

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS



TESIS

**ESTABILIZACIÓN GEOTÉCNICA DEL DESLIZAMIENTO DE LA LADERA - MINA
LA VICTORIA, DISTRITO QUIRUVILCA, PROVINCIA SANTIAGO DE CHUCO.**

Para Optar el Título Profesional de:
INGENIERO DE MINAS

AUTOR:

Bach. Ortiz Barboza Jose Weider

ASESOR:

Dr. Rodríguez Cruzado Segundo Reinaldo

Cajamarca – Perú

– 2024 –



CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

- FACULTAD DE INGENIERÍA -

- Investigador:** Ortiz Barboza Jose Weider.
DNI: 71940762
Escuela Profesional: Ingeniería de Minas.
- Asesor:** Dr. Rodríguez Cruzado Segundo Reinaldo.
Facultad: Facultad de Ingeniería
- Grado académico o título profesional**
 Bachiller Título profesional Segunda especialidad
 Maestro Doctor
- Tipo de Investigación:**
 Tesis Trabajo de investigación Trabajo de suficiencia profesional
 Trabajo académico
- Título de Trabajo de Investigación:**

ESTABILIZACIÓN GEOTÉCNICA DEL DESLIZAMIENTO DE LA LADERA – MINA LA VICTORIA,
DISTRITO QUIRUVILCA, PROVINCIA SANTIAGO DE CHUCO.
- Fecha de evaluación:** Noviembre 26, 2024
- Software antiplagio:** TURNITIN URKUND (OURIGINAL) (*)
- Porcentaje de Informe de Similitud:** 15
- Código Documento:** oid: 3117:409889358
- Resultado de la Evaluación de Similitud:**
 APROBADO PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión: 27/11/2024

	<p>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA FACULTAD DE INGENIERÍA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN</p>  <p>----- Dra. Ing. Laura Sofía Bazán Díaz DIRECTORA</p>
<hr/> <p>FIRMA DEL ASESOR Dr. Segundo Reinaldo Rodríguez Cruzado</p> <p>DNI: 26722961</p>	<hr/> <p>UNIDAD DE INVESTIGACIÓN FI</p>

* En caso se realizó la evaluación hasta setiembre de 2023

AGRADECIMIENTO

Agradezco a la Universidad Nacional de Cajamarca y a la Escuela Profesional de Ingeniería de Minas por acogerme y brindarme el conocimiento profesional, de igual manera a los docentes, por compartir su conocimiento y sabiduría en el campo laboral.

Mi más sincero agradecimiento al Dr. Reinaldo Rodríguez Cruzado, por brindarme su amistad, asesorarme y compartir sus conocimientos para la gestión de mi tesis profesional.

DEDICATORIA

La presente tesis lo dedico a mis padres, por instruirme, orientarme y motivarme en cada etapa de la vida llena de adversidades ayudándome a conquistar las metas propuestas y por proponer, siendo de gran ayuda en mi éxito profesional e intelectual.

De igual manera dedico mi tesis a mis hermanos y hermanas, por acompañarme constantemente en este camino de retos y desafíos, hacia el éxito profesional.

Gracias a todos por su apoyo constante e incondicional.

CONTENIDO

	Pág.
AGRADECIMIENTO	ii
DEDICATORIA	iii
LISTA DE ABREVIATURAS	vii
LISTA DE CUADROS	ix
LISTA DE FIGURAS	x
LISTA DE PLANOS	xiv
RESUMEN	xv
ABSTRACT	xvi

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN	1
--------------------	---

CAPITULO II MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES	3
2.1.1 Internacionales	3
2.1.2 Nacionales	4
2.1.3 Locales	6
2.2 BASES TEÓRICAS	8
2.2.1 Unidades Morfogenéticas	8
2.2.2 Fallamiento en Roca	9
2.2.3 Deslizamientos	12
2.2.4 Unidades Hidrográficas	15
2.2.5 Geosintéticos	16
2.2.6 Inestabilidad de Taludes y Laderas	18
2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS	21

CAPÍTULO III MATERIALES Y MÉTODOS

3.1	UBICACIÓN	23
3.2	ACCESIBILIDAD.....	23
3.3	CLIMA Y VEGETACIÓN	25
3.4	GEOLOGÍA LOCAL	26
3.5	UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS	29
3.6	HIDROLOGÍA.....	34
3.7	GEODINÁMICA.....	38
3.9	GEOTECNIA	42
3.9.1	Estación Geotécnica 1, Tramo Km. 00 + 090	43
3.9.2	Estación Geotécnica 2, Tramo Km. 00 + 042	49
3.9.3	Estación Geotécnica 3, Tramo Km. 00 + 140	53
3.9.4	Estación Geotécnica 4, Tramo Km. 00 + 042	58
3.8	METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	62
3.8.1	Tipo, nivel, diseño y método de investigación.....	62
3.8.2	Población.....	63
3.8.3	Muestra	63
3.8.4	Unidad de análisis	63
3.8.5	Etapas de recolección de información	63
3.8.6	Equipos, materiales y soporte computacional.....	64
3.8.7	Definición de variables.....	65
3.8.8	Matriz de consistencia	65

CAPÍTULO IV PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1	PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.....	67
4.1.1	Cartografiado geológico – geoestructural.....	67
4.1.2	Incidencia de la precipitación e infiltración.....	70
4.1.3	Propiedades geomecánicas.....	73

4.1.4 Sistema de estabilización	75
	Pág.
4.2 CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS	77

CAPÍTULO V
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES	78
5.2 RECOMENDACIONES	79
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	80
ANEXOS	86
ANEXO A: AUTORIZACIÓN DE LA EMPRESA	86
ANEXO B: REGISTROS GEOLÓGICOS – GEOTÉCNICOS	88
ANEXO C: PLANOS	93

LISTA DE ABREVIATURAS

WGS-84	:	Sistema Geodésico Mundial 1984.
UTM	:	Universal Transversal de Mercator.
SUCS	:	Sistema Unificado de Clasificación de Suelos.
3th	:	Edición de libro.
ISSN	:	Número internacional normalizado de publicaciones seriadas.
DG	:	Diseño Geométrico.
MC	:	Morh-Coulomb.
HB	:	Hoek-Brown.
V-dd	:	Vertiente con depósito de deslizamiento.
V-cd	:	Piedemonte.
P-at	:	Piedemonte aluvio-torrencial.
Tmts	:	Toba superior.
Qdt	:	Depósito de Talud.
Qta	:	Depósitos de terrazas aluviales.
Qlp	:	Depósitos Lacustres
RSN	:	Red sismológica nacional.
σ_{ci}	:	Resistencia a la compresión uniaxial.
$\sigma_{3m\acute{a}x}$:	Tensión de confinamiento.
σ'_t	:	Resistencia a la tracción.
σ'_{ct}	:	Resistencia global.
σ_1	:	Esfuerzo principal mayor.
σ_3	:	Esfuerzo principal menor.
T	:	Esfuerzo de corte.
σ_n	:	Esfuerzo normal.
σ'_{cm}	:	Resistencia del Macizo Rocoso.
c	:	Cohesión.
φ	:	Ángulo de Fricción.
E_i	:	Módulo de Deformación de Laboratorio de la matriz rocosa.
MR	:	Relación del Módulo.
D	:	Factor de Disturbancia.
RQD	:	Índice de calidad de roca.
RMR	:	Valoración de la masa rocosa.
GSI	:	Índice de Resistencia Geológica.
SCo	:	Coluviales antiguos y recientes.
MEF	:	Método de Elementos Finitos.
Vb	:	Volumen de bloque.
LF	:	Levemente fracturada.
F	:	Moderadamente fracturada.
MF	:	Muy fracturada.
F	:	Intensamente fracturada.
T	:	Triturada.
JC	:	Factor de estado de las diaclasas.
Nx	:	Falla Normal.
Ix	:	Falla Inversa.

