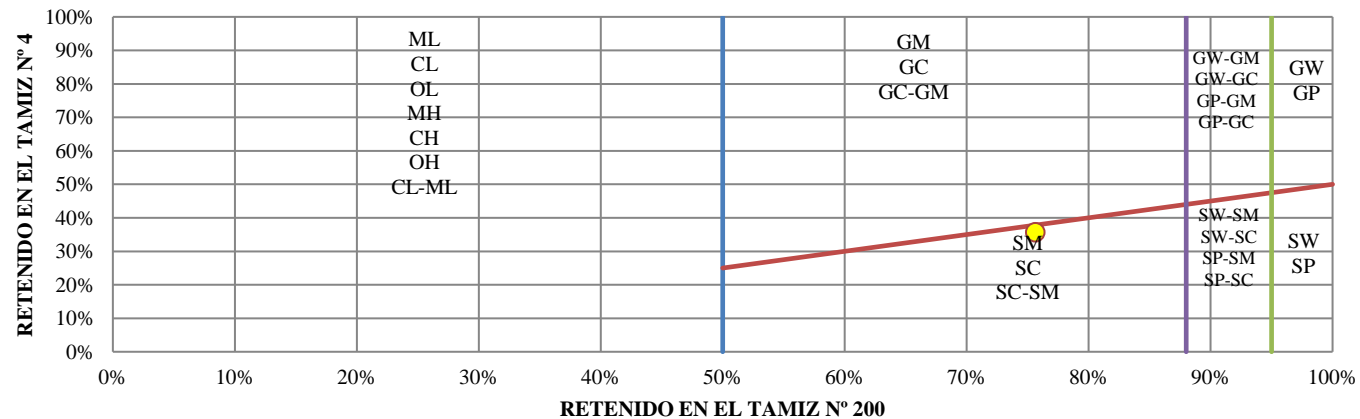


DIAGRAMA DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS DEL SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS



Carta de plasticidad de Casagrande				
Línea plásticas-No plásticas				
50%	0%			
50%	60%			
Línea A		Frontera Ip=4		
20%		0.00%	25.48%	4%
25.48%		4.00%	12.44%	4%
29.59%		7.00%	Frontera Ip=7	
100%		58.40%	29.59%	7%
			15.78%	7%
Línea U		Punto de Plasticidad		
8.00%		0.00%	Límite Líquido	IP
75.00%		60.30%	33.59%	10.14%

DIAGRAMA DE GRADACIÓN DE SUELOS GRUESOS				DIAGRAMA DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS			
Línea auxiliar horizontal		Línea auxiliar vertical		LINEA GRUESOS-FINOS		LINEA GRAVAS O ARENAS LIMPIAS	
0	3	4	10				
4	3	4	-1	50%	0%	95%	0%
4	1	6	-1	50%	100%	95%	100%
0	1	6	10				
LINEA DE GRAVAS		LINEA DE ARENAS		LINEA GRAVA-ARENA		LINEA GRAVAS CON FINOS	
20	3	20	3	50%	25%	88%	0%
4	3	6	3	100%	50%	88%	100%
4	1	6	1				
20	1	20	1				
ETIQUETAS		PUNTO DE GRADACIÓN					
13	1.7	13.33	0.80				
5	1.7						
10	6.2						
MAXIMO HORIZONTAL 10		MAXIMO VERTICAL 10					



Tesis ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO DE TALUDES EN LA CARRETERA DEL SECTOR PUGUENTIMARI, ENTRE LA PROGRESIVA DEL KM 0+000 AL KM 7+000, EN EL DISTRITO DE KUMPIRUSHIATO, PROVINCIA LA CONVENCION, CUSCO.

Solicitante : Bach. Wilson Gregorio Lozano Quispe
 Ubicación : Kumpirushiato-La Convencion-Cusco
 Fecha : Diciembre-2024

Calicata : 05
 N° Estratos : 2
 Profundidad : 1.50m

SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS (SUCS) ASTM D 2487

DATOS PARA CLASIFICACION	
De Granulometría	
% de gruesos	77.16%
% de finos	22.84%
Total	100.00%
% de grava	47.75%
% de arena	29.41%
Total	77.16%
FRACCIÓN GRUESA	
% GRAVA	61.89%
% ARENA	38.11%
Total	100.00%
Coefficientes	
Cu	13.33
Cc	0.80
De Límites de Consistencia	
LL	41.06%
LP	26.20%
IP	14.86%
Otros Datos	
Tipo	Inorgánico

CRITERIOS PARA LA ASIGNACION DE SIMBOLOS DEGRUPO Y NOMBRE DE GRUPO CON EL USO DE ENSAYOS DE LABORATORIO			SIMBOLO	NOMBRE DE GRUPO		
SUELOS DE PARTICULAS GRUESAS Mas del 50% es retenido en la malla N° 200	GRAVAS Más del 50% de la fracción gruesa es retenida en la malla N° 4	GRAVAS LIMPIAS Menos del 5% pasa la malla N° 200	$Cu \geq 4$ y $1 \leq Cc \leq 3$	GW	Grava bien gradada	
			$Cu < 4$ ó $1 > Cc > 3$	GP	Grava mal gradada	
		GRAVAS CON FINOS Más del 12% pasa la malla N° 200	$IP < 4$ ó abajo de la línea "A" en la carta de plasticidad	GM	Grava limosa	
			$IP > 7$ y arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad	GC	Grava arcillosa	
			$4 \leq IP \leq 7$ y arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad	GC-GM	Grava limosa arcillosa	
			Cumple los criterios para GW y GM	GW-GM	Grava bien gradada con limo	
		GRAVAS LIMPIAS Y CON FINOS Entre el 5 y 12% pasa malla N°200	Cumple los criterios para GW y GC o para GW y GC - GM	GW-GC	Grava bien gradada con arcilla	
			Cumple los criterios para GP y GM	GP-GM	Grava mal gradada con limo	
			Cumple los criterios para GP y GC o para GP y GC - GM	GP-GC	Grava mal gradada con arcilla	
	SUELOS DE PARTICULAS FINAS El 50% o más pasa la malla N° 200	ARENAS El 50% o mas de la fracción gruesa pasa la malla N° 4	ARENAS LIMPIAS Menos del 5% pasa la malla N° 200	$Cu \geq 6$ y $1 \leq Cc \leq 3$	SW	Arena bien gradada
				$Cu < 6$ ó $1 > Cc > 3$	SP	Arena mal gradada
			ARENAS CON FINOS Más del 12% pasa la malla N° 200	$IP < 4$ ó abajo de la línea "A" en la carta de plasticidad	SM	Arena limosa
			$IP > 7$ y arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad	SC	Arena arcillosa	
			$4 \leq IP \leq 7$ y arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad	SC-SM	Arena limosa arcillosa	
			Cumple los criterios para SW y SM	SW-SM	Arena bien gradada con limo	
		ARENAS LIMPIAS Y CON FINOS Entre el 5 y 12% pasa malla N°200	Cumple los criterios para SW y SC o para SW y SC - SM	SW-SC	Arena bien gradada con arcilla	
			Cumple los criterios para SP y SM	SP-SM	Arena mal gradada con limo	
			Cumple los criterios para SP y SC o para SP y SC - SM	SP-SC	Arena mal gradada con arcilla	
SUELOS ALTAMENTE ORGÁNICOS		LIMOS Y ARCILLAS Límite líquido menor que 50%	Inorgánicos	$IP < 4$ ó abajo de la línea "A" en la carta de plasticidad	ML	Limo de baja plasticidad
				$IP > 7$ y arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad	CL	Arcilla de baja plasticidad
				$4 \leq IP \leq 7$ y arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad	CL-ML	Arcilla limosa
	LIMOS Y ARCILLAS Límite líquido 50% o mayor	Inorgánicos	Se grafica en la carta de plasticidad abajo de la línea "A"	MH	Limo de alta plasticidad	
			Se grafica en la carta de plasticidad arriba de la línea "A"	CH	Arcilla de alta plasticidad	
		Orgánicos		OH	Limo orgánico	
					Arcilla orgánica	
					Turba	

CLASIFICACIÓN SUCS

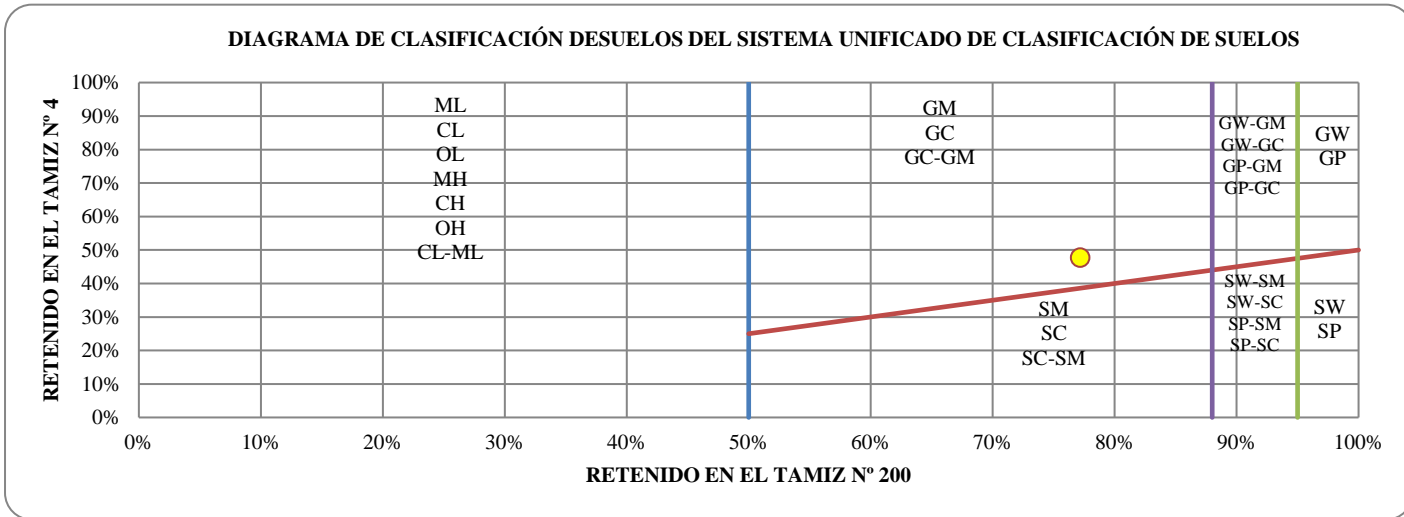
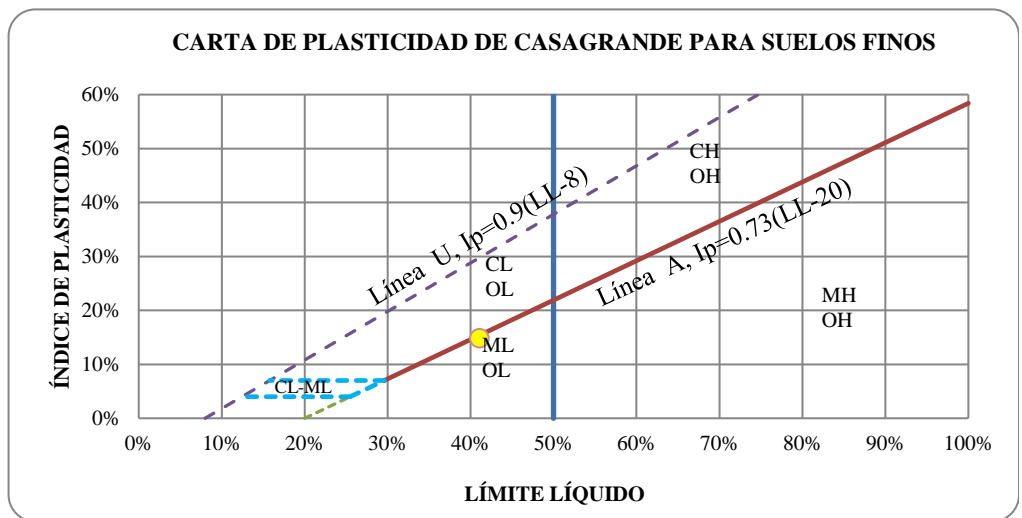
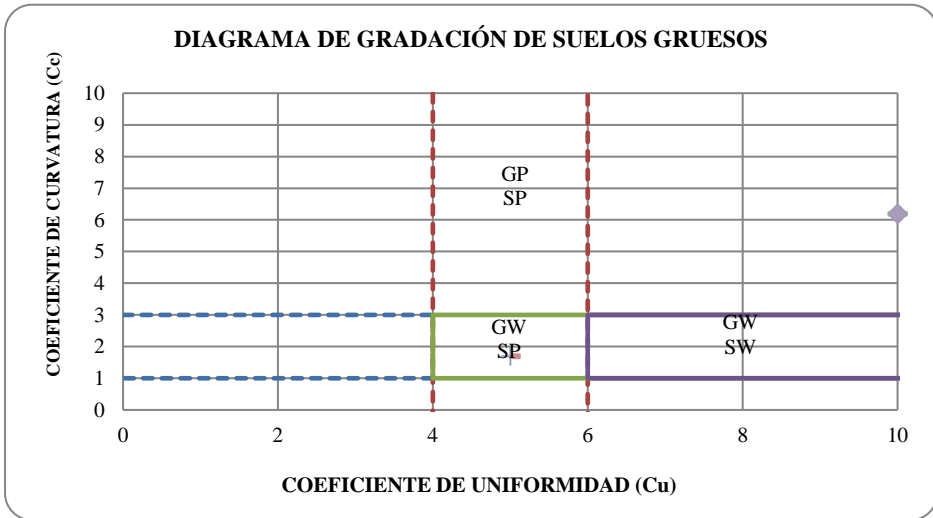
GC (GRAVA ARCILLOSA DE BAJA PLASTICIDAD)



Tesis ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO DE TALUDES EN LA CARRETERA DEL SECTOR PUGUIENTIMARI, ENTRE LA PROGRESIVA DEL KM 0+000 AL KM 7+000, EN EL DISTRITO DE KUMPIRUSHIATO, PROVINCIA LA CONVENCION, CUSCO.