Dx	:	Falla Dextral.
Fp	:	Fallamiento planar
Fc	:	Fallamiento por cuña.
FVul	:	Fallamiento por vuelco.
γ	:	Peso específico de la roca.
Pe	:	Peso específico.
R2, R3..	:	Grado de estimación de roca.
λ	:	Lamda.
D	:	Dip.
DD	:	Dip direction.
FS	:	Factor de Seguridad.
A-A'	:	Sección.
1:10	:	H:V
f'c	:	Resistencia.
E-1	:	Estación geotécnica.
m/m	:	Pendiente.
Tc	:	Tiempo de concentración.
I	:	Intensidad de precipitación.

LISTA DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 2.1. Valores referenciales para taludes en corte (Relación H:V). (*) Requerimiento de banquetas y/o estudio de estabilidad. Fuente: DG-2018.	19
Cuadro 3.1. Acceso a la zona de estudio.	24
Cuadro 3.2. Áreas y porcentajes de las unidades morfogenética de la zona de estudio.	33
Cuadro 3.3. Unidades Morfogenéticas relacionadas por eventos de litológicos.	34
Cuadro 3.4. Precipitación máxima mes vs. años - Estación meteorológica Cachicadan.	34
Cuadro 3.5. Resultado de infiltración calculada	35
Cuadro 3.6. Variables independientes y dependientes.....	65
Cuadro 3.7. Matriz de consistencia.	66
Cuadro 4.1. Resultado de infiltración de la zona de estudio	72
Cuadro 4.2. Estimación cuantitativa y cualitativa el macizo rocoso – criterios empíricos.	74
Cuadro 4.3. Valores de las constantes elásticas, mediante criterios: Hoek-Brown y Mohr-Coulomb.	74
Cuadro 4.4. Probabilidad de fallamiento en rocas – software Dips.	75
Cuadro 4.5. Método de estabilización taludes.	76
Cuadro 5.1. Registro geológico-geotécnico. Estación geotécnica E-1.	89
Cuadro 5.2. Registro geológico-geotécnico. Estación geotécnica E-2.	90
Cuadro 5.3. Registro geológico-geotécnico. Estación geotécnica E-3.	91
Cuadro 5.4. Registro geológico-geotécnico. Estación geotécnica E-4.	92

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 2.1. Principales tipos de fallamientos en taludes y condiciones geológicas geoestructurales que causan los fallamientos: (A) Fallamiento planar (B) Fallamiento por cuña, (C) Fallamiento por Vuelco y (D) Fallamiento circular. Fuente: Wyllie y Mah, 2004.	11
Figura 2.2. Vista general del deslizamiento de tierra, en Pataz (Perú) - 2022	13
Figura 2.3. Deslizamiento rotacional Fuente: Skinner & Porter, 1992.	14
Figura 2.4. Deslizamiento de traslación Fuente: Skinner & Porter, 1992.	15
Figura 2.5. Cuenca, subcuenca y microcuenca. Fuente: Casaverde, 2011.	16
Figura 2.6. Diagrama de diseño de cunetas para la captación de caídas de rocas Fuente: Ritchie, 1963.	20
Figura 3.1. Deslizamiento del cerro La Victoria en la quebrada El Cauce, afectando las operaciones mineras carboníferas.	24
Figura 3.2. Diagrama estadístico meteorológico – Estación Cachicadan. Fuente: SENAMHI, 2022 - 2023.	26
Figura 3.3. Afloramiento rocoso de la Formación Chimú – Miembro Superior.	27
Figura 3.4. Afloramiento rocoso de la Formación Chimú	28
Figura 3.5. Depósito Coluvio-aluvial	29
Figura 3.6. Unidades geomorfológicas del cerro La Victoria, conformada por Depósitos: Glaciar y Coluvio – aluvial; y basamento rocoso de la Formación Chimú.	30
Figura 3.7. Lomadas ubicadas en el flanco derecho en la carretera del centro poblado Yanivilca.	31

	Pág.
Figura 3.8. Escarpas rocosas ubicada en la margen derecha de la quebrada El Cauce.	33
Figura 3.9. Histograma estadístico, precipitación (mm) vs años. Estación meteorológica de Cachicadan. Fuente: SENAMHI, 2017 - 2022.	35
Figura 3.10. Precipitación máxima en 24 horas Estación meteorológica Cachicadan. Fuente: SENAMHI, 2017 - 2022.	35
Figura 3.11. Material transportado por el huaico, afectando la parte baja de la Empresa carbonífera San Benito S.R.L., cubriendo todas las instalaciones mineras.	39
Figura 3.12. Instalaciones mineras destruidas, en la parte baja del cerro la Victoria.	40
Figura 3.13. Vista panorámica de la corona del deslizamiento con orientación ESE-WNW, con escarpe de deslizamiento de 20 a 30 m. de profundidad.	41
Figura 3.14. Vista frontal del deslizamiento con longitud de 500 m. y 200 m de ancho, delimitados por las quebradas: El Chorro y El Cauce.	41
Figura 3.15. Proyección del deslizamiento por formarse: Zanja de coronación y agrietamiento, paralelos a la subsidencia de orientación SSE-NNW, afectando al cementerio del caserío Yanivilca.	42
Figura 3.16. Propiedades geomecánicas del basamento rocoso utilizando el RocData. Estación Geotécnica E-1.	44
Figura 3.17. Diseño del talud de corte 3:10 y ancho de berma 7.50 m.; tramo: KM. 00+090, sección A – A´. Estación geotécnica E-1.	45
Figura 3.18. Análisis por rotura planar, formado por D-1, con probabilidad de falla de 22.00%. Estación Geotécnica E-1.	46
Figura 3.19. Análisis por ruptura en cuña, con probabilidad de falla de 15.66%, por la intersección de planos: E y D-1, Estación geotécnica E-1.	47

	Pág.
Figura 3.20. Probabilidad de ruptura por vuelco en base deslizante 33.33%, englobando al polo de la familia: D-1; a favor del talud. Estación geotécnica E-1.	48
Figura 3.21. Representa las propiedades geomecánicas del basamento rocoso utilizando el RocData en relación con los criterios de linealización del método equivalencia de áreas, Estación geotécnica E-2.	49
Figura 3.22. Análisis por ruptura planar, formado por E, con probabilidad de falla de 20.00%. Estación geotécnica E-2.	50
Figura 3.23. Análisis por ruptura en cuña, con probabilidad de falla de 7.17%, por la intersección de planos: E y D-2, Estación geotécnica E-2.	51
Figura 3.24. Probabilidad de ruptura por vuelco en base deslizante 20.00%, englobando al polo de la familia: E; a favor del talud. Estación geotécnica E-2.	52
Figura 3.25. Diseño del talud de corte 3:8 y ancho de berma 7.50 m.; tramo: KM. 00+140, sección B – B'. Estación geotécnica E-3.	53
Figura 3.26. Representa las propiedades geomecánicas del basamento rocoso utilizando el RocData en relación con los criterios de linealización del método de la equivalencia de áreas, Estación geotécnica E-3.	54
Figura 3.27. Análisis por ruptura planar, formado por D-1, con probabilidad de falla de 17.78%. Estación geotécnica E-3.	55
Figura 3.28. Análisis por ruptura en cuña, con probabilidad de falla de 24.95%, por la intersección de planos: E y D-1, Estación geotécnica E-3.	56
Figura 3.29. Probabilidad de ruptura por vuelco en base deslizante 26.67%, englobando al polo de la familia: D-1; a favor del talud. Estación geotécnica E-3.	57

	Pág.
Figura 3.30. Representa las propiedades geomecánicas del basamento rocoso utilizando el RocData en relación con los criterios de linealización del método equivalencia de áreas, Estación Geotécnica E-4.	58
Figura 3.31. Análisis por ruptura planar, formado por D-2, con probabilidad de falla de 31.11%. Estación geotécnica E-4.	59
Figura 3.32. Análisis por ruptura en cuña, con probabilidad de falla de 23.91%, por la intersección de planos: E y D-1; E y D-2, Estación geotécnica E-4.	60
Figura 3.33. Probabilidad de ruptura por vuelco en base deslizante 33.33%, englobando al polo de la familia: D-2; a favor del talud. Estación geotécnica E-4.	61
Figura 4.1. Plano geológico de la zona de estudio	68
Figura 4.2. Uso de geomallas para estabilizar un talud	76

LISTA DE PLANOS

	Pág.
Anexo A: Autorización de la empresa	87
Plano N° 1: Plano satelital	94
Plano N° 2: Plano Geológico Local	95
Plano N° 3: Plano de Unidades Geomorfológicos	96
Plano N° 4: Plano Geodinámico	97
Plano N° 5: Plano Geotécnico	98
Plano N° 6: Plano de Estabilidad Geotécnico	99

RESUMEN

Geográficamente el cerro La Victoria, se ubica en el Centro Poblado La Victoria y Yanivilca, Distrito de Quiruvilca, provincia de Santiago de Chuco y departamento de La Libertad, donde la precipitación e infiltración está generando inestabilidades progresivas; teniendo como objetivo principal: analizar la estabilización geotécnica de la ladera La Victoria, para controlar los eventos geodinámicos, debido a esto, la presente la investigación es de tipo: cuantitativa, transversal y diseño no experimental. La caracterización geomecánica clasificó a los taludes rocosos: E-1 con RDQ = 85.89%, RMR = 72 y GSI = 67, siendo roca de calidad buena; E-2 con RQD = 69.64% - Regular, RMR = 53 y GSI = 48, roca de calidad regular; E-3 con RQD = 73.58%, RMR = 58 y GSI = 53, de calidad regular y E-4 con RQD = 41.48%, RMR = 39 y GSI = 34, de calidad mala; además la ladera presenta zonas inestables por la acumulación cuaternaria por el deslizamiento, categorizándolos a las estaciones geotécnicas en: E-1 - inestabilidad media, E-2 - inestabilidad baja, E-3 – inestabilidad media y E-4 - inestabilidad alta, por lo cual se concluye que para el sistema de estabilización se propone estabilizar con secciones de corte (H:V) + berma, desatado de roca y uso geomallas para mejorar la estabilidad y resistencia de taludes.

Palabras clave: Geotecnia, deslizamiento, inestabilidad y subsidencia, factor de seguridad.

ABSTRACT

Geographically, La Victoria hill is located in La Victoria and Yanivilca, Quiruvilca District, province of Santiago de Chuco and department of La Libertad, where precipitation and infiltration are generating progressive instabilities; having as main objective: to analyze the geotechnical stabilization of La Victoria hillside, to control geodynamic events, due to this, the present research is of a quantitative, transversal and non-experimental design. The geomechanical characterization classified the rocky slopes: E-1 with RDQ = 85.89%, RMR = 72 and GSI = 67, being rock of good quality; E-2 with RQD = 69.64% - Regular, RMR = 53 and GSI = 48, rock of regular quality; E-3 with RQD = 73.58%, RMR = 58 and GSI = 53, regular quality and E-4 with RQD = 41.48%, RMR = 39 and GSI = 34, poor quality; in addition the slope presents unstable zones due to quaternary accumulation by sliding, categorizing them to the geotechnical stations in: E-1 - medium instability, E-2 - low instability, E-3 - medium instability and E-4 - high instability, therefore it is concluded that for the stabilization system it is proposed to stabilize with cut sections (H:V) + berm, untying of rock and use of geogrids to improve slope stability and resistance.

Key words: Geotechnics, dandslide, instability and subsidence, factor of safety.

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

La inestabilidad de la ladera del Cerro La Victoria, se ubica en el Centro Poblado de La Victoria, Distrito de Quiruvilca, Provincia de Santiago de Chuco y Departamento de La Libertad. Litológicamente el basamento rocoso donde se encuentra emplazada la ladera del Cerro La Victoria, está conformado por rocas areniscosas y ortocuarzitas de grano fino con espesor: 0.35 m. 0.60 m. Actualmente encontramos subsidencia y asentamientos por la sobre extracción de mineral en un ancho transversal de 140 m. y 605 m. longitud, evidenciándose agrietamientos y zanjas de coronación paralelas con alineamientos SSE - NNW, afectando progresivamente a la parte superior del Cerro La Victoria del caserío Yanivilca y las operaciones mineras de la empresa Carbonífera San Benito S.R.L. ocurriendo un deslizamiento de 500 m. de longitud longitudinal de deslizamiento; incrementando su longitud cada año por los asentamientos continuos. El deslizamiento se desplazó por las quebradas El Chorro y El Cauce, siendo afectada la cara libre del Cerro La Victoria afectando las operaciones mineras y ocasionando la pérdida de vidas humanas.

Por lo cual se formuló la siguiente pregunta: ¿Cómo estabilizamos geotécnicamente la ladera La Victoria, relacionada con las variables: litológicas, geomorfológicas, precipitación, infiltración las cuales crean la inestabilidad de la ladera?, obteniendo la siguiente hipótesis: las inestabilidades de la ladera del cerro La Victoria, está relacionada por la subsidencia de alineamiento SSE-NNW del manto de carbón, por la sobre extracción de mineral no metálico. Geológicamente está conformada por: areniscas, cuarcitas, limolitas y carbón; siendo afectados por la meteorización: física y química, formando Depósitos Cuaternarios: Fluviales, Coluvio aluviales, Antrópicos y Glaciáricos, cubriendo al basamento rocoso. Sin embargo, las geoformas que conforman el cerro La Victoria están siendo afectadas por la precipitación e infiltración, ocasionado la disminución de la resistencia de los materiales cuaternarios, formando deslizamiento y huicos en el cerro La Victoria.

La presente investigación justifica, que el alineamiento SSE-NNW del manto de carbón, está generando subsidencia por la extracción de mineral, ocasionado asentamiento en un ancho transversal 140 m. y longitudinal 605 m.; formando agrietamiento y zanja de coronación, paralelas alineamiento SSE-NNW, afectando progresivamente a la parte superior del cerro La Victoria, sobre todo al caserío Yanivilca y las operaciones mineras de extracción de carbón de la empresa Carbonífera San Benito S.R.L. por haber ocurrido un huaico de 500 m. de longitud; incrementando su longitud cada año por los asentamientos ocurridos actualmente, por lo que se tiene como objetivo general: Analizar la estabilización geotécnica de la ladera La Victoria, para controlar los eventos geodinámicos y como objetivos específicos: elaborar el cartografiado geológico-estructural, evaluar la incidencia de la precipitación e infiltración en la ladera La Victoria, identificar las propiedades geomecánicas de las litologías de la ladera La Victoria, proponer el sistema de estabilización de la ladera La victoria.