Solicitante : Bach. Wilson Gregorio Lozano Quispe
 Ubicación : Kumpirushiato-La Convencion-Cusco
 Fecha : Diciembre-2024

Calicata : 05
 N° Estratos : 2
 Profundidad : 1.50 m



Carta de plasticidad de Casagrande				
Línea plásticas-No plásticas				
50%	0%			
50%	60%			
Línea A		Frontera Ip=4		
20%		0.00%	25.48%	4%
25.48%		4.00%	12.44%	4%
29.59%		7.00%	Frontera Ip=7	
100%		58.40%	29.59%	7%
			15.78%	7%
Línea U		Punto de Plasticidad		
8.00%		0.00%	Límite Líquido	IP
75.00%		60.30%	41.06%	14.86%

DIAGRAMA DE GRADACIÓN DE SUELOS GRUESOS				DIAGRAMA DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS			
Línea auxiliar horizontal		Línea auxiliar vertical		LINEA GRUESOS-FINOS		LINEA GRAVAS O ARENAS LIMPIAS	
0	3	4	10				
4	3	4	-1	50%	0%	95%	0%
4	1	6	-1	50%	100%	95%	100%
0	1	6	10				
LINEA DE GRAVAS		LINEA DE ARENAS		LINEA GRAVA-ARENA		LINEA GRAVAS CON FINOS	
20	3	20	3	50%	25%	88%	0%
4	3	6	3	100%	50%	88%	100%
4	1	6	1				
20	1	20	1				
ETIQUETAS		PUNTO DE GRADACIÓN					
13	1.7	13.33	0.80				
5	1.7						
10	6.2						
MAXIMO HORIZONTAL 10		MAXIMO VERTICAL 10					



Tesis	ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO DE TALUDES EN LA CARRETERA DEL SECTOR PUGUIENTIMARI, ENTRE LA PROGRESIVA DEL KM 0+000 AL KM 7+000, EN EL DISTRITO DE KUMPIRUSHIATO, PROVINCIA LA CONVENCION, CUSCO.
Solicitante	Bach. Wilson Gregorio Lozano Quispe
Ubicación	Kumpirushiato-La convencion-Cusco
Fecha	Dic-24

Calicata	: C-06
Nº Estratos	: 2
Profundidad	: 1.50m

SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS (SUCS) ASTM D 2487

DATOS PARA CLASIFICACION	
De Granulometría	
% de gruesos	77.53%
% de finos	22.47%
Total	100.00%
% de grava	56.06%
% de arena	21.47%
Total	77.53%
FRACCIÓN GRUESA	
% GRAVA	72.30%
%ARENA	27.70%
Total	100.00%
Coefficientes	
Cu	13.33
Cc	0.80
De Límites de Consistencia	
LL	40.63%
LP	24.54%
IP	16.09%
Otros Datos	
Tipo	Inorgánico

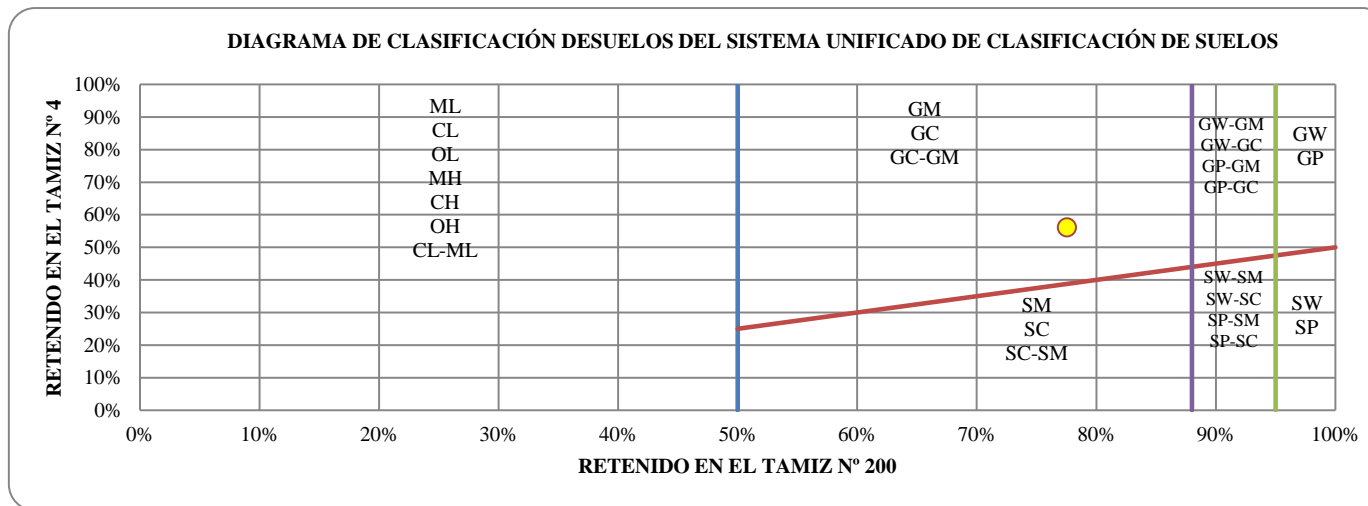
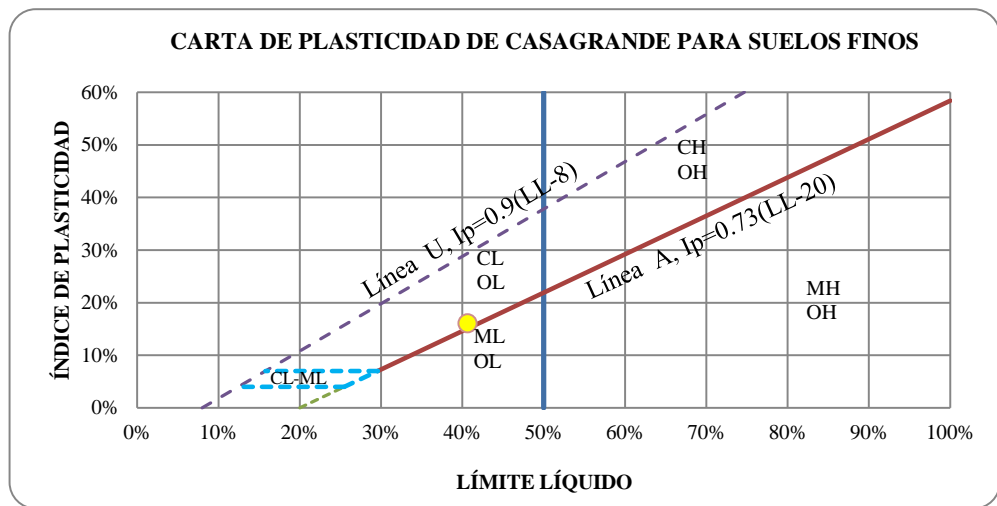
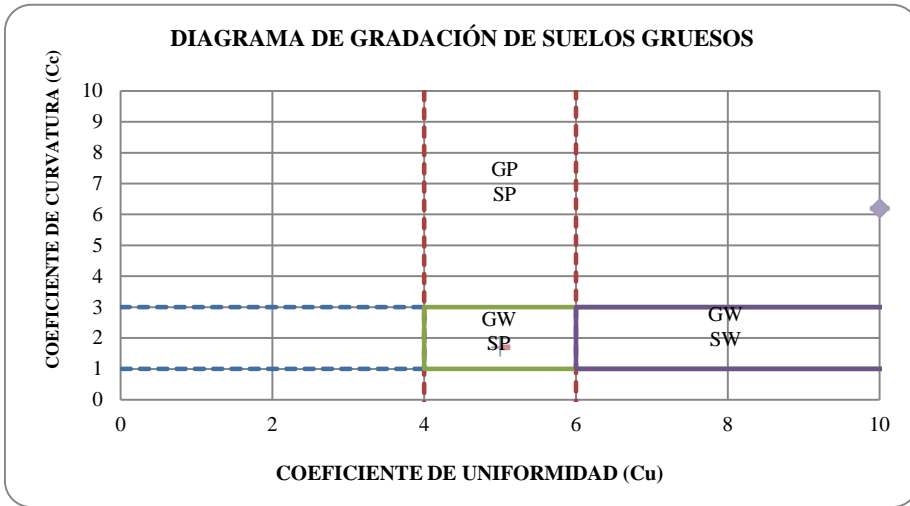
CRITERIOS PARA LA ASIGNACIÓN DE SIMBOLOS DEGRUPO Y NOMBRE DE GRUPO CON EL USO DE ENSAYOS DE LABORATORIO		SIMBOLO	NOMBRE DE GRUPO	
SUELOS DE PARTICULAS GRUESAS Más del 50% es retenido en la malla N° 200	GRAVAS Más del 50% de la fracción gruesa es retenida en la malla N° 4	GRAVAS LIMPIAS Menos del 5% pasa la malla N° 200	Cu ≥ 4 y 1 ≤ Cc ≤ 3 GW Grava bien gradada	
		GRAVAS CON FINOS Más del 12% pasa la malla N° 200	IP < 4 ó abajo de la línea "A" en la carta de plasticidad GM Grava limosa	
			IP > 7 y arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad GC Grava arcillosa	
		ARENAS El 50% o mas de la fracción gruesa pasa la malla N° 4	GRAVAS LIMPIAS Y CON FINOS Entre el 5 y 12% pasa malla N°200	4 ≤ IP ≤ 7 y arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad GC-GM Grava limosa arcillosa
				Cumple los criterios para GW y GM GW-GM Grava bien gradada con limo
			ARENAS LIMPIAS Menos del 5% pasa la malla N° 200	Cumple los criterios para GW y GC o para GW y GC - GM GW-GC Grava bien gradada con arcilla
	Cumple los criterios para GP y GM GP-GM Grava mal gradada con limo			
	Cumple los criterios para GP y GC o para GP y GC - GM GP-GC Grava mal gradada con arcilla			
	Cu ≥ 6 y 1 ≤ Cc ≤ 3 SW Arena bien gradada			
	SUELOS DE PARTICULAS FINAS El 50% o más pasa la malla N° 200	ARENAS CON FINOS Más del 12% pasa la malla N° 200	Cu < 6 ó 1 > Cc > 3 SP Arena mal gradada	
			IP < 4 ó abajo de la línea "A" en la carta de plasticidad SM Arena limosa	
			IP > 7 y arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad SC Arena arcillosa	
ARENAS LIMPIAS Y CON FINOS Entre el 5 y 12% pasa malla N°200		4 ≤ IP ≤ 7 y arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad SC-SM Arena limosa arcillosa		
		Cumple los criterios para SW y SM SW-SM Arena bien gradada con limo		
		Cumple los criterios para SW y SC o para SW y SC - SM SW-SC Arena bien gradada con arcilla		
LIMOS Y ARCILLAS Límite líquido menor que 50%	ARENAS LIMPIAS Y CON FINOS Entre el 5 y 12% pasa malla N°200	Cumple los criterios para SP y SM SP-SM Arena mal gradada con limo		
		Cumple los criterios para SP y SC o para SP y SC - SM SP-SC Arena mal gradada con arcilla		
		IP < 4 ó abajo de la línea "A" en la carta de plasticidad ML Limo de baja plasticidad		
	LIMOS Y ARCILLAS Límite líquido 50% o mayor	ARENAS LIMPIAS Y CON FINOS Entre el 5 y 12% pasa malla N°200	IP > 7 y arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad CL Arcilla de baja plasticidad	
			4 ≤ IP ≤ 7 y arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad CL-ML Arcilla limosa	
		LIMOS Y ARCILLAS Límite líquido 50% o mayor	ARENAS LIMPIAS Y CON FINOS Entre el 5 y 12% pasa malla N°200	Se grafica en la carta de plasticidad abajo de la línea "A" MH Limo de alta plasticidad
Se grafica en la carta de plasticidad arriba de la línea "A" CH Arcilla de alta plasticidad				
SUELOS ALTAMENTE ORGÁNICOS		Principalmente materia orgánica de color oscuro Pt Turba		

CLASIFICACIÓN SUCS

GC (GRAVA ARCILLOSA CON BAJA PLASTICIDAD)



Tesis	ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO DE TALUDES EN LA CARRETERA DEL SECTOR PUGUIENTIMARI, ENTRE LA PROGRESIVA DEL KM 0+000 AL KM 7+000, EN EL DISTRITO DE KUMPIRUSHIATO, PROVINCIA LA CONVENCION, CUSCO.
Solicitante	Bach. Wilson Gregorio Lozano Quispe
Ubicación	Kumpirushiato-La convencion-Cusco
Fecha	Dic-24
Calicata	: C-06
Nº Estratos	: 2
Profundidad	: 1.50m



Carta de plasticidad de Casagrande				
Línea plásticas-No plásticas				
50%	0%			
50%	60%			
Línea A		Frontera Ip=4		
20%		0.00%	25.48%	4%
25.48%		4.00%	12.44%	4%
29.59%		7.00%	Frontera Ip=7	
100%		58.40%	29.59%	7%
			15.78%	7%
Línea U		Punto de Plasticidad		
8.00%		0.00%	Límite Líquido	IP
75.00%		60.30%	40.63%	16.09%

DIAGRAMA DE GRADACIÓN DE SUELOS GRUESOS				DIAGRAMA DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS			
Línea auxiliar horizontal		Línea auxiliar vertical		LINEA GRUESOS-FINOS		LINEA GRAVAS O ARENAS LIMPIAS	
0	3	4	10				
4	3	4	-1	50%	0%	95%	0%
4	1	6	-1	50%	100%	95%	100%
0	1	6	10				
LINEA DE GRAVAS		LINEA DE ARENAS		LINEA GRAVA-ARENA		LINEA GRAVAS CON FINOS	
20	3	20	3	50%	25%	88%	0%
4	3	6	3	100%	50%	88%	100%
4	1	6	1				
20	1	20	1				
ETIQUETAS		PUNTO DE GRADACIÓN					
13	1.7	13.33	0.80				
5	1.7						
10	6.2						
MAXIMO HORIZONTAL 10		MAXIMO VERTICAL 10					



**FORMATO DE REGISTRO OPERATIVO DE ENSAYO DE DENSIDAD IN-SITU POR METODO
CON ARENA CALIBRADA**



ENSAYO DE DENSIDAD IN-SITU METODO- CON ARENA CALIBRADA ASTM D1556

FOTOGRAFIAS DEL ENSAYO
EN LA ZONA DE ESTUDIO



ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO DE TALUDES EN LA CARRETERA DEL SECTOR PUGUENTIMARI, ENTRE LA PROGRESIVA DEL KM 0+000 AL KM 7+000, EN EL DISTRITO DE KUMPIRUSHIATO, PROVINCIA LA CONVECCION, CUSCO

TESIS:

ELEVACION:

1050-1200 msnm

PROFUNDIDAD TOTAL:

11cm

UBICACIÓN:

Kumpirushiato-Puguentimari

NIVEL FREATICO:

Si presenta

FECHA:

Julio del 2024

REGISTRADO POR:

Bach. Wilson Gregorio Lozano Quispe

REALIZADO:

Bach. Wilson gregorio lozano quispe

REVISADO POR:

Estaciones(Taludes)	Codigo	TALUD N° 01	TALUD N° 02	TALUD N° 03	TALUD N° 05	TALUD N° 06
KM-TALUD	en KM	0+592	4+458	5+868	6+221	6+635
DENSIDAD DE CAMPO(ASTM D 1556)		GW-GC	GC	SC	GC	GC
1	Peso inicial del Frasco+Cono(gr)	9200	8950	8900	8920	8880
2	Peso Residual del frasco+Cono(gr)	4788	4550	4420	4380	4290
3	Peso arena empleada(1-2)	4412	4400	4480	4540	4590
4	Peso arena en punta cono	1353	1353	1353	1353	1353
5	Peso arena del hoyo 3-4	3059	3047	3127	3187	3237
6	Densidad arena calibrada	1500	1500	1500	1500	1500
7	Volumen hoyo(5,6)	2.039333333	2.031333333	2.084666667	2.124666667	2.158
8	Peso suelo(8-9)	4080	3980	3830	4010	4150
9	Densidad suelo Humedo(10/7)	2.08	1.96	1.84	1.89	1.92



ENSAYO DE CORTE DIRECTO / ASTM D3080-04 / NTP 339.171

Shear Strength by Direct Shear
 (Small Shear Box)

Tesis ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO DE TALUDES EN LA CARRETERA DEL SECTOR PUGUENTIMARI, ENTRE LA PROGRESIVA DEL KM 0+000 AL KM 7+000, EN EL DISTRITO DE KUMPIRUSHIATO, PROVINCIA LA CONVENCIÓN, CUSCO.