La descripción de los contenidos de los capítulos se divide en: Capítulo I contiene la introducción y su desarrollo, el Capítulo II abarca los antecedentes internacionales, nacionales y locales, las bases teóricas y definición de términos básicos; el Capítulo III describe la ubicación, accesibilidad, clima y vegetación, fisiografía y drenaje, geología regional, geología local, geomorfología, geología estructural, geodinámica, geotecnia y la metodología de la investigación, el Capítulo IV describe la presentación de resultados y contrastación de la hipótesis, y el Capítulo V contiene las conclusiones y recomendaciones, las recomendaciones, las referencias bibliográficas y los anexos.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES

2.1.1 Internacionales

Prado, Aguilar & Cruz (2020), realizaron la tesis titulada: “Análisis de estabilidad de talud de la carretera NIC.7 en el km 176, municipio de Santo Tomas, del departamento de Chontales” donde menciona que los procesos de remoción en masa implican el movimiento de los materiales que forman las laderas bajo la influencia de la gravedad, además que los diferentes tipos de movimiento de material (rocas, detritos o derrubios, tierra o suelo) que ocurren en las laderas, sin importar el mecanismo involucrado, se denominan procesos de remoción en masa, por lo que llega a la conclusión que los factores condicionantes identificados en el talud fueron su geomorfología, litología, gran cantidad de fracturas y su pendiente inclinada, agregando también que el clima y la actividad antrópica juega un rol muy importante debido a la oxidación de los materiales en cada estrato y alta actividad sísmica en la corona del talud y que el desprendimiento del talud no solo ocurre por la pérdida de resistencia al esfuerzo cortante en la roca sino también por el alto grado de fracturamiento del talud el cual es el principal factor condicionante al desprendimiento.

Medina (2016), realizó la tesis: “Problemática de la estabilidad de taludes en un portal de salida de un túnel en una zona de deslizamientos antiguos”. Donde menciona que la inestabilidad del talud en la zona de estudio está ligada a la dinámica del escarpe de falla La Paloma, ya que este, es una falla de tipo normal con desniveles de 200 m, caracterizándose por distintos tipos de inestabilidad del talud, entre ellos: caídas de rocas, flujos de lodos y detritos y deslizamiento de masa; los cuales están ligados a eventos sísmicos. Geológicamente se caracterizó cuatro tipos de Estratos: tipo I tiene una roca fracturada de calidad media y capa de

arcilla superficial, tipo II está compuesto de depósitos residuales, meteorizados de la parte superior de la ladera, tipo III compuesto por arcillas de alta plasticidad y el tipo IV presenta arcillas de alta plasticidad u/o limo de baja plasticidad, presentando espesor 13 m., ubicado en el portal Morelia. Obteniendo factores de seguridad: 2.10, 2.06, 1.93; en condiciones drenadas. Sin embargo, la estabilización se realizó mediante dos líneas de anclajes de 15 m. de longitud @ 3 m. de separación unidas por vigas de atado con colocación shotcrete con malla electrosoldada de 6x6-5/6, $e = 0.10$ m. y también anclaje activo con 4 torones de $\phi = 0.6''$ (Fuerza de tensado 40 Ton o 392.26 KN). Obteniendo valores de la ladera completa FS = 1.16, por lo contrario, en la fase continua de la fase interés obtuvo FS = 2.35 (Malla deformada).

Aldana (2021), de acuerdo a la tesis: "Sistemas activos flexibles como alternativa de estabilización superficial en macizos rocosos", teniendo como objetivo principal: evaluar la implementación de los sistemas flexibles de alta resistencia como alternativa en la estabilización superficial de taludes en macizos rocosos, mediante el estudio de casos en Colombia, llegando a la conclusión que los sistemas activos flexibles son una alternativa efectiva y de rápida instalación para inestabilidades superficiales, además de aumentar el factor de seguridad, presentan ventajas respecto a los sistemas actualmente utilizados, como un menor impacto visual, un menor peso sobre el talud y una prevención de la propagación y falla de discontinuidades superficiales; a la vez el progreso continuo en estas tecnologías permite crear mallas capaces de transmitir y resistir mayores cargas a la superficie del talud para su estabilización activa, así como avances en el desarrollo de software de elementos finitos que permitan evaluar mejor la transmisión de las cargas en función de geomorfologías y características propias del macizo.

2.1.2 Nacionales

León y Díaz (2022), según el informe técnico: "Evaluación de peligros geológicos por deslizamiento en el centro poblado Los Patos, distrito Cajaruro, provincia Utcubamba, departamento Amazonas". El centro poblado de Los Patos está ubicado sobre un antiguo deslizamiento que fue reactivado de forma rotacional en marzo de 2021, como resultado de dicho deslizamiento se destruyó veinte (20) casas de concreto y prefabricadas quedando dañadas e inhabitables, 2 Ha de

terreno agrícola y 150 m de carretera que conecta el centro de la ciudad. El deslizamiento posee un escarpe principal de 135 m de longitud y un salto de 1.5 m. a 2m; poseyendo una actividad retrogresiva de múltiples grietas sobre su escarpa y dentro del cuerpo deslizado proyectándose en diferentes direcciones; reactivándose por las intensas lluvias y sismos, considerándose como zona crítica de peligro alto, identificándose geoformas en el área de evaluación que corresponde a la subunidad Montaña en roca sedimentaria (RM-rs) con pendientes entre 20° y 30° y a la subunidad vertiente coluvio – deluvial o piedemonte (V-cd) con pendientes de 5° a 20°.

Mamani (2019), en su tesis: “Análisis de estabilidad de taludes para explotación de cantera de arcilla en el distrito de Paccha, provincia de La Oroya, Junín”. La cantera tiene un relieve variado desde suave a moderado, litológicamente se encuentra en la Formación Pariahuanca (Ki-gp) compuesta por areniscas y calizas, recubierta por depósitos cuaternarios. La cantera Azul está formada principalmente por arcilla arenosa de baja plasticidad, que también se encuentran en las partes bajas de las laderas, pero en menor proporción; el análisis de estabilidad de talud se basa en los resultados de una evaluación geomecánica con el programa DIPS, lo cual se usa para identificar las principales familias y tipos de fallas con mayor probabilidad de ocurrir, de donde se determina que el talud se encuentra parcialmente estable, con probabilidad de falla local por cuña, por lo que, de acuerdo al análisis de estabilidad de taludes, actualmente existe alto riesgo a deslizamientos ante un movimiento sísmico o precipitación.

Paredes (2019), investigó la tesis: “Evaluación geomecánica y análisis de la estabilidad del talud en la cantera El Arbolito – Juliaca”. La cantera litológicamente está conformada por areniscas cuarzosas del Grupo Ambo y las lutitas de Grupo Cabanillas. La evaluación geomecánica del macizo rocoso se realizó en 5 zonas, identificando en la Z-1, Z-2 y Z-3 a 3 familias de discontinuidades, en la Z-4 a 2 familias de discontinuidades y en la Z-5 a 4 familias de discontinuidades, además se determinó el tipo del macizo rocoso según el RMR obteniendo los siguientes resultados en condiciones secas: Z-1, Z-2, Z-3 y Z-4 roca arenisca de calidad buena y clase II, y en la Z-5 la roca es lutita de calidad media y clase III, mientras que condiciones húmedas el RMR: Z-1, Z-3 y Z-4 es de calidad buena de clase II y en

Z-2 y Z-5 es de calidad media clase III; por consiguiente se utilizaron diversos métodos para analizar la estabilidad de taludes de la cantera, el método empírico utilizó el ángulo de talud y altura del talud, realizándose en 5 zonas donde se obtuvo un $FS > 1.2$ en la Z-1, Z-2 y Z-3 y Z-4 y según esto son estables y en la Z-5 un $FS = 1.04$ lo cual es inestable; mientras que con el método empírico de SMR según el análisis en las 5 zonas se obtiene que el talud en condiciones parcialmente estables con deslizamientos de algunas juntas en su mayoría el mecanismo de falla es planar y por cuña.

2.1.3 Locales

Rodríguez (2016), en su tesis titulada: “Método de investigación geológico-geotécnico para el análisis de inestabilidad de laderas por deslizamientos zona Ronquillo – Corisorgona. Cajamarca – Perú”. La investigación tiene como objetivo principal: Analizar la correlación y causalidad de la Inestabilidad de las laderas de la Zona Ronquillo, donde se presentan evidencias de procesos geodinámicos sobre suelos y rocas, los cuales están meteorizadas superficialmente y afectadas por fracturamiento y precipitaciones pluviales llegando a la conclusión que la zona de investigación presenta correlación y causalidad de inestabilidad entre las secuencias areniscosas, calcáreas, margosas y lutáceas, fuertemente fracturadas y meteorizadas por efecto de los procesos morfogenéticos y las precipitaciones pluviales, además el análisis geoestructural mediante el software Dips determinó que la dirección de los estratos tienen tendencia hacia el SW, con buzamientos promedios entre 20° y 40° , y las discontinuidades desfavorables, están orientadas hacia el NE y SE. Geomecánicamente obtuvo Factores de Seguridad de acuerdo con las secciones: AA', BB' y CC', entre 1.038 y 1.610 calculados por los métodos: Bishop modificado, Jambu, simplificado, Jambu corregido, Spencer, Lowe-Karafiath y Morgenstern-Price, definiéndose condiciones de inestabilidad de laderas del deslizamiento Ronquillo se encuentra en la parte alta de la ciudad con un canal natural formado por el río San Lucas y que cruza toda la ciudad, se debe aceptar la probabilidad de un evento geodinámico, que afectaría a la ciudad de Cajamarca.

Novoa (2019), en la tesis: “Evaluación geotécnica para determinar la inestabilidad de los taludes en la carretera del tramo Chilete – Puente Muyuna”. La zona de estudio se encuentra ubicada en el distrito de Chilete provincia de Contumazá, departamento de Cajamarca. Los taludes de la carretera están emplazados en el anticlinal Piedra Grande, de orientación NE-SW, perteneciente al Cretáceo Inferior - Formación: Farrat y Chúlec, presentado derrames andesíticos pseudoestratificados del Volcánico Chilete, cubriendo ambas litologías los Depósitos: Fluviales, Aluviales y Coluviales, con tendencia heterogéneas. El cartografiado geológico muestra que está emplazado en areniscas de grano fino - Formación Farrat, del tramo: Km. 97 + 560 - Km. 93 + 120 y roca del Volcánico Chilete del tramo: Km. 93 + 120 - Km. 92 + 650, compuestas de aglomerados volcánicos la base del talud y la parte superiores de roca andesítica. La caracterización geomecánica presenta 10 estaciones: cinco medianamente resistentes (R3) y cinco resistentes (R4); con RMR y RQD: 2 de buena calidad (E-2 y E-4), 6 de calidad regular (E-1, E-3, E-5 E-6, E-7 y E-8) y 2 de calidad pobre (E-9 y E-10). La probabilidad de ruptura está delimitada por las características geoestructurales, obteniendo 5 inestabilidades por ruptura planar (E-2, E-3, E-7, E-8 y E-10, con fluctuaciones de probabilidad: 26.67% a 39.53%), 1 por ruptura en cuña (E-1, con probabilidad de 30.56%) y 2 por ambos tipos de ruptura cuña y planar (E- 5 y E-9 con probabilidades de: 40.00% a 61.36%). Zonificando por: Caídas de rocas, desprendimientos y colapsos desmesurados, sobre todo en el flanco izquierdo de la carretera, conformando 2 zonas altamente peligrosas, 5 zonas peligrosas y 2 zonas moderadamente peligrosas.

Falconi (2017), mediante la tesis: “Análisis geotécnico de los taludes en la carretera Bambamarca – Paccha entre los Km 0 a 30, distrito de Chota, Cajamarca”. Litológicamente se encuentra emplazado en el Cretácico inferior y superior, compuestas por rocas silicoclásticas del Cretácico inferior – Grupo: Goyllarisquizga, Crisnejas y Pulluicana; y Cretácico superior Quilquiñan y Formación: Cajamarca, Celendín y Chota, con recubriendo de Depósitos: Coluviales, aluviales y coluvio-aluviales. Geotécnicamente las variaciones de las características del RMR varían en taludes estables con clasificación: Buena IIA (T-2), regular IIIA (T-8, T-11y T-17), regular IIIB (T-1, T-3 y T-12), mala IVA (T-5, T-13, T-14 y T-15) y mala IVB (T-4, T-6, T-7, T-9, T-10 y T-16). La estabilidad en condiciones pseudo – estáticas, no

drenadas, de diecisiete (17) taludes representativos en la carretera Bambamarca – Paccha, identificándose zonas de alta inestabilidad, principalmente en los Km. 09+000 a Km. 11+000 en areniscas cuarzosas con caída libre de rocas, los Km. 11+000 a Km. 23+000 en depósitos coluviales con deslizamientos circulares, del Km. 25+000 a Km. 27+000 en areniscas cuarzosas con deslizamientos planares y cuñas y del Km. 28+000 a Km. 29+000 en calizas arcillosas, con deslizamientos planares. Presentando taludes: Estables (T-1, T-5, T-8, T-13 y T-17) e inestables (T-2, T-3, T-4, T-6, T-7, T-9, T-10, T-11, T-12, T-14, T-15 y T-16).

2.2 BASES TEÓRICAS

2.2.1 Unidades Morfogenéticas

Según Rodríguez (2016), define como estructuras geológicas que están conformadas por procesos geotectónicos entre el Cretácico Inferior y el Plioceno, así como con procesos exógenos hasta la actualidad, siendo estos últimos procesos morfogenéticos que determinan las estructuras morfológicas que encontramos en las zonas de estudio, y los clasifica en:

➤ ***Planicies (P)***

Denomina planicie a una superficie bastante homogénea, poco cambiante en su morfología, ligeramente ondulada y poca erosión actual, con pendientes que varían de 0° a 8°, donde comprende áreas asociadas con los depósitos aluviales y fluvio-aluviales, además éstas son afectadas por los procesos de erosión pluvial y puede encontrarse en cualquier lugar del área.

➤ ***Lomas (Lo)***

Se definen como elevaciones que no deben sobrepasar los 150 a 200 metros, con geoformas de tendencia cómica, pequeñas elevaciones, homogéneas y pendientes suaves. Su rango de pendientes está entre 8° y 20°, y sirven parcialmente como terrenos de pastoreo, agricultura y ganadería.

➤ **Laderas (La)**

Las laderas son geoformas inclinadas de una cadena montañosa, lo cual no es determinante ni cuantificable para ubicarlos con relativa exactitud precisión; es por ello que en la presente investigación se define como laderas a superficies inclinadas con una altura promedio de 200 a 300 metros (base-tope) con pendientes de 20° a 50° y pueden afectar a cualquier tipo de litología, con lo cual determinamos estas geoformas con mayor.

➤ **Escarpes (E)**

Presentan un fuerte desnivel en los terrenos que delimita a dos superficies más o menos planas; por lo tanto, para la siguiente investigación se define como un fuerte desnivel entre dos superficies o dos puntos no necesariamente planas, ya que presentan una pendiente que debe ser más de 50°; por tanto, este tipo de taludes suelen ser más inestables, provocando desprendimientos, vuelcos y colapsos si se altera el entorno geológico natural de las rocas.

2.2.2 Fallamiento en Roca

Wyllie y Mah, (2004), aclaran que la estabilidad de taludes rocosos a menudo se ven influenciadas significativamente por las geoestructuras de la roca, refiriéndose a roturas que ocurren naturalmente en la roca. Las propiedades de las discontinuidades son relativas a la estabilidad que incluyen: orientación, persistencia, apertura, rugosidad, relleno, alteración e infiltración. Las discontinuidades pueden influir directamente a la estabilidad del afloramiento rocoso, por lo que, el fallamiento se clasifica en cuatro grupos de fallamiento como:

- **Fallamiento planar:** Mecánicamente, el deslizamiento sólo podrá tener lugar si se supera la fuerza de rozamiento en el plano de deslizamiento. Es importante señalar que el análisis cinemático debe realizarse de forma independiente para cada discontinuidad y para cada talud bajo estudio, ya que es más probable que en un macizo rocoso sólo algunas de las

discontinuidades existentes conlleven un riesgo potencial de rotura plana (Garzón y Torrijo, 2018).