Solicitante :Bach. Wilson Gregorio Lozano Quispe

Talud N° :N°01

Ubicación : Distrito cusco, provincia cusco

Fecha : 10 de Agosto del 2025

Velocidad de corte :0.5mm/minu

Densidad de Remoldeo

1.6 gr/cm3

Tipo de ensayo	consolidado drenado
SUCS	GW-GC
UBICACIÓN	LG-IG

ESPECIMEN 1	
Altura inicial	:2cm
Lado de la caja	:6cm
Area Inicial	:36cm ²
Densidad Seca	:1.6
Humedad inicial	:%11.11

ESPECIMEN 2	
Altura inicial	:2cm
Lado de la caja	:6cm
Area Inicial	:36cm ²
Densidad Seca	:1.6
Humedad inicial	:%11.12

ESPECIMEN 3	
Altura inicial	:2cm
Lado de la caja	:6cm
Area Inicial	:36cm ²
Densidad Seca	:1.6
Humedad inicial	:%11.11

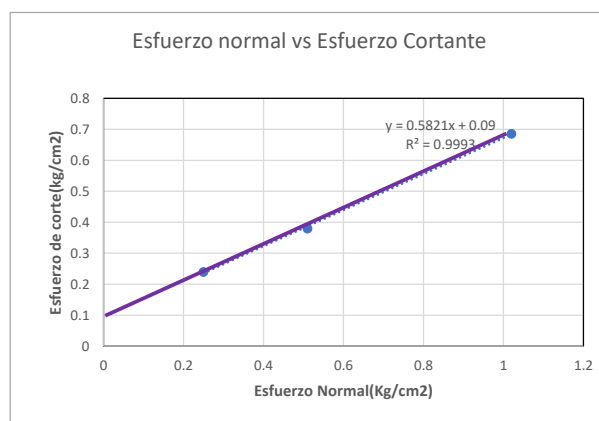
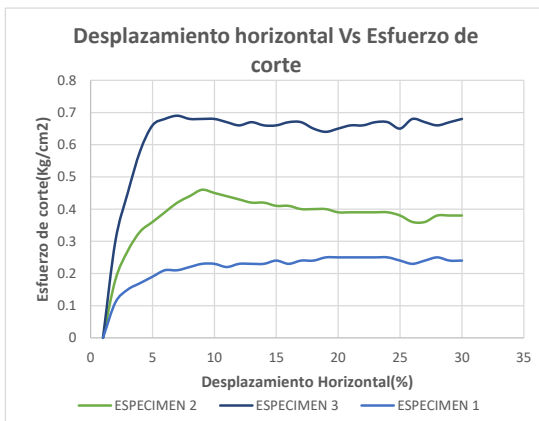
ESFUERZO NORMAL	0.25
Desplazamiento horizontal	esfuerzo de corte
0	0
0.58	0.11
1.16	0.15
1.74	0.17
2.32	0.19
2.9	0.21
3.48	0.21
4.06	0.22
4.64	0.23
5.22	0.23
5.8	0.22
6.38	0.23
6.96	0.23
7.54	0.23
8.12	0.24
8.7	0.23
9.28	0.24
9.86	0.24
10.44	0.25
11.02	0.25
11.6	0.25
12.18	0.25
12.76	0.25
13.34	0.25
13.93	0.24
14.51	0.23
15.09	0.24
15.67	0.25
16.25	0.24
16.83	0.24

ESFUERZO NORMAL	0.51
Desplazamiento horizontal	esfuerzo de corte
0	0
0.58	0.18
1.16	0.27
1.74	0.33
2.32	0.36
2.9	0.39
3.48	0.42
4.06	0.44
4.64	0.46
5.22	0.45
5.8	0.44
6.38	0.43
6.96	0.42
7.54	0.42
8.12	0.41
8.7	0.41
9.28	0.4
9.86	0.4
10.44	0.4
11.02	0.39
11.6	0.39
12.18	0.39
12.76	0.39
13.34	0.39
13.93	0.38
14.51	0.36
15.09	0.36
15.67	0.38
16.25	0.38
16.83	0.38

ESFUERZO NORMAL	1.02
Desplazamiento horizontal	esfuerzo de corte
0	0
0.58	0.3
1.16	0.45
1.74	0.58
2.32	0.66
2.9	0.68
3.48	0.69
4.06	0.68
4.64	0.68
5.22	0.68
5.8	0.67
6.38	0.66
6.96	0.67
7.54	0.66
8.12	0.66
8.7	0.67
9.28	0.67
9.86	0.65
10.44	0.64
11.02	0.65
11.6	0.66
12.18	0.66
12.76	0.67
13.34	0.67
13.93	0.65
14.51	0.68
15.09	0.67
15.67	0.66
16.25	0.67
16.83	0.68

Esfuerzo normal	Esfuerzo Cortante
0.25	0.24
0.51	0.38
1.02	0.69

FOTO GRAFIAS



RESULTADOS

Angulo de fricción(): 30.58°
 Cohesion: 0.08 kg/cm²



ENSAYO DE CORTE DIRECTO / ASTM D3080-04 / NTP 339.171

Shear Strength by Direct Shear
 (Small Shear Box)

Tesis ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO DE TALUDES EN LA CARRETERA DEL SECTOR PUGUENTIMARI, ENTRE LA PROGRESIVA DEL KM 0+000 AL KM 7+000, EN EL DISTRITO DE KUMPIRUSHIATO, PROVINCIA LA CONVENCIÓN, CUSCO.

Solicitante :Bach. Wilson Gregorio Lozano Quispe

Talud N° :N°02

Ubicación : Distrito cusco, provincia cusco

Fecha : 10 de Agosto del 2025

Velocidad de corte :0.5mm/minu

Densidad de Remoldeo

1.61gr/cm3

Tipo de ensayo	consolidado drenado
SUCS	GC
UBICACIÓN	LG-IG

ESPECIMEN 1	
Altura inicial	:2cm
Lado de la caja	:6cm
Area Inicial	:36cm ²
Densidad Seca	:1.61
Humedad inicial	:%11.11

ESPECIMEN 2	
Altura inicial	:2cm
Lado de la caja	:6cm
Area Inicial	:36cm ²
Densidad Seca	:1.61
Humedad inicial	:%11.12

ESPECIMEN 3	
Altura inicial	:2cm
Lado de la caja	:6cm
Area Inicial	:36cm ²
Densidad Seca	:1.61
Humedad inicial	:%11.11

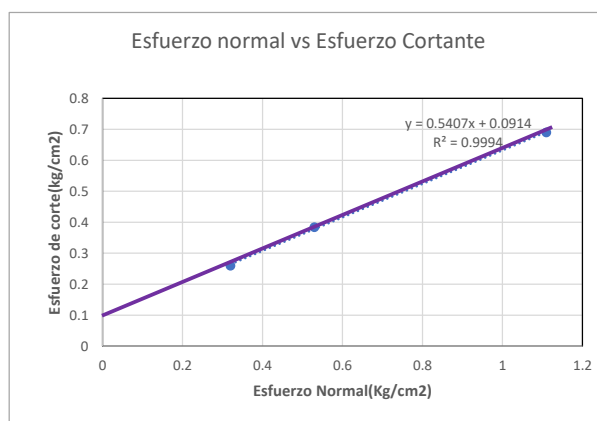
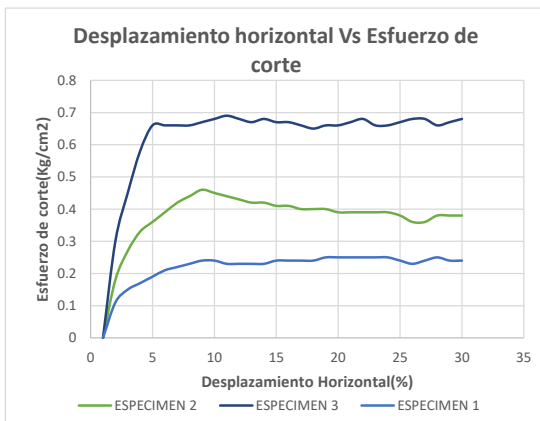
ESFUERZO NORMAL	0.32
Desplazamiento horizontal	esfuerzo de corte
0	0
0.58	0.11
1.16	0.15
1.74	0.17
2.32	0.19
2.9	0.21
3.48	0.22
4.06	0.23
4.64	0.24
5.22	0.24
5.8	0.23
6.38	0.23
6.96	0.23
7.54	0.23
8.12	0.24
8.7	0.24
9.28	0.24
9.86	0.24
10.44	0.25
11.02	0.25
11.6	0.25
12.18	0.25
12.76	0.25
13.34	0.25
13.93	0.24
14.51	0.23
15.09	0.24
15.67	0.25
16.25	0.24
16.83	0.24

ESFUERZO NORMAL	0.53
Desplazamiento horizontal	esfuerzo de corte
0	0
0.58	0.18
1.16	0.27
1.74	0.33
2.32	0.36
2.9	0.39
3.48	0.42
4.06	0.44
4.64	0.46
5.22	0.45
5.8	0.44
6.38	0.43
6.96	0.42
7.54	0.42
8.12	0.41
8.7	0.41
9.28	0.4
9.86	0.4
10.44	0.4
11.02	0.39
11.6	0.39
12.18	0.39
12.76	0.39
13.34	0.39
13.93	0.38
14.51	0.36
15.09	0.36
15.67	0.38
16.25	0.38
16.83	0.38

ESFUERZO NORMAL	1.11
Desplazamiento horizontal	esfuerzo de corte
0	0
0.58	0.3
1.16	0.45
1.74	0.58
2.32	0.66
2.9	0.66
3.48	0.66
4.06	0.66
4.64	0.67
5.22	0.68
5.8	0.69
6.38	0.68
6.96	0.67
7.54	0.68
8.12	0.67
8.7	0.67
9.28	0.66
9.86	0.65
10.44	0.66
11.02	0.66
11.6	0.67
12.18	0.68
12.76	0.66
13.34	0.66
13.93	0.67
14.51	0.68
15.09	0.68
15.67	0.66
16.25	0.67
16.83	0.68

Esfuerzo normal	Esfuerzo Cortante
0.32	0.26
0.53	0.38
1.11	0.69

FOTO GRAFIAS



RESULTADOS

Angulo de fricción(): 28.53

Cohesion: 0.09 kg/cm²



ENSAYO DE CORTE DIRECTO / ASTM D3080-04 / NTP 339.171

Shear Strength by Direct Shear
 (Small Shear Box)

Tesis ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO DE TALUDES EN LA CARRETERA DEL SECTOR PUGUENTIMARI, ENTRE LA PROGRESIVA DEL KM 0+000 AL KM 7+000, EN EL DISTRITO DE KUMPIRUSHIATO, PROVINCIA LA CONVENCION, CUSCO.

Solicitante :Bach. Wilson Gregorio Lozano Quispe

Talud N° :N°03

Ubicación : Distrito cusco, provincia cusco

Fecha : 10 de Agosto del 2025

Tipo de ensayo	consolidado drenado
SUCS	SC
UBICACIÓN	LG-IG

Velocidad de corte :0.5mm/minu

Densidad de Remoldeo 1.834 gr/cm3

ESPECIMEN 1
 Altura inicial :2cm
 Lado de la caja :6cm
 Area Inicial :36cm2
 Densidad Seca :1.834
 Humedad inicial :%11.11

ESPECIMEN 2
 Altura inicial :2cm
 Lado de la caja :6cm
 Area Inicial :36cm2
 Densidad Seca :1.834
 Humedad inicial :%11.12

ESPECIMEN 3
 Altura inicial :2cm
 Lado de la caja :6cm
 Area Inicial :36cm2
 Densidad Seca :1.834
 Humedad inicial :%11.11

ESFUERZO NORMAL	0.55
Desplazamiento horizontal	esfuerzo de corte
0	0
0.58	0.11
1.16	0.15
1.74	0.17
2.32	0.19
2.9	0.21
3.48	0.22
4.06	0.23
4.64	0.24
5.22	0.24
5.8	0.23
6.38	0.23
6.96	0.23
7.54	0.23
8.12	0.24
8.7	0.24
9.28	0.24
9.86	0.24
10.44	0.25
11.02	0.25
11.6	0.25
12.18	0.25
12.76	0.25
13.34	0.25
13.93	0.24
14.51	0.23
15.09	0.24
15.67	0.25
16.25	0.24
16.83	0.24

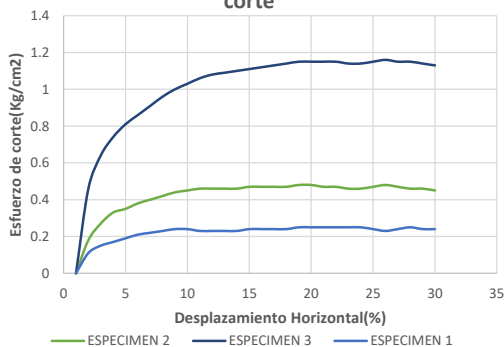
ESFUERZO NORMAL	1.21
Desplazamiento horizontal	esfuerzo de corte
0	0
0.58	0.18
1.16	0.27
1.74	0.33
2.32	0.35
2.9	0.38
3.48	0.4
4.06	0.42
4.64	0.44
5.22	0.45
5.8	0.46
6.38	0.46
6.96	0.46
7.54	0.46
8.12	0.47
8.7	0.47
9.28	0.47
9.86	0.47
10.44	0.48
11.02	0.48
11.6	0.47
12.18	0.47
12.76	0.46
13.34	0.46
13.93	0.47
14.51	0.48
15.09	0.47
15.67	0.46
16.25	0.46
16.83	0.45

ESFUERZO NORMAL	2.18
Desplazamiento horizontal	esfuerzo de corte
0	0
0.58	0.46
1.16	0.64
1.74	0.74
2.32	0.81
2.9	0.86
3.48	0.91
4.06	0.96
4.64	1
5.22	1.03
5.8	1.06
6.38	1.08
6.96	1.09
7.54	1.1
8.12	1.11
8.7	1.12
9.28	1.13
9.86	1.14
10.44	1.15
11.02	1.15
11.6	1.15
12.18	1.15
12.76	1.14
13.34	1.14
13.93	1.15
14.51	1.16
15.09	1.15
15.67	1.15
16.25	1.14
16.83	1.13

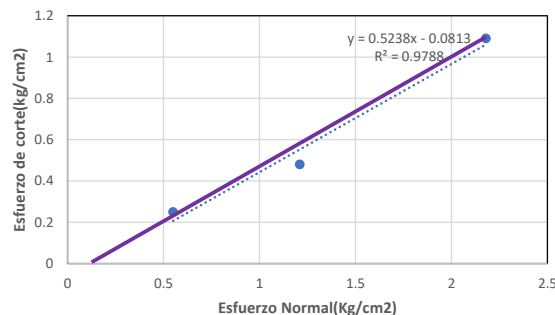
Esfuerzo normal	Esfuerzo Cortante
0.55	0.25
1.21	0.48
2.18	1.09



Desplazamiento horizontal Vs Esfuerzo de corte



Esfuerzo normal vs Esfuerzo Cortante



RESULTADOS

Angulo de fricción(): 27.49
 Cohesion: 0.08 kg/cm2



ENSAYO DE CORTE DIRECTO / ASTM D3080-04 / NTP 339.171

Shear Strength by Direct Shear
 (Small Shear Box)

Tesis ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO DE TALUDES EN LA CARRETERA DEL SECTOR PUGUENTIMARI, ENTRE LA PROGRESIVA DEL KM 0+000 AL KM 7+000, EN EL DISTRITO DE KUMPIRUSHIATO, PROVINCIA LA CONVENCIÓN, CUSCO.