- **Fallamiento en cuña:** Está controlado por dos o más discontinuidades (Estratificación, diaclasas, falla, etc.), siendo necesario que la línea de intersección de los dos planos de discontinuidad tenga menor inclinación que el plano del talud, además los planos deben formar la cuña directa o inversa de acuerdo con la intersección de planos; clasificándolos a las cuñas por su tamaño y nivel de estabilidad: Cuñas de pequeño volumen, cuñas de volumen medio y cuñas de gran volumen (Ramírez y Alejano, 2004).
- **Fallamiento en circular:** También conocida como deslizamiento o rotura rotacional, son creadas por múltiples conjuntos de fallas con diferentes rumbos y buzamientos, lo que resulta en que la roca esté altamente fragmentada, sin la dirección de deslizamiento deseada y perdiendo cohesión. Este tipo de falla no sólo ocurre en terreno homogéneo, sino que también cumple con la condición de que el tamaño de las partículas del suelo o roca sea muy pequeño en comparación con el tamaño del talud (Wyllie y Mah, 2004).

Esta clasificación de fallas lo podemos observar en la Figura 2.1.

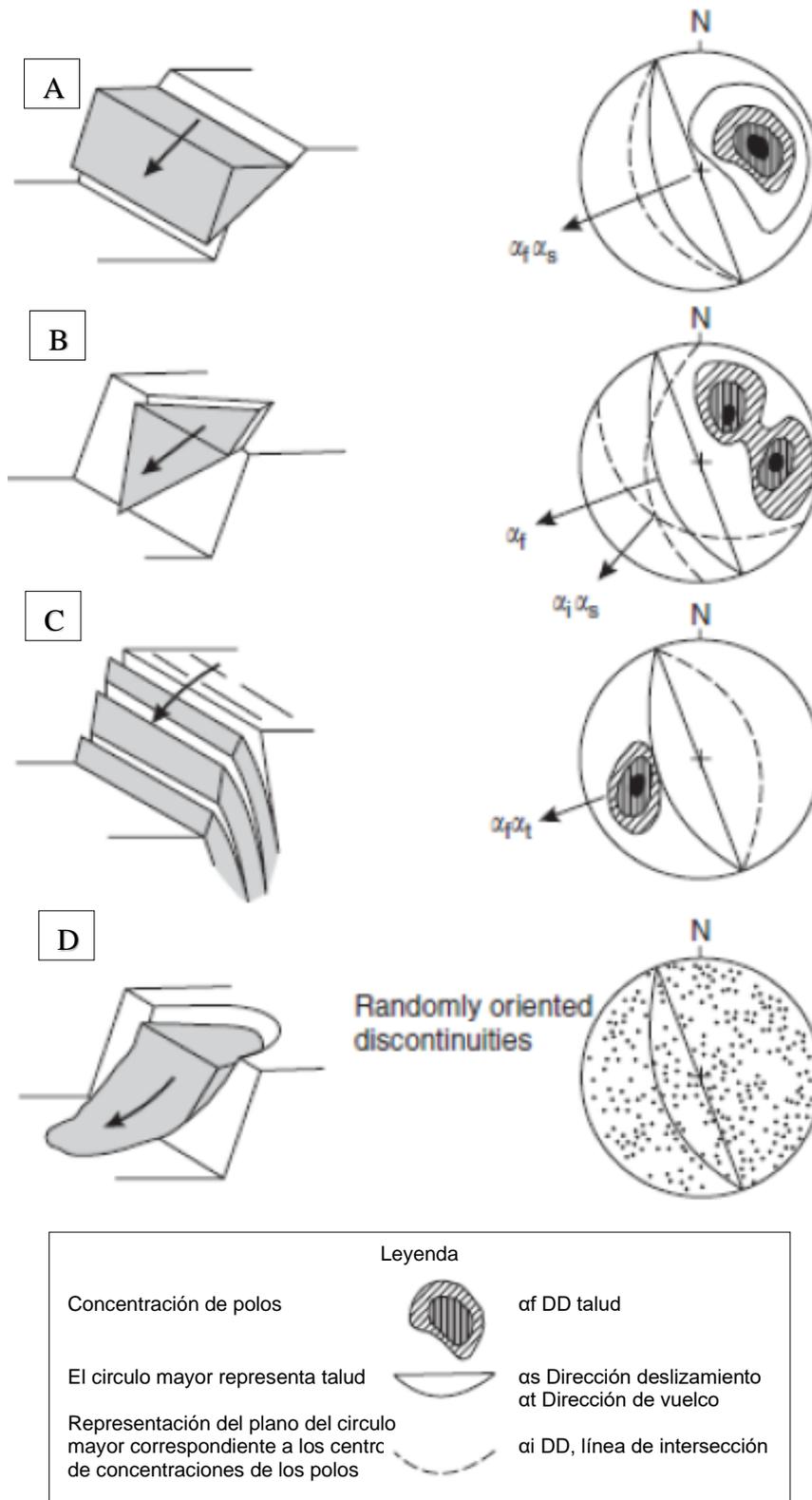


Figura 2.1. Principales tipos de fallamientos en taludes y condiciones geológicas geoestructurales que causan los fallamientos: (A) Fallamiento planar; (B) Fallamiento por cuña; (C) Fallamiento por vuelco y (D) Fallamiento circular. Fuente: Wyllie y Mah, 2004.

Según Herrera (2020,) los métodos para analizar la estabilidad son el cálculo equilibrio límite y deformacionales

- ❖ **Método de equilibrio límite:** Se basan exclusivamente en las leyes de la estática para determinar el estado de equilibrio de una masa de terreno potencialmente inestable. No tienen en cuenta las deformaciones del terreno. Suponen que la resistencia al corte se moviliza total y simultáneamente a lo largo de la superficie de corte. Clasificándolos en dos grupos:
 - ✓ **Métodos exactos:** La aplicación de las leyes de la estática proporcionan solución exacta del problema con la única salvedad de las simplificaciones propias de todos los métodos de equilibrio límite (Ausencia de deformaciones, factor de seguridad constante en toda la superficie de rotura, etc.). Esto sólo es posible en taludes de geometría sencilla, como ruptura: Planar, cuñas y vuelco.
 - ✓ **Métodos no exactos:** En la mayor parte de los casos la geometría de la superficie de fallamiento no permite obtener una solución exacta del problema mediante la única aplicación de las leyes de la estática. El problema es hiperestático y ha de hacerse alguna simplificación o hipótesis previa que permita su resolución. Se pueden considerar así los métodos que consideran el equilibrio global de la masa deslizante, hoy en desuso, y los métodos de las dovelas o rebanadas, que consideran a la masa deslizante dividida en una serie de fajas verticales. Considerando métodos: Aproximados (Fellenius, Jambu, Bishop simplificado) y precisos (Morgenstern-Price, Spencer y Bishop riguroso).

2.2.3 Deslizamientos

Un deslizamiento es el movimiento de una porción de terreno a través de una superficie de rotura neta con la preservación general de la estructura interna original. Se puede diferenciar dos tipos de deslizamientos: los deslizamientos rotacionales en donde la superficie de rotura es circular y los deslizamientos

traslacionales donde la superficie de rotura es totalmente plana (Copons & Tallada, 2009).

Además, los deslizamientos son uno de los procesos geológicos más destructivos que afectan a la humanidad y causan miles de muertes y miles de millones de dólares en daños a la propiedad cada año (Brabb-1989); sin embargo, muy pocas personas son conscientes de su importancia; sin embargo, el 90% de las pérdidas por deslizamientos se pueden evitar mediante la detección temprana de los problemas y medidas preventivas o de control.

Este tipo de deslizamiento se puede observar en la figura 2.2 ocurrida en la provincia de Pataz.



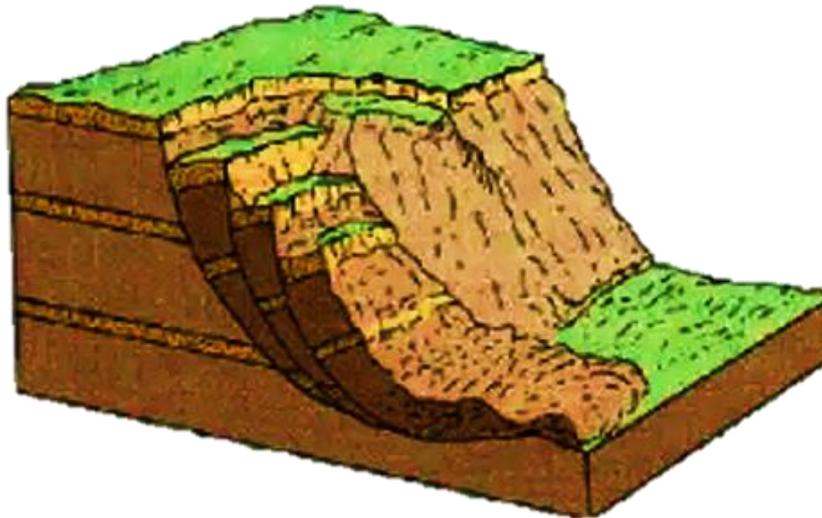
Figura 2.2. Vista general del deslizamiento de tierra, en Pataz (Perú) - 2022.

Los deslizamientos presentan las siguientes condiciones:

✓ ***Deslizamiento Rotacional***

En la figura 2.3 mostramos un desplazamiento rotacional, donde la superficie de falla es cóncava hacia arriba y el movimiento es rotacional con respecto al eje paralelo a la superficie y transversal al deslizamiento. La superficie de falla es de forma circular con un centro de giro ubicado por encima del centro

de gravedad del cuerpo en movimiento. El movimiento crea un área superior de hundimiento y otra inferior de deslizamiento, lo cual da un resultado comúnmente de flujos de materiales por debajo del pie del deslizamiento (Skinner & Porter, 1992).



*Figura 2.3. Deslizamiento rotacional
Fuente: Skinner & Porter, 1992.*

✓ ***Deslizamiento de Traslación***

Según Skinner & Porter (1992), en la figura 2.4 se muestra un desplazamiento de traslación la masa se desplaza hacia afuera o hacia abajo, en toda una superficie más o menos plana o ligeramente ondulada y tiene muy poco o nada de movimiento de rotación o volteo. En varios desplazamientos de traslación, la masa se deforma y/o se rompe y esto puede convertirse en flujo, especialmente en las zonas de pendiente fuerte.

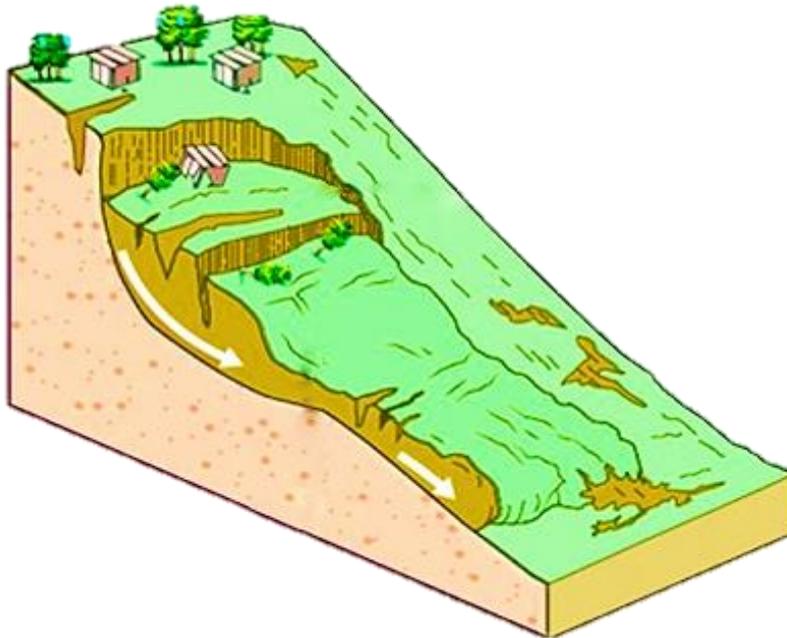


Figura 2.4. Deslizamiento de traslación.
Fuente: Skinner & Porter, 1992.

2.2.4 Unidades Hidrográficas

Cuenca hidrográfica es un concepto utilizado para designar un territorio, región o zona, cuya característica principal es que el agua de lluvia que cae en esa superficie escurre hacia un cauce común. Es decir que, toda el agua acumulada desemboca ya sea en un afluente más grande, una laguna o el mar. (Sánchez, 2003).

Según Casaverde (2011), dentro de los términos que generalmente se utilizan, para definir e identificar los componentes que identifican las características de una cuenca tenemos:

- ✓ **Cuenca:** Sistema integrado por varias subcuencas o microcuencas.
- ✓ **Subcuencas:** Conjunto de microcuencas que drenan a un solo cauce con caudal fluctuante pero permanente.

- ✓ **Microcuencas:** Una micro cuenca es toda área en la que su drenaje va a dar al cauce principal de una Subcuenca; es decir, que una Subcuenca está dividida en varias microcuencas.

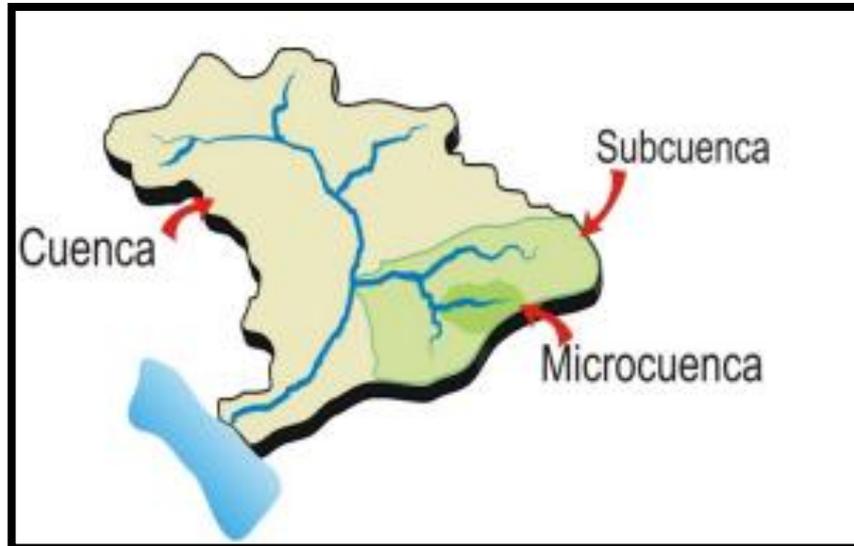


Figura 2.5. Cuenca, subcuenca y microcuenca
Fuente: Casaverde, 2011.

2.2.5 Geosintéticos

Según Theisen (1990) los geosintéticos para la prevención y control de la erosión se clasifican en elementos temporales, parcial o totalmente degradables, con características de prevención y control de la erosión del sitio protegido hasta que se elimine la cubierta vegetal establecido.