Solicitante :Bach. Wilson Gregorio Lozano Quispe

Talud N° :N°05

Ubicación : Distrito cusco, provincia cusco

Fecha : 10 de Agosto del 2025

Velocidad de corte :0.5mm/minu

Densidad de Remoldeo

1.66 gr/cm3

Tipo de ensayo	consolidado drenado
SUCS	GC
UBICACIÓN	LG-IG

ESPECIMEN 1	
Altura inicial	:2cm
Lado de la caja	:6cm
Area Inicial	:36cm ²
Densidad Seca	:1.66
Humedad inicial	:%11.11

ESPECIMEN 2	
Altura inicial	:2cm
Lado de la caja	:6cm
Area Inicial	:36cm ²
Densidad Seca	:1.66
Humedad inicial	:%11.12

ESPECIMEN 3	
Altura inicial	:2cm
Lado de la caja	:6cm
Area Inicial	:36cm ²
Densidad Seca	:1.66
Humedad inicial	:%11.11

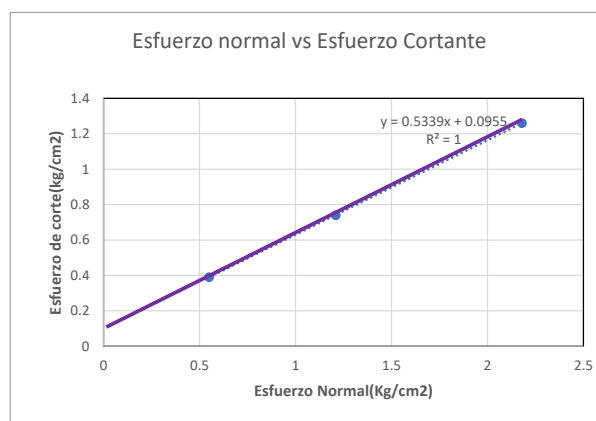
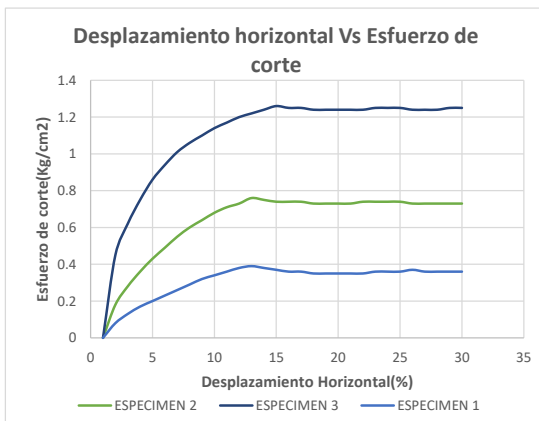
ESFUERZO NORMAL	0.55
Desplazamiento horizontal	esfuerzo de corte
0	0
0.58	0.08
1.16	0.13
1.74	0.17
2.32	0.2
2.9	0.23
3.48	0.26
4.06	0.29
4.64	0.32
5.22	0.34
5.8	0.36
6.38	0.38
6.96	0.39
7.54	0.38
8.12	0.37
8.7	0.36
9.28	0.36
9.86	0.35
10.44	0.35
11.02	0.35
11.6	0.35
12.18	0.35
12.76	0.36
13.34	0.36
13.93	0.36
14.51	0.37
15.09	0.36
15.67	0.36
16.25	0.36
16.83	0.36

ESFUERZO NORMAL	1.21
Desplazamiento horizontal	esfuerzo de corte
0	0
0.58	0.18
1.16	0.28
1.74	0.36
2.32	0.43
2.9	0.49
3.48	0.55
4.06	0.6
4.64	0.64
5.22	0.68
5.8	0.71
6.38	0.73
6.96	0.76
7.54	0.75
8.12	0.74
8.7	0.74
9.28	0.74
9.86	0.73
10.44	0.73
11.02	0.73
11.6	0.73
12.18	0.74
12.76	0.74
13.34	0.74
13.93	0.74
14.51	0.73
15.09	0.73
15.67	0.73
16.25	0.73
16.83	0.73

ESFUERZO NORMAL	2.18
Desplazamiento horizontal	esfuerzo de corte
0	0
0.58	0.45
1.16	0.62
1.74	0.75
2.32	0.86
2.9	0.94
3.48	1.01
4.06	1.06
4.64	1.1
5.22	1.14
5.8	1.17
6.38	1.2
6.96	1.22
7.54	1.24
8.12	1.26
8.7	1.25
9.28	1.25
9.86	1.24
10.44	1.24
11.02	1.24
11.6	1.24
12.18	1.24
12.76	1.25
13.34	1.25
13.93	1.25
14.51	1.24
15.09	1.24
15.67	1.24
16.25	1.25
16.83	1.25

Esfuerzo normal	Esfuerzo Cortante
0.55	0.39
1.21	0.74
2.18	1.26

FOTO GRAFIAS



RESULTADOS

Angulo de fricción(): 28.08
 Cohesion: 0.1 kg/cm²



ENSAYO DE CORTE DIRECTO / ASTM D3080-04 / NTP 339.171

Shear Strength by Direct Shear
 (Small Shear Box)

Tesis ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO DE TALUDES EN LA CARRETERA DEL SECTOR PUGUIENTIMARI, ENTRE LA PROGRESIVA DEL KM 0+000 AL KM 7+000, EN EL DISTRITO DE KUMPIRUSHIATO, PROVINCIA LA CONVENCION, CUSCO.

Solicitante :Bach. Wilson Gregorio Lozano Quispe

Talud N° :N°06

Ubicación : Distrito cusco, provincia cusco

Fecha : 10 de Agosto del 2025

Velocidad de corte :0.5mm/minu

Densidad de Remoldeo 1.634 gr/cm3

Tipo de ensayo	consolidado drenado
SUCS	GC
UBICACIÓN	LG-IG

ESPECIMEN 1	
Altura inicial	:2cm
Lado de la caja	:6cm
Area Inicial	:36cm ²
Densidad Seca	:1.634
Humedad inicial	:%11.11

ESPECIMEN 2	
Altura inicial	:2cm
Lado de la caja	:6cm
Area Inicial	:36cm ²
Densidad Seca	:1.634
Humedad inicial	:%11.12

ESPECIMEN 3	
Altura inicial	:2cm
Lado de la caja	:6cm
Area Inicial	:36cm ²
Densidad Seca	:1.634
Humedad inicial	:%11.11

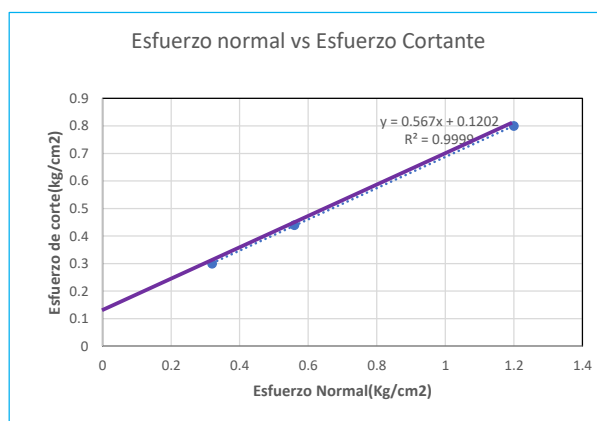
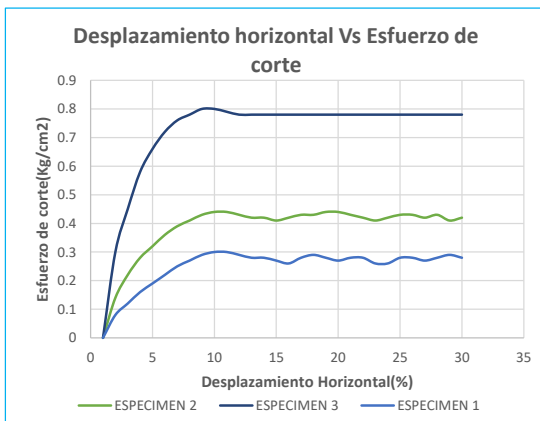
ESFUERZO NORMAL	0.32
Desplazamiento horizontal	esfuerzo de corte
0	0
0.58	0.08
1.16	0.12
1.74	0.16
2.32	0.19
2.9	0.22
3.48	0.25
4.06	0.27
4.64	0.29
5.22	0.3
5.8	0.3
6.38	0.29
6.96	0.28
7.54	0.28
8.12	0.27
8.7	0.26
9.28	0.28
9.86	0.29
10.44	0.28
11.02	0.27
11.6	0.28
12.18	0.28
12.76	0.26
13.34	0.26
13.93	0.28
14.51	0.28
15.09	0.27
15.67	0.28
16.25	0.29
16.83	0.28

ESFUERZO NORMAL	0.56
Desplazamiento horizontal	esfuerzo de corte
0	0
0.58	0.14
1.16	0.22
1.74	0.28
2.32	0.32
2.9	0.36
3.48	0.39
4.06	0.41
4.64	0.43
5.22	0.44
5.8	0.44
6.38	0.43
6.96	0.42
7.54	0.42
8.12	0.41
8.7	0.42
9.28	0.43
9.86	0.43
10.44	0.44
11.02	0.44
11.6	0.43
12.18	0.42
12.76	0.41
13.34	0.42
13.93	0.43
14.51	0.43
15.09	0.42
15.67	0.43
16.25	0.41
16.83	0.42

ESFUERZO NORMAL	1.2
Desplazamiento horizontal	esfuerzo de corte
0	0
0.58	0.3
1.16	0.45
1.74	0.58
2.32	0.66
2.9	0.72
3.48	0.76
4.06	0.78
4.64	0.8
5.22	0.8
5.8	0.79
6.38	0.78
6.96	0.78
7.54	0.78
8.12	0.78
8.7	0.78
9.28	0.78
9.86	0.78
10.44	0.78
11.02	0.78
11.6	0.78
12.18	0.78
12.76	0.78
13.34	0.78
13.93	0.78
14.51	0.78
15.09	0.78
15.67	0.78
16.25	0.78
16.83	0.78

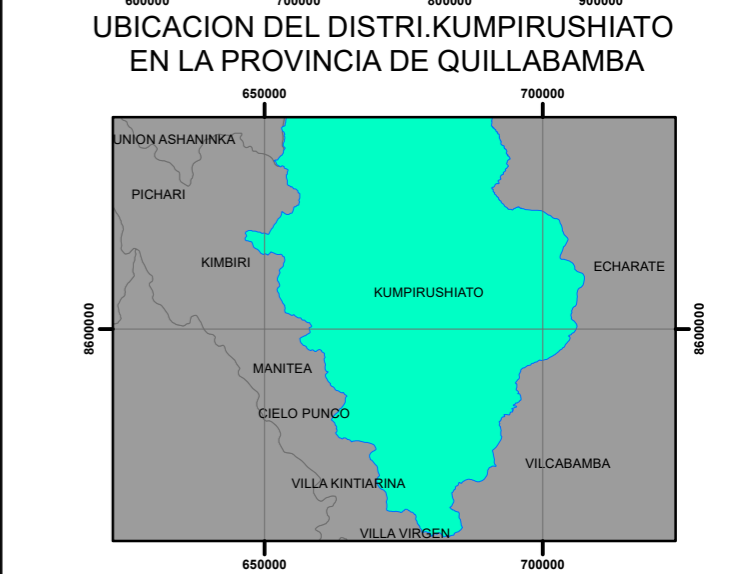
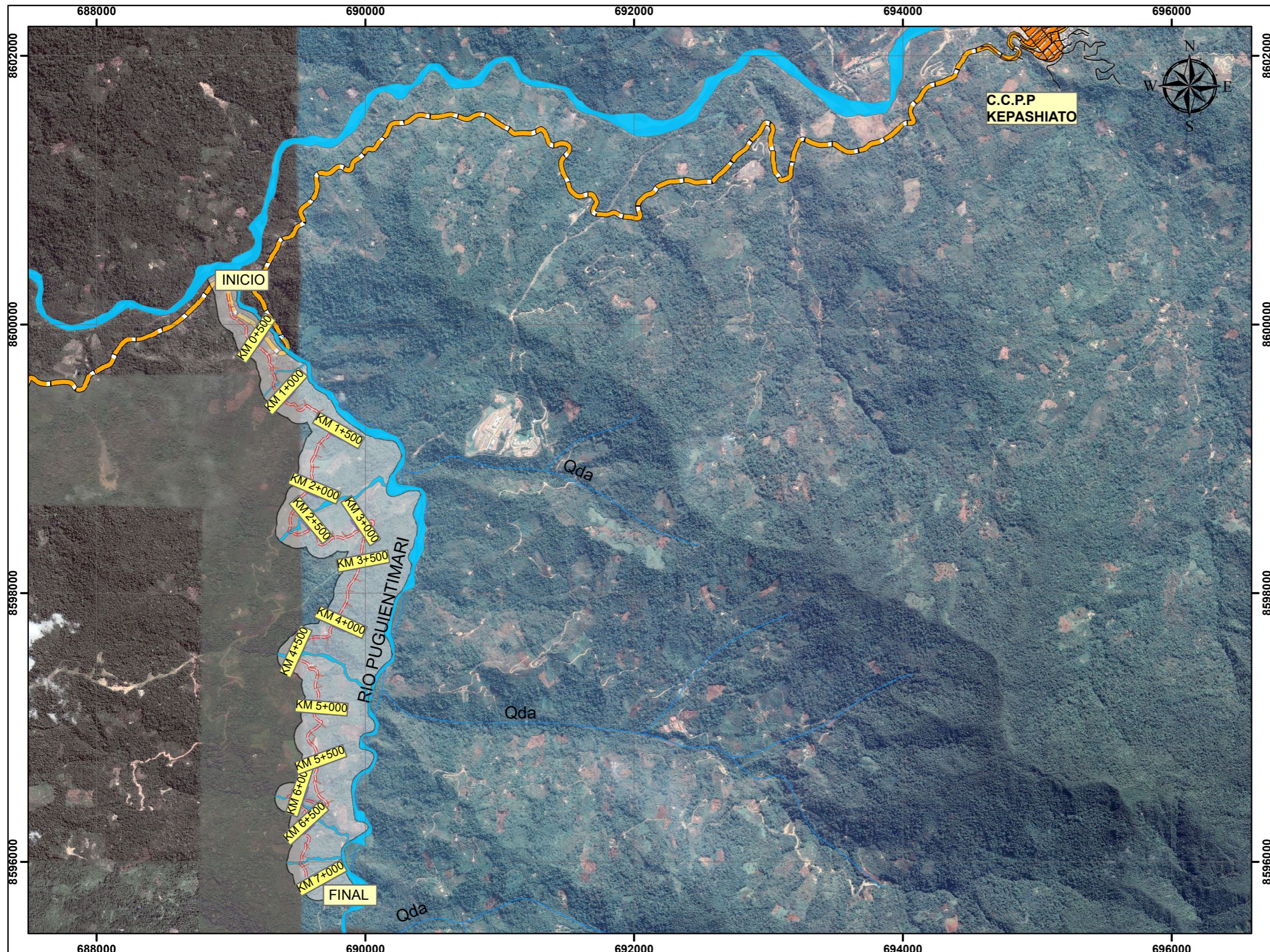
Esfuerzo normal	Esfuerzo Cortante
0.32	0.3
0.56	0.44
1.20	0.80

FOTO GRAFIAS



RESULTADOS

Angulo de fricción(): 29.49
 Cohesion: 0.11 kg/cm2



FACULTAD: INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGIA
CARRERA PROFESIONAL: INGENIERIA GEOLOGICA
ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO DE TALUDES EN LA CARRETERA DEL SECTOR PUGUIENTIMARI, ENTRE LA PROGRESIVA DEL KM 0+000 AL KM 7+000, EN EL DISTRITO DE KUMPIRUSHIATO, PROVINCA LA CONVECION, CUSCO

LEYENDA

	CC. POBLADO
SIMBOLOGIA	
	TRAMO DE CARRETERA
	Progr. en 100 m
	Progr. en 500
	DRENAJES
	VIA NACIONAL

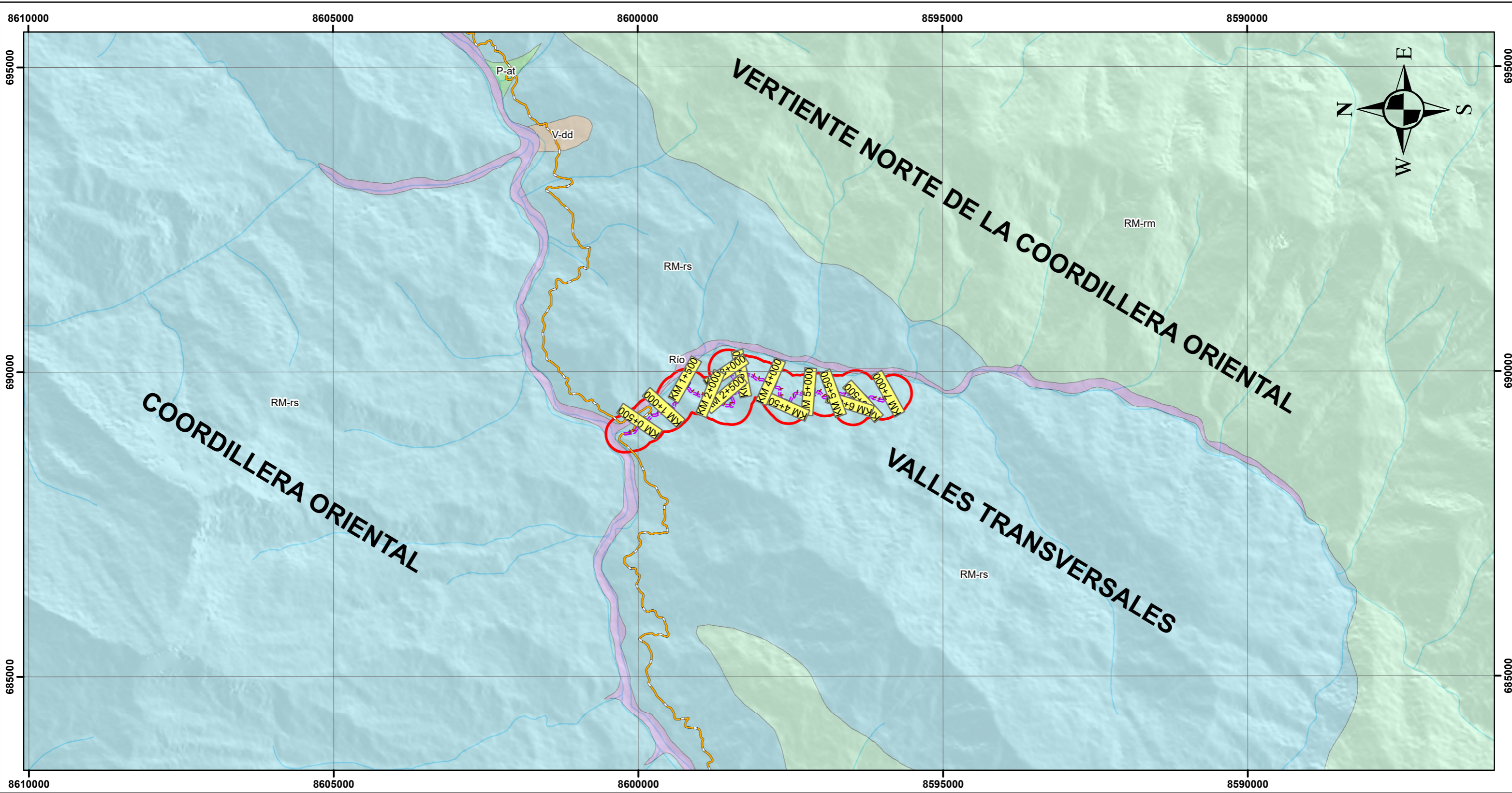
MAPA DE UBICACION DE LA ZONA DE ESTUDIO

ELABORADO POR:
BACH. WILSON G. LOZANO QUISPE

ESCALA: 1:30,000

REGION:	CUSCO	LAMINA:	MPU-N°01
PROVINCIA:	LA CONVECION		
DISTRITO:	KUMPIRUSHIATO		
ZONA:	18 SUR		

0 0.5 1 2 3 4 Kilometros



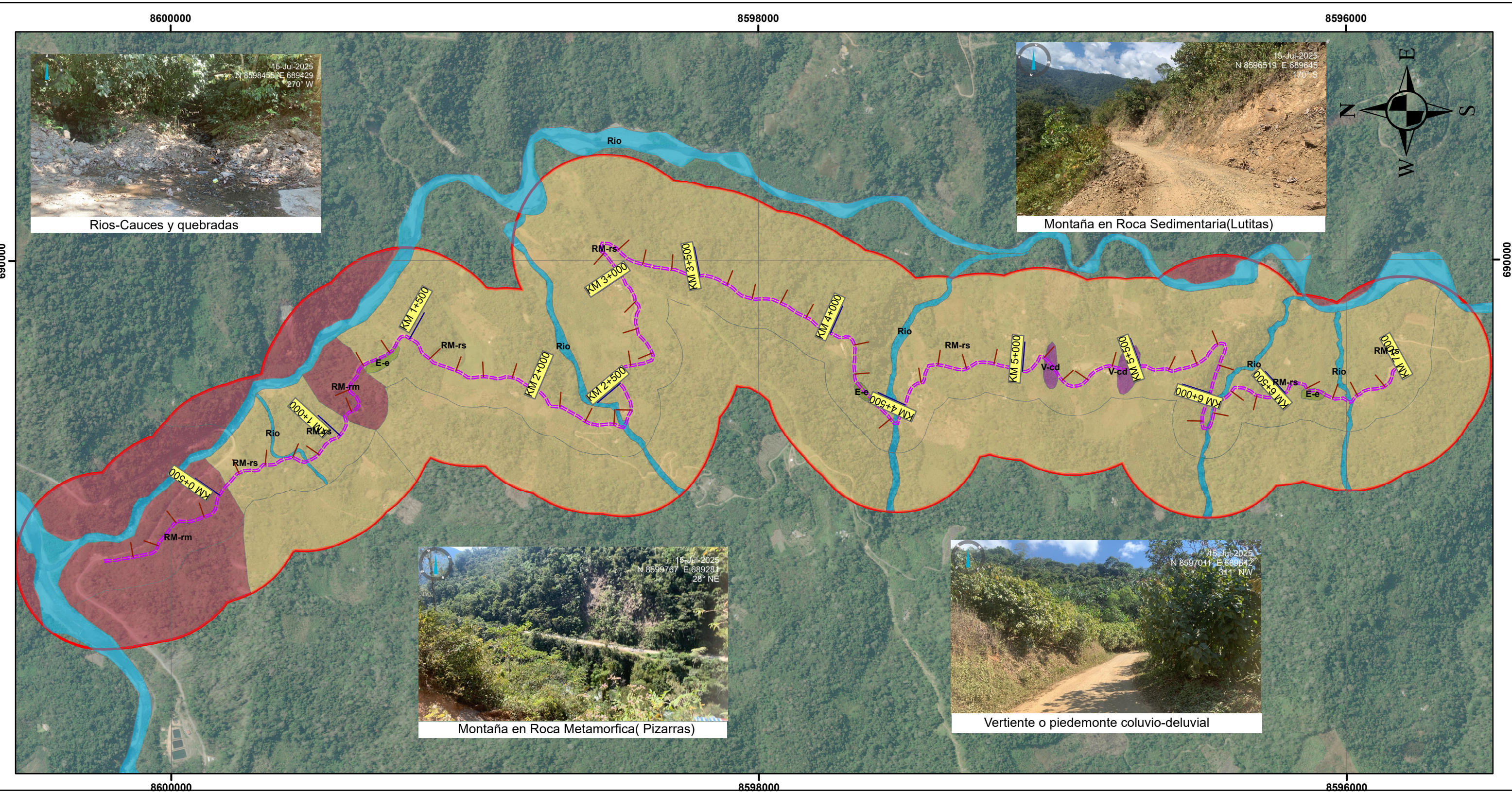
LEYENDA

	Cauce del río(Río)
	Montaña en roca metamórfica(RM-rm)
	Montaña en roca sedimentaria(RM-rs)
	Vertiente con depósito de deslizamiento(V-dd)
	Vertiente o piedemonte aluvio-torrencial(P-at)
	Vertiente o piedemonte coluvio-deluvial(V-cd)

SIMBOLOGIA

	CC.POBLADO
	TRAMO DE CARRETERA
	Progr. en 100 m
	Progr. en 500
	DRENAJES
	VIA NACIONAL

	UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGIA CARRERA PROFESIONAL: INGENIERIA GEOLOGICA	
ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO DE TALUDES EN LA CARRETERA DEL SECTOR PUGUIENTIMARI, ENTRE LA PROGRESIVA DEL KM 0+000 AL KM 7+000, EN EL DISTRITO DE KUMPIRUSHIATO, PROVINCIA LA CONVENCIÓN, CUSCO		
MAPA GEOMORFOLOGICO REGIONAL		
Realizado por el tesista:		LAMINA:
Bach. Wilson Gregorio Lozano Quispe		MP-GM-01
Ubicación:	Cusco-Provincia la Convencion-Dist.Kumpirushiato	
Datun:	WGS 84- 18 Sur	
Fecha:	Marzo del 2026	
Escala:	1:60,000	



Rios-Cauces y quebradas



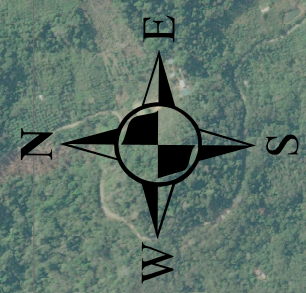
Montaña en Roca Sedimentaria(Lutitas)



Montaña en Roca Metamorfica(Pizarras)



Vertiente o piedemonte coluvio-deluvial



Escarpe Erosional

LEYENDA

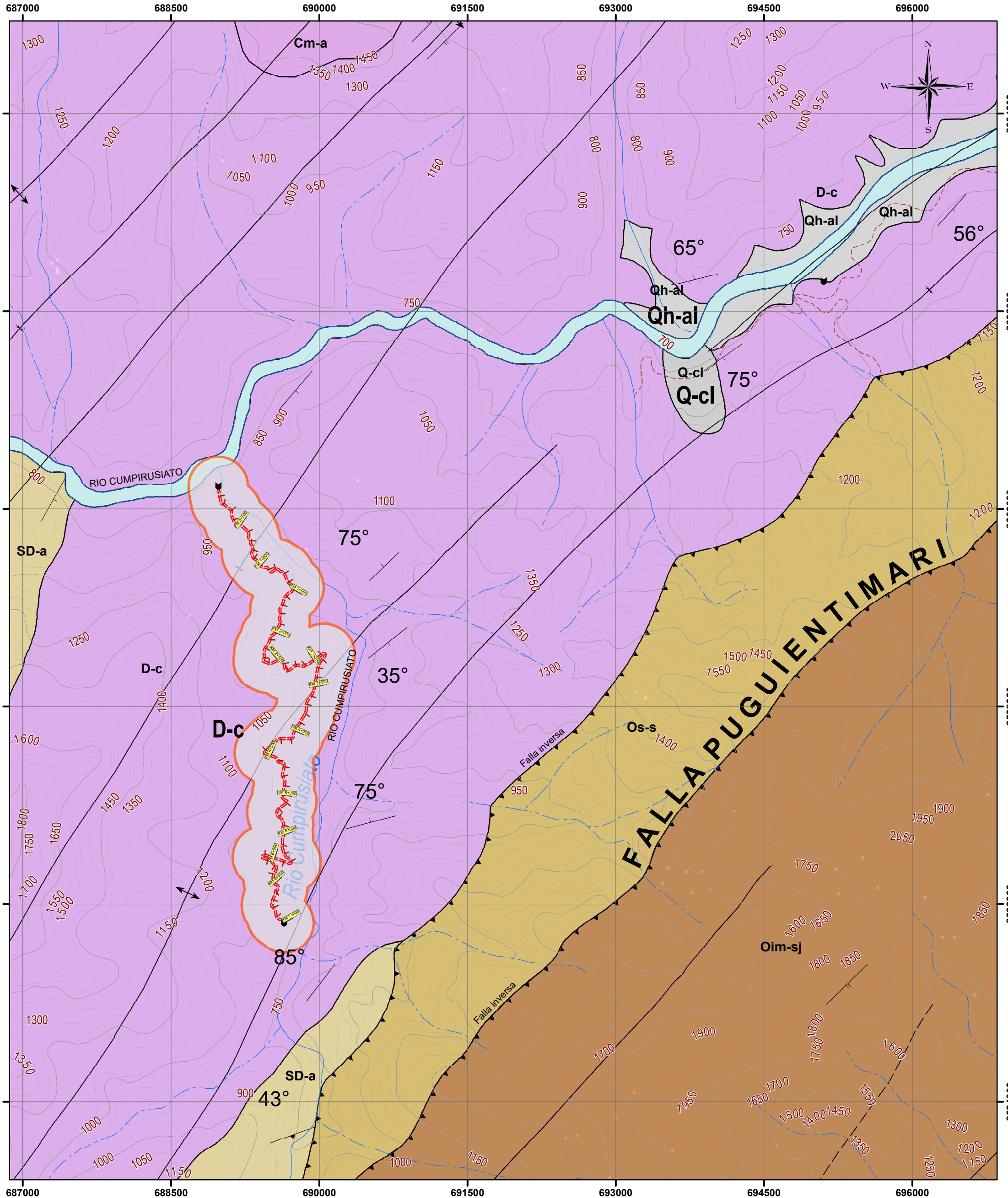
UNIDADES GEOMORFOLOGICAS

- Quebradas-Rios(Rio)
- Escarpe de erosion(E-e)
- Montaña en roca metamórfica(RM-rm)
- Montaña en roca sedimentaria(RM-rs)
- Vertiente o piedemonte coluvio-deluvial(V-cd)