Los geosintéticos son productos planares manufacturado a base de materiales poliméricos utilizado conjuntamente con materiales como suelo, roca, tierra u otro material geotécnico como parte integral de un proyecto, estructura o sistema de ingeniería civil. (ASTM, 1994)

❖ Tipos de Geosintéticos

- ✓ **Geotextil:**

Los geotextiles son telas permeables, filtrantes, construidas con fibras sintéticas, especialmente polipropileno, poliéster, nylon y polietileno. Los

geotextiles, generalmente, se clasifican en tejidos y no tejidos. Los tejidos a su vez, se diferencian de acuerdo con el sistema de tejido (Díaz, 1997)

Hay dos tipos de geotextiles: geotextiles tejidos los cuales son estructuras planas que se obtienen entrelazando dos o más series de hilos en dos direcciones deseadas, estos geotextiles se clasifican en geotextiles tejidos de monofilamento, multifilamento y cintas achatadas o “bandalettes”; y *geotextiles no tejidos* son estructuras planas hechas de fibras o filamentos que se orientan y unen aleatoriamente mediante procesos mecánicos, térmicos o químicos, los cuales se dividen en los siguientes subtipos según la longitud de la fibra: fibras cortas y filamentos continuos.

✓ **Geoceldas.**

Son un conjunto de celdas tridimensionales que permiten, mediante la creación de un suelo artificial, conseguir una buena compactación del terreno, un buen drenaje y el establecimiento de la vegetación. Estas celdas se caracterizan por tener forma de panal de abeja y se rellenan con distintos materiales como arena o grava entre otros (Roldan, 2021).

✓ **Geomalla:**

Es un material geosintético que incluye unidades de nervaduras paralelas conectadas con aberturas de longitud suficiente para permitir que el suelo, la piedra o diferentes tejidos geotécnicos se entrelacen de manera periférica. (Manual de carreteras, 2012).

Hay dos tipos de geomallas: uniaxiales y biaxiales. Las geomallas uniaxiales son adecuadas para aplicaciones donde se conocen las direcciones principales de las tensiones. En estas geomallas, los agujeros redondos se convierten en óvalos alargados, por lo tanto, su estructura molecular está altamente estirada y es más resistente a la deformación por carga sostenida, mientras que la geomalla biaxial es adecuada para aplicaciones donde la tensión del flujo es aleatoria, es decir, no se conoce una dirección única de

acción de la tensión. En este tipo de geomallas se observan aberturas casi cuadradas o rectangulares, lo que facilita la transferencia de fuerzas en las direcciones principales.

✓ **Geomembranas**

La geomembrana es un geosintético esencialmente impermeable compuesto por una o más láminas sintéticas. Los valores de permeabilidad obtenidos por medio de las pruebas de transmisión de vapor de agua están en el rango de 1×10^{-12} a 1×10^{-15} m/s. Por ello, funciona como barrera o revestimiento de cualquier material geotécnico para el control de la migración de fluidos (ASTM D4439, 2020).

Según Koerner (1998) señala que pueden ser: confeccionadas de láminas continuas relativamente finas hechas de material polimérico termoplástico, resultado de la impregnación de geotextiles con asfalto o de la aspersion de elastómeros y presentarse como geocompuestos formados por varias capas de bitumen. Estas son pre fabricadas industrialmente y se transportan al sitio del proyecto donde se realiza el despliegue y las uniones de campo respectivas.

2.2.6 Inestabilidad de Taludes y Laderas

Involucra a los problemas principales que se plantean en los taludes de tierra y/o roca, inclusive el control de deslizamientos y caídos a los lados de los cortes, a los costados de los depósitos de materiales de relleno y en las faldas de las colinas naturales. Los estudios geotécnicos representan una herramienta poderosa para definir la solución de los problemas de estabilidad de taludes (CNPD, 2021).

- ❖ **Bancos de taludes:** La excavación de los bancos intermedios en los cortes de roca generalmente aumenta el riesgo de caída de roca, por lo que no se recomienda para la mayoría de las condiciones. Los bancos pueden ser un peligro donde las crestas de los bancos fallan debido al daño de la voladura, y los bancos fallados dejan pretuberaciones irregulares en la cara libre. Las

caídas de roca que golpean estas pretuberaciones tienden a rebotar lejos de la cara libre y expulsada a una distancia considerable de la base. Donde los bancos estrechos se llenan de escombros, no serán efectivos en la captura de caídas de roca. Es rara vez posible eliminar estos desechos debido al peligro para el equipo que trabaja en bancos estrechos y discontinuos (Wyllie y Mah, 2004).

Cuadro 2.1. Valores referenciales para taludes en corte (Relación H:V).

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

(*) Requerimiento de banquetas y/o estudio de estabilidad.

Fuente: DG-2018.

- ❖ **Cunetas:** Las cunetas de captura en el pie del talud suelen ser un medio rentable para detener las caídas de roca, siempre que haya un espacio adecuado en el pie del talud (Wyllie y Wood, 1981). Las dimensiones requeridas de la cuneta son definidas por la profundidad y la anchura, están relacionadas con la altura y el ángulo de la cara libre del talud; una gráfica de diseño de cunetas desarrollada a partir de pruebas de campo se muestra en la Figura 2.5 (Ritchie, 1963). La Figura muestra el efecto del ángulo del talud en la trayectoria de las caídas de roca tienden a seguir, y cómo esto influye en el diseño de la zanja. Para taludes más escarpados que 75°, las rocas tienden a permanecer cerca de la cara libre y aterrizar cerca del pie del talud. Para ángulos de taludes entre aproximadamente 55° y 75°, las caídas de rocas tienden a rebotar y girar con el resultado de que pueden aterrizar a una distancia considerable de la base; Por lo tanto, se requiere una amplia zanja. Para ángulos de taludes entre aproximadamente 40° y 55°, las rocas tenderán a rodar por la cara libre hacia la zanja.

En la figura 2.5 podemos observar un diseño de cunetas para la captación de la caída de rocas.

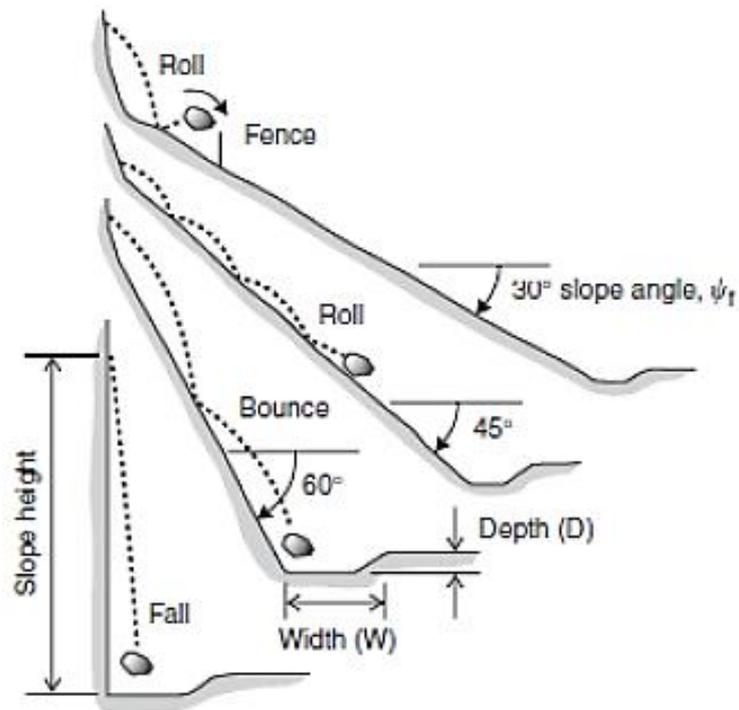