SIMBOLOGIA

- CC.POBLADO
- TRAMO DE CARRETERA
- Progr. en 100 m
- Progr. en 500
- DRENAJES
- VIA NACIONAL

	UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGIA CARRERA PROFESIONAL: INGENIERIA GEOLOGICA	
ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO DE TALUDES EN LA CARRETERA DEL SECTOR PUGUENTIMARI, ENTRE LA PROGRESIVA DEL KM 0+000 AL KM 7+000, EN EL DISTRITO DE KUMPIRUSHIATO, PROVINCIA LA CONVENCIÓN, CUSCO		
MAPA GEOMORFOLOGICO LOCAL		
Realizado por el testista: Bach. Wilson Gregorio Lozano Quispe		LAMINA: MP-GM-02
Ubicación: Cusco-Provincia la Convencion-Dist.Kumpirushiato Datum: WGS 84- 18 Sur Fecha: Marzo del 2025 Escala: 1:12,500		





UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGIA
CARRERA PROFESIONAL: INGENIERIA GEOLOGICA



ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO DE TALUDES EN LA CARRETERA DEL SECTOR PUGUENTIMARI, ENTRE LA PROGRESIVA DEL KM 0+000 AL KM 7+000, EN EL DISTRITO DE KUMPIRUSHIATO, PROVINCIA LA CONVENCIÓN, CUSCO

MAPA GEOLOGICO REGIONAL

Fuente: Instituto Geologico, Minero y Metalurgico
INGEMMET (2011)
Mapa geologico Regional, Escala 1:100 000

Modificado por: Bach. Wilson Gregorio Lozano Quispe

Ubicación: Cusco-Provincia la Convencion-Dist.Kumpirushiato

Datun: WGS 84- 18 Sur

Fecha: Marzo del 2025

Escala: 1:35 000

LAMINA:

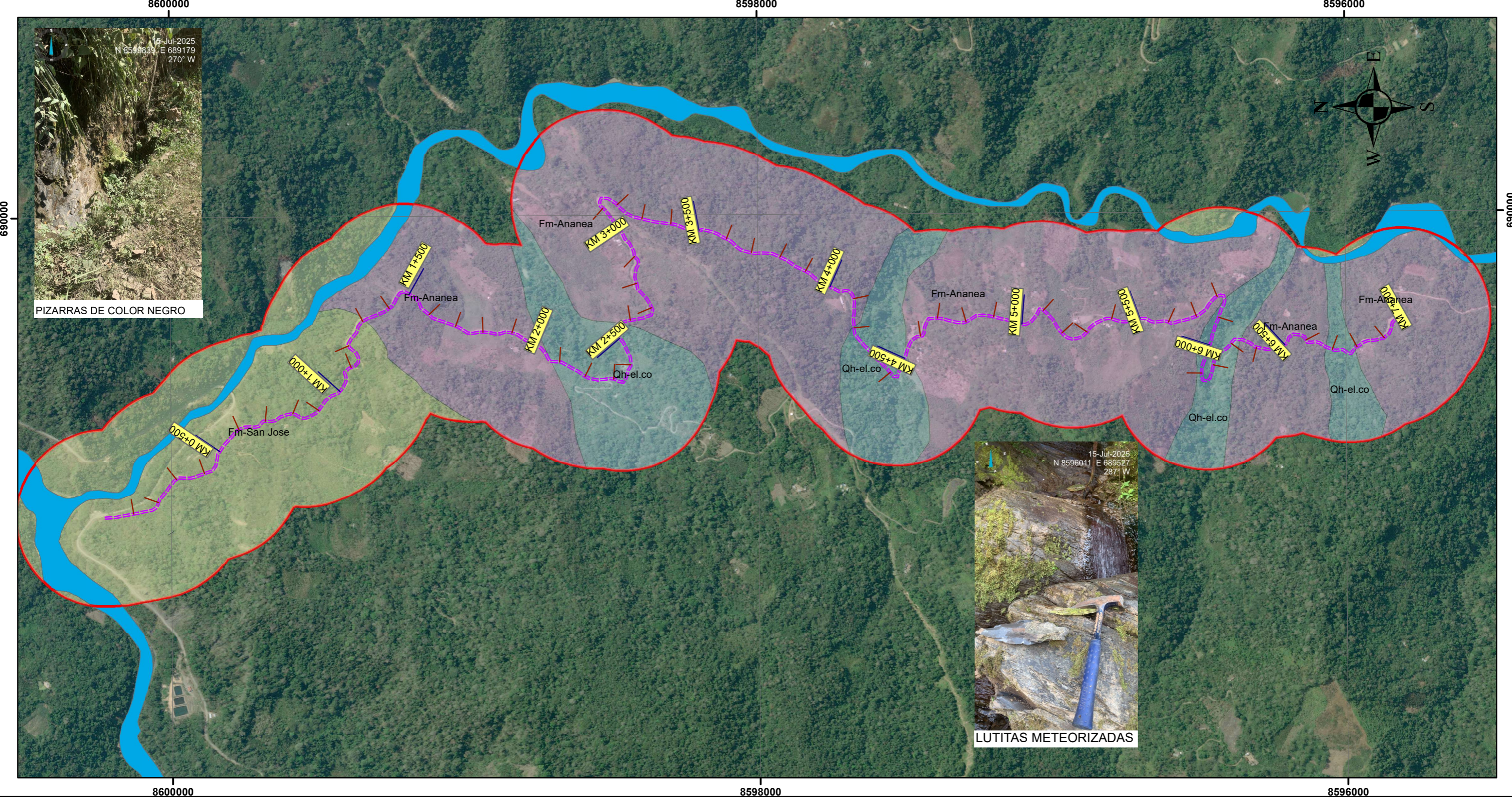
MP-G-01



SÍMBOLOS

	Rumbo y buzamiento de estratos		Localidad común
	Rumbo y buzamiento de foliación		Carretera afirmada, transitable
	Rumbo y buzamiento de estratos fotointerpretados 30°- 60°		Camino de herradura
	Rumbo y buzamiento de estratos fotointerpretados > 60°		Curva de nivel - primaria
	Falla normal		Curva de nivel - secundaria
	Falla inferida		Río principal
	Falla inversa		Río secundario
	Falla inversa inferida		Quebrada
	Lineamiento		
	Eje de anticlinal		
	Eje de sincinal		
	Eje de sincinal inferido		
	Contacto geológico		

ERATEMA	SISTEMA	SERIE	UNIDADES LITOESTRATIGRAFICAS		
CENOZOICO	CUATERNARIO	HOLOCENO	Deposito Coluvial	Q-cl	Fragmentos angulosos a subangulosos heterométricos en matriz arenolimos
			Deposito aluvial	Qh-al	Fragmentos polimicticos subangulosos mal seleccionado
			Deposito Glaciar	Q-g	Caros fragmentos subangulosos a subredondeados con una matriz limoarcillosa
PALEOZOICO	DEVONICO		Grupo Cabanillas	D-c	Areniscas Cuarzosas intercaladas con lutitas y limolitas con presencia de crinoides
			Formacion Ananea	SD-a	Lutitas y limolitas grises intercaladas con arenisca y niveles delgados de pizarras gris oscuras
ORDOVICICO	SILURICO		Formacion San Gaban	Os-s	Pizarras, diamictas cuarcitas intercalado con microconglomerado
		SUPERIOR	Formacion Sandia	Oim-s	Cuarzitas, lutitas y pizarras con nodulos calcareos, con lamacion segada y paralela
		MEDIO			
		INFERIOR	Grupo San Jose	Oim-sj	Pizarras gris oscuras y limolitas



PIZARRAS DE COLOR NEGRO



LUTITAS METEORIZADAS



Depositos Eluvio-Coluviales

LEYENDA

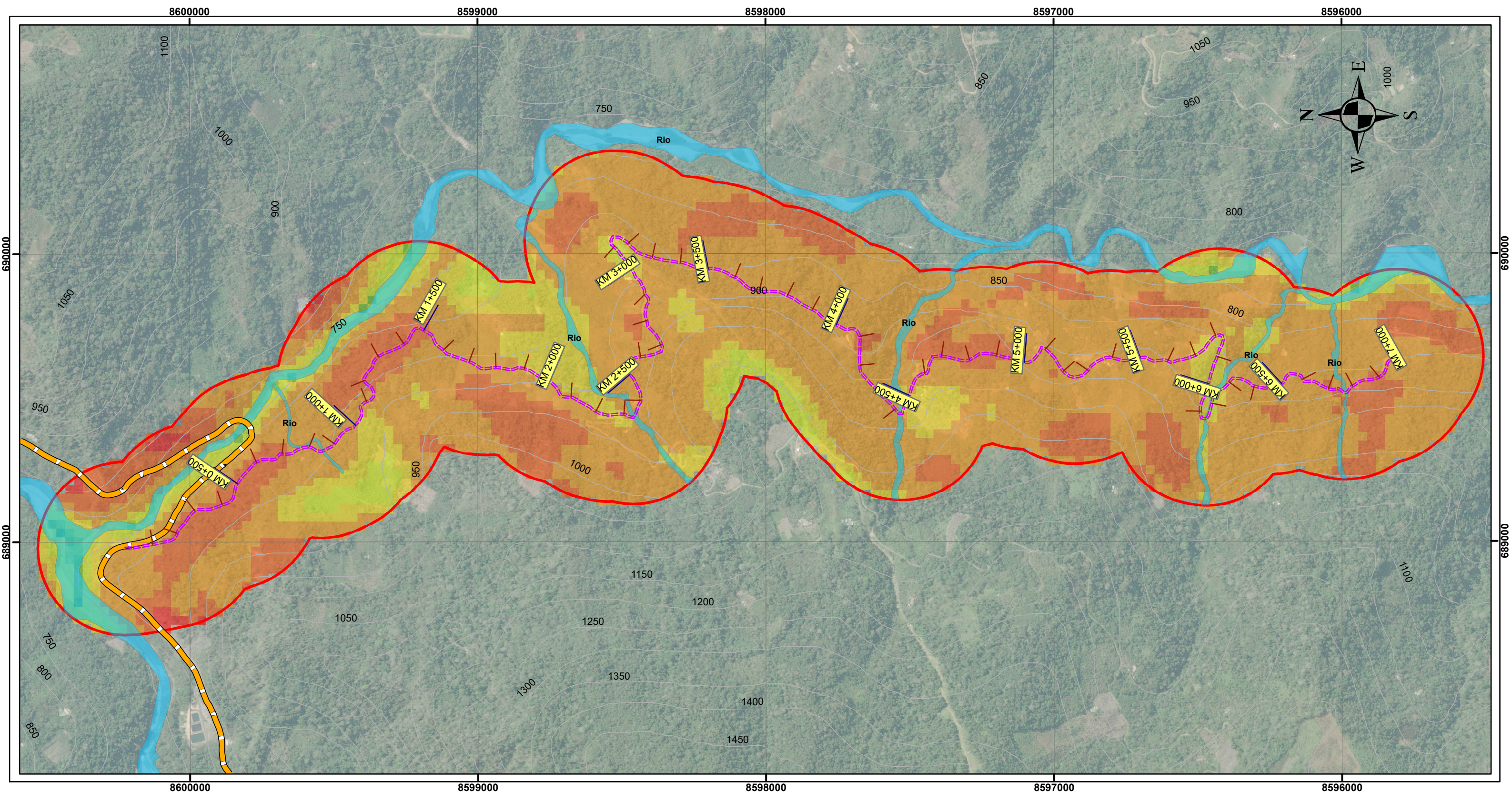
UNIDADES GEOLOGICAS

	Deposito Eluvio-Coluvial(Qh-el.Co)
	Lutitas-Formacion Ananea
	Pizarras-Grupo San Jose

SIMBOLOGIA

	CC. POBLADO
	TRAMO DE CARRETERA
	Progr. en 100 m
	Progr. en 500
	DRENAJES
	VIA NACIONAL

	UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGIA CARRERA PROFESIONAL: INGENIERIA GEOLOGICA	
ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO DE TALUDES EN LA CARRETERA DEL SECTOR PUGUENTIMARI, ENTRE LA PROGRESIVA DEL KM 0+000 AL KM 7+000, EN EL DISTRITO DE KUMPIRUSHIATO, PROVINCIA LA CONVENCIÓN, CUSCO		
MAPA DE UNIDADES GEOLOGICAS		
Realizado por el tesista: Bach. Wilson Gregorio Lozano Quispe		LAMINA:
Ubicación: Cusco-Provincia la Convection-Dist.Kumpirushiato	<h1 style="font-size: 2em; margin: 0;">MP-G-02</h1>	
Datun: WGS 84- 18 Sur		
Fecha: Marzo del 2025		
Escala: 1:12,500		



LEYENDA

PENDIENTES EN PORCENTAJE

- 0-2% LLano
- 2-4% Suavemente Inclinado
- 4-5% Llanura Media
- 5-15% Ligeramente Empinado
- 15-25% Moderadamente Empinado
- 25-50% Fuertemente Inclinado
- 50-75% Muy inclinado/Escarpado
- >75% Escarpados

SIMBOLOGIA

- CC.POBLADO
- TRAMO DE CARRETERA
- Progr. en 100 m
- Progr. en 500
- DRENAJES
- VIA NACIONAL



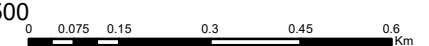
UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
 FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGIA
 CARRERA PROFESIONAL: INGENIERIA GEOLOGICA



ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO DE TALUDES EN LA CARRETERA DEL SECTOR PUGUENTIMARI, ENTRE LA PROGRESIVA DEL KM 0+000 AL KM 7+000, EN EL DISTRITO DE KUMPIRUSHIATO, PROVINCIA LA CONVENCION, CUSCO

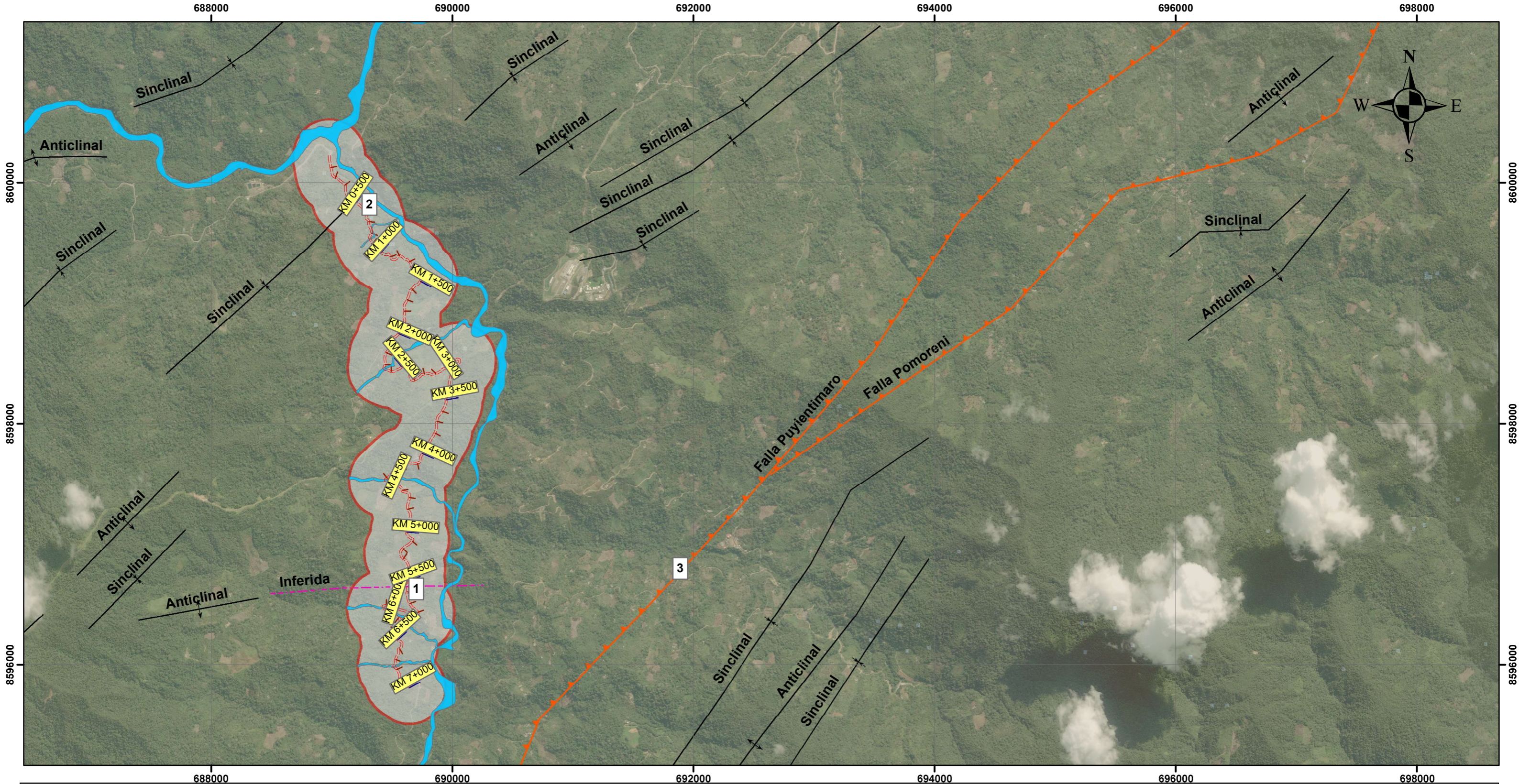

MAPA DE PENDIENTES

Realizado por el tesista:	Bach. Wilson Gregorio Lozano Quispe
Ubicación	Cusco-Provincia la Convencion-Dist.Kumpirushiato
Datun:	WGS 84- 18 Sur
Fecha	Marzo del 2025
Escala:	1:12,500



LAMINA:


MP-GM-02

1. ANTICLINAL
 Anticlinal en rocas lutitas expuestas en talud de la carretera en coordenadas UTM:
 N: 8596511
 E: 689697





3. FALLA PUYENTIMARO
 Observación de la falla de puyentimari vista desde el tramo de carretera en coordenadas UTM:
 N: 8596511
 E: 689697

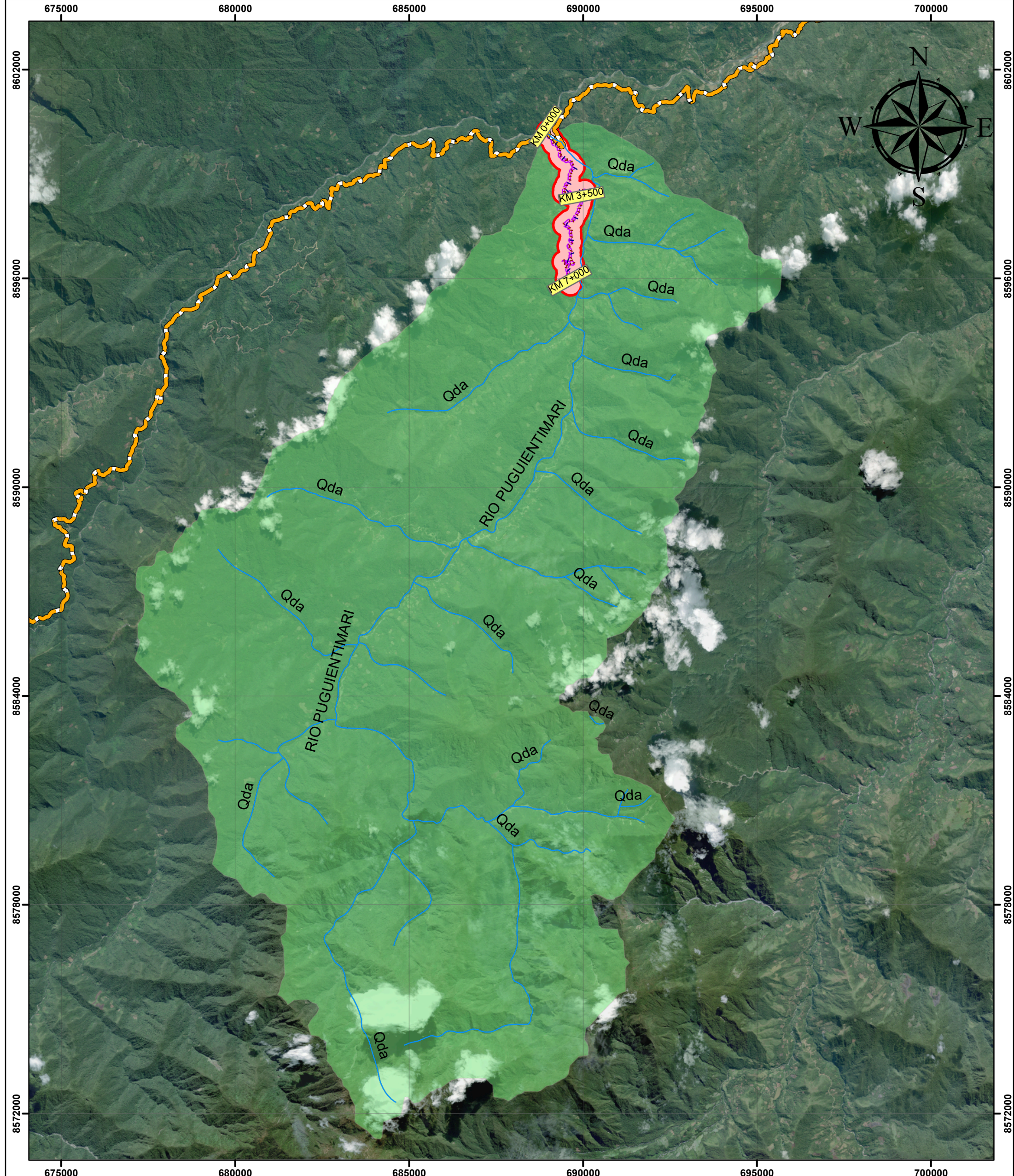


2. SINCLINAL
 Estructura de sinclinal en rocas pizarrosas vista en el tramo de carretera en coordenadas UTM:
 N: 8596511
 E: 689697

LEYENDA

- CC. POBLADO
- SIMBOLOGIA**
- TRAMO DE CARRETERA
- Progr. en 100 m
- Progr. en 500
- DRENAJES
- VIA NACIONAL
- SIMBOLOGIA-ESTRUCTURAL**
- Anticlinal
- Falla
- Sinclinal

	UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGIA CARRERA PROFESIONAL: INGENIERIA GEOLOGICA	
ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO DE TALUDES EN LA CARRETERA DEL SECTOR PUGUENTIMARI, ENTRE LA PROGRESIVA DEL KM 0+000 AL KM 7+000, EN EL DISTRITO DE KUMPIRUSHIATO, PROVINCIA LA CONVENCIÓN, CUSCO		
MAPA GEOLOGICO ESTRUCTURAL		
Fuente: Instituto Geologico, Minero y Metalurgico INGEMMET(2011) Mapa geologico Regional, Escala 1:100 000		LAMINA:
Modificado por: Bach. Wilson Gregorio Lozano Quispe		<h1>MP-GE-01</h1>
Ubicación	Cusco-Provincia la Convencion-Dist.Kumpirushiato	
Datun:	WGS 84- 18 Sur	
Fecha	Marzo del 2025	
Escala:	1:30,000 0 0.225 0.45 0.9 1.35 1.8 Km	



LEYENDA



MICROCUENCA-PUGUIENTIMARI

SIMBOLOGIA

- CC. POBLADO
- TRAMO DE CARRETERA
- Progr. en 100 m
- Progr. en 500
- DRENAJES
- VIA NACIONAL



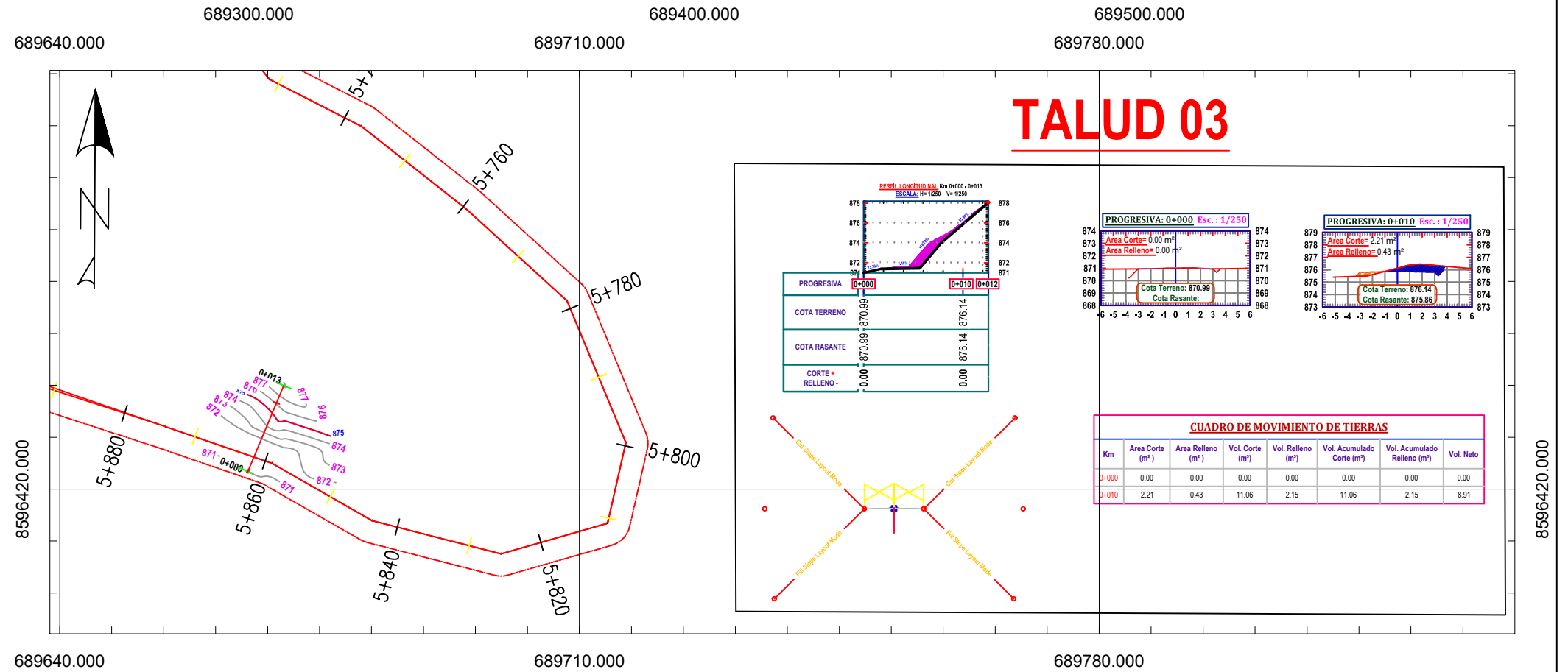
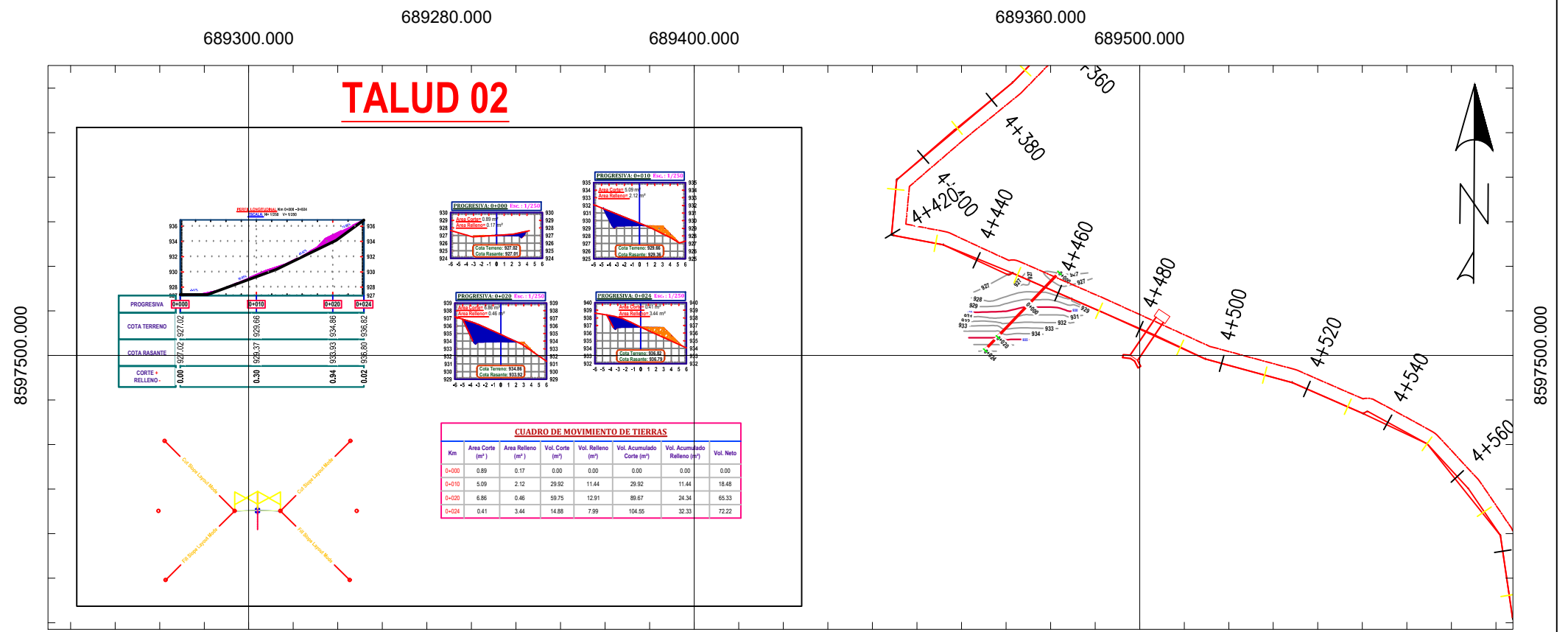
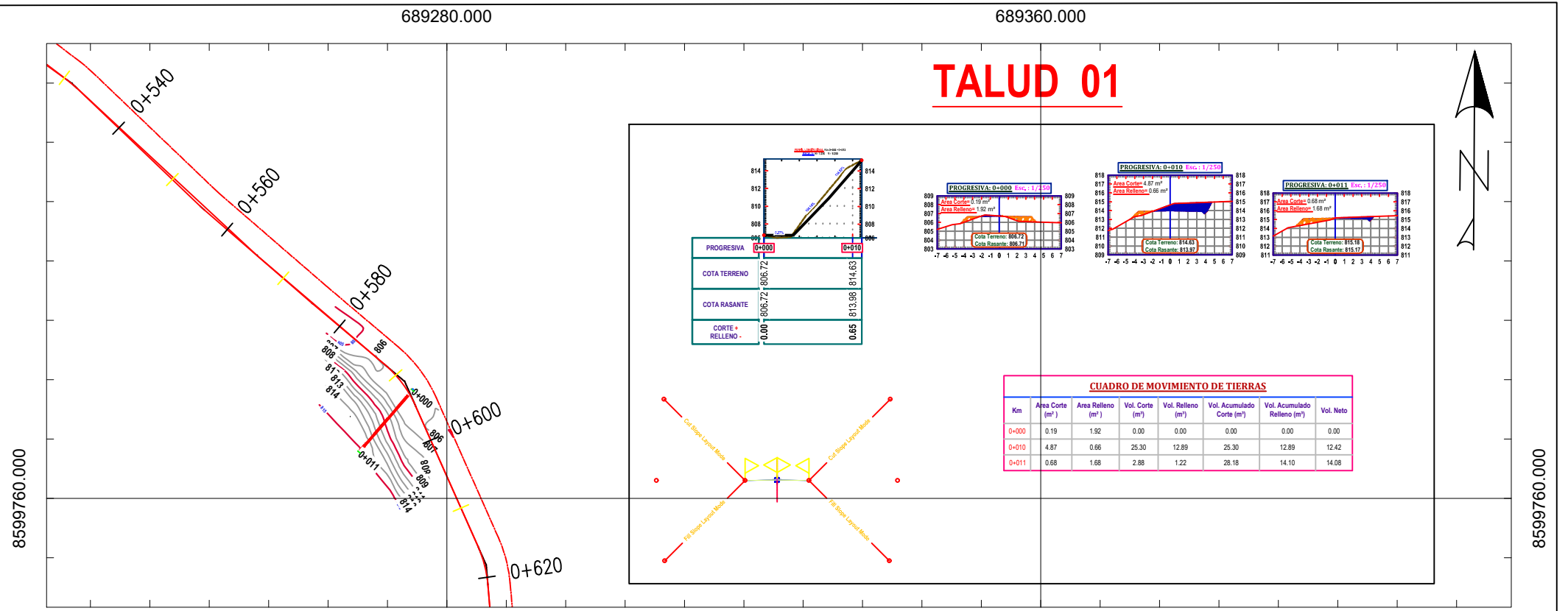
UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGIA
CARRERA PROFESIONAL: INGENIERIA GEOLOGICA



ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO DE TALUDES EN LA CARRETERA DEL SECTOR PUGUIENTIMARI, ENTRE LA PROGRESIVA DEL KM 0+000 AL KM 7+000, EN EL DISTRITO DE KUMPIRUSHIATO, PROVINCIA LA CONVENCION, CUSCO

MAPA DE DELIMITACION DE LA MICROCUENCA DE ANALISIS (SENAHMI)

Realizado por el tesista:	Bach. Wilson Gregorio Lozano Quispe	LAMINA:
Ubicación	Cusco-Provincia la Convencion-Dist. Kumpirushiato	MP-H-01
Datun:	WGS 84- 18 Sur	
Fecha:	Marzo del 2025	
Escala:	1:100,000	



LEYENDA

Curva de nivel	878
Kilometraje de vía	
Carretera existente	
Alcantarilla Existente	
Baden Existente	

UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
 FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGIA
 CARRERA PROFESIONAL: INGENIERIA GEOLOGICA

ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO DE TALUDES EN LA CARRETERA DEL SECTOR PUGUENTIMARI, ENTRE LA PROGRESIVA DEL KM 0+000 AL KM 7+000, EN EL DISTRITO DE KUMPIRUSHIATO, PROVINCIA LA CONVENCIÓN, CUSCO

PLANO DE CORTES TRANSVERSALES DE TALUDES Y OBRAS DE ARTE

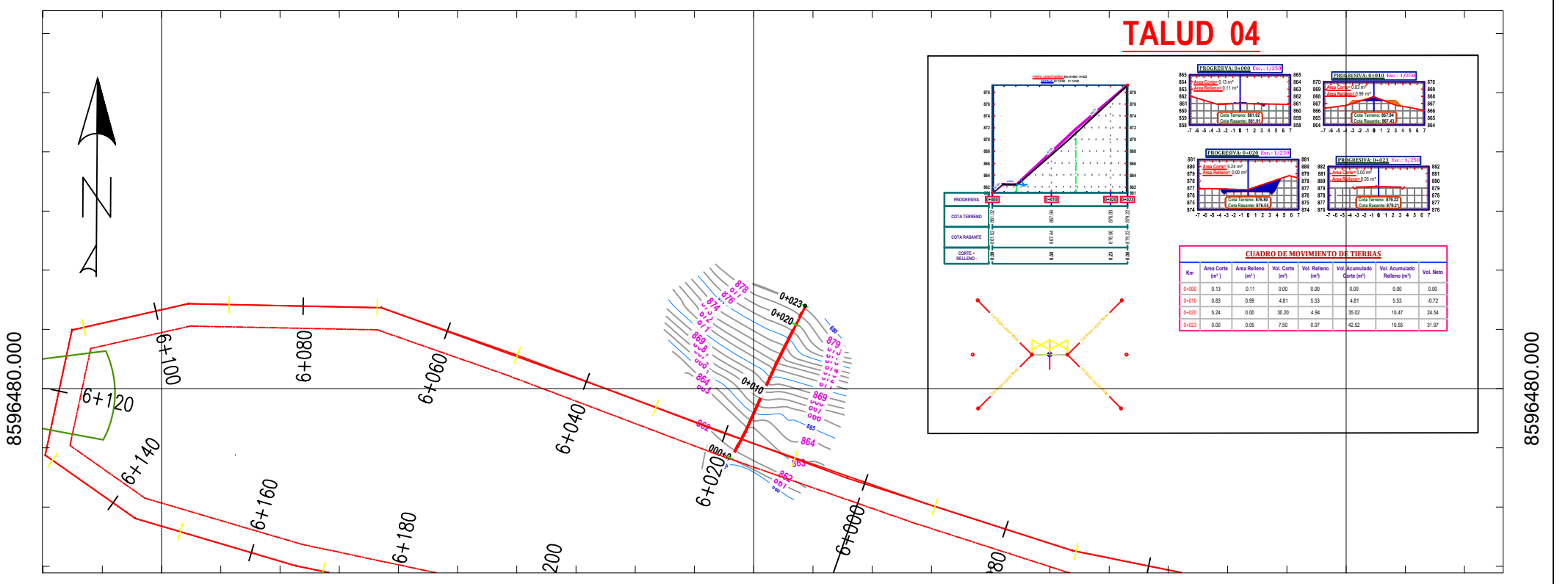
Realizado por el testista:		LAMINA:
Bach. Wilson Gregorio Lozano Quispe		
Ubicación	Cusco-Provincia la Convención-Dist.Kumpirushiato	
Datun:	WGS 84- 18 Sur	
Fecha	Marzo del 2025	
Escala:	Esc.: 1/750	

PCT-T-OA-01

689440.000

689520.000

689600.000



689440.000

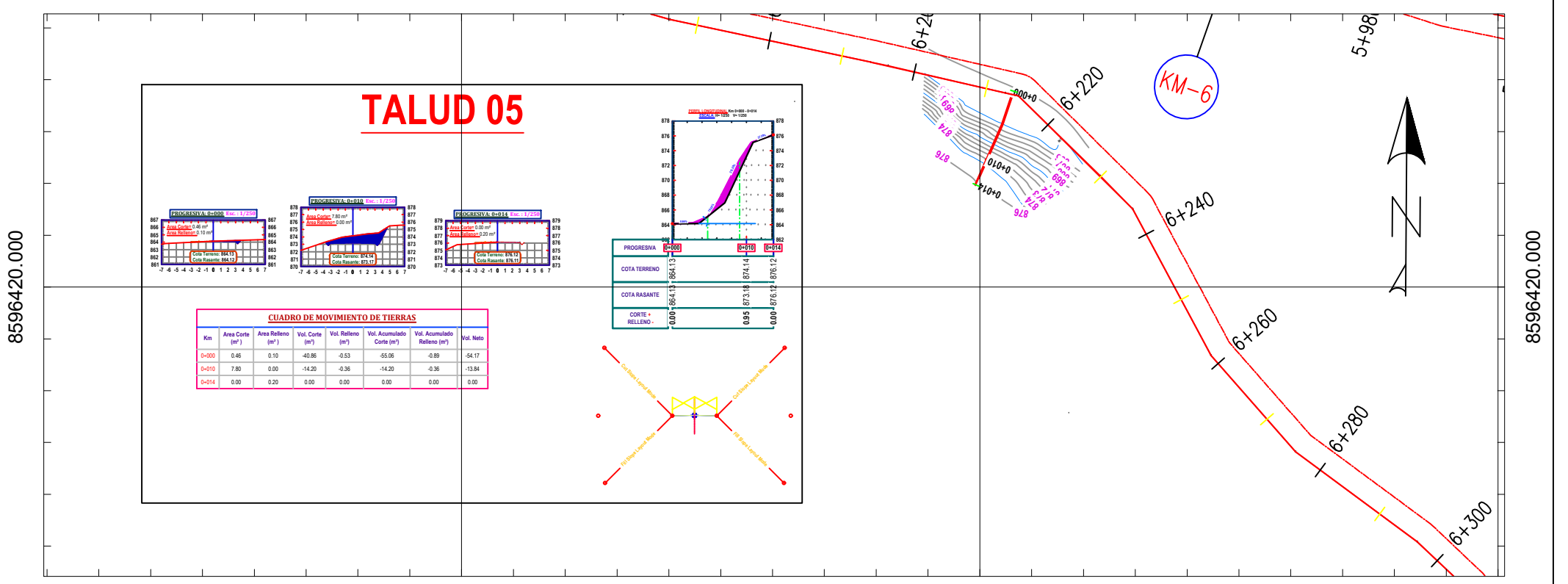
689430.000

689520.000

689500.000

689600.000

689570.000



689430.000

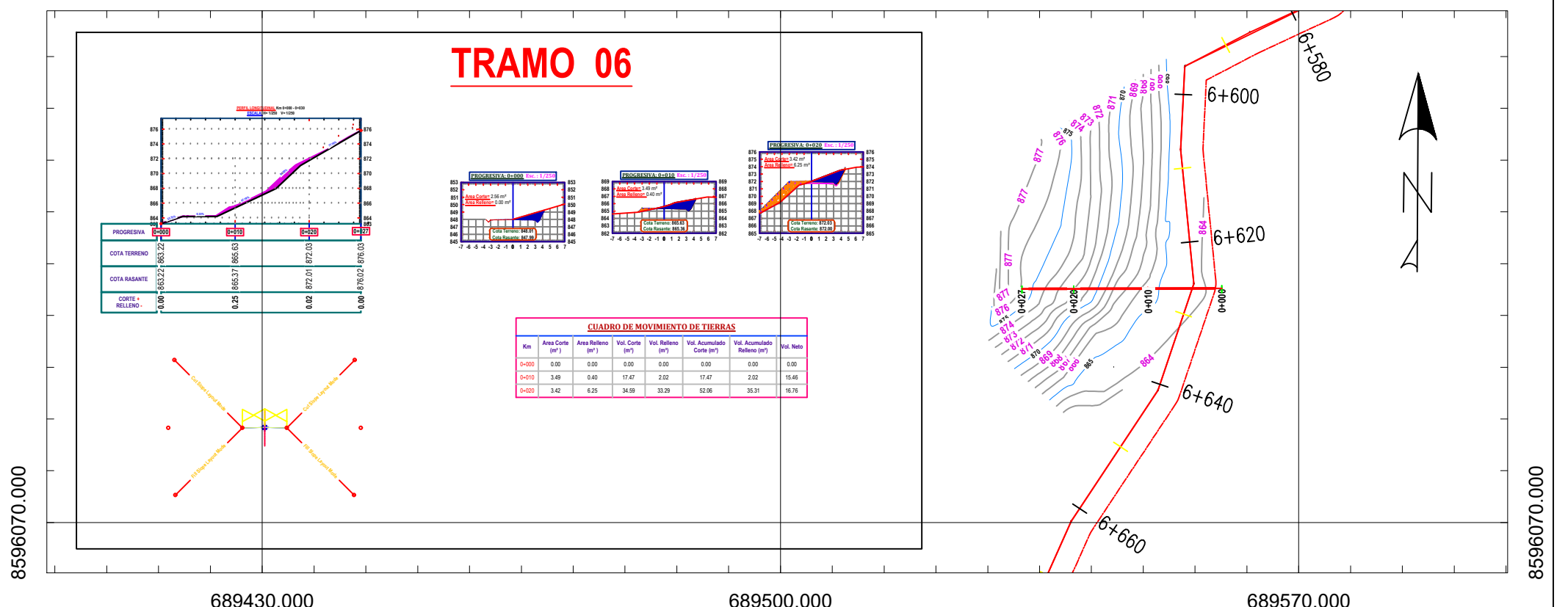
689430.000

689500.000

689500.000

689570.000

689570.000



689430.000

689500.000

689570.000

689570.000

LEYENDA

- Curva de nivel
- Kilometraje de vía
- Carretera existente
- Alcantarilla Existente
- Baden Existente



UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABADEL CUSCO
 FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGIA
 CARRERA PROFESIONAL: INGENIERIA GEOLOGICA



ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO DE TALUDES EN LA CARRETERA DEL SECTOR PUGUENTIMARI, ENTRE LA PROGRESIVA DEL KM 0+000 AL KM 7+000, EN EL DISTRITO DE KUMPIRUSHIATO, PROVINCIA LA CONVENCIÓN, CUSCO

PLANO DE CORTES TRANSVERSALES DE TALUDES Y OBRAS DE ARTE

Realizado por el tesista: **Bach. Wilson Gregorio Lozano Quispe**
 Ubicación: **Cusco-Provincia la Convencion-Dist.Kumpirushiato**
 Datum: **WGS 84- 18 Sur**
 Fecha: **Marzo del 2025**
 Escala: Esc: 1/750

LAMINA:

PCT-T-OA-02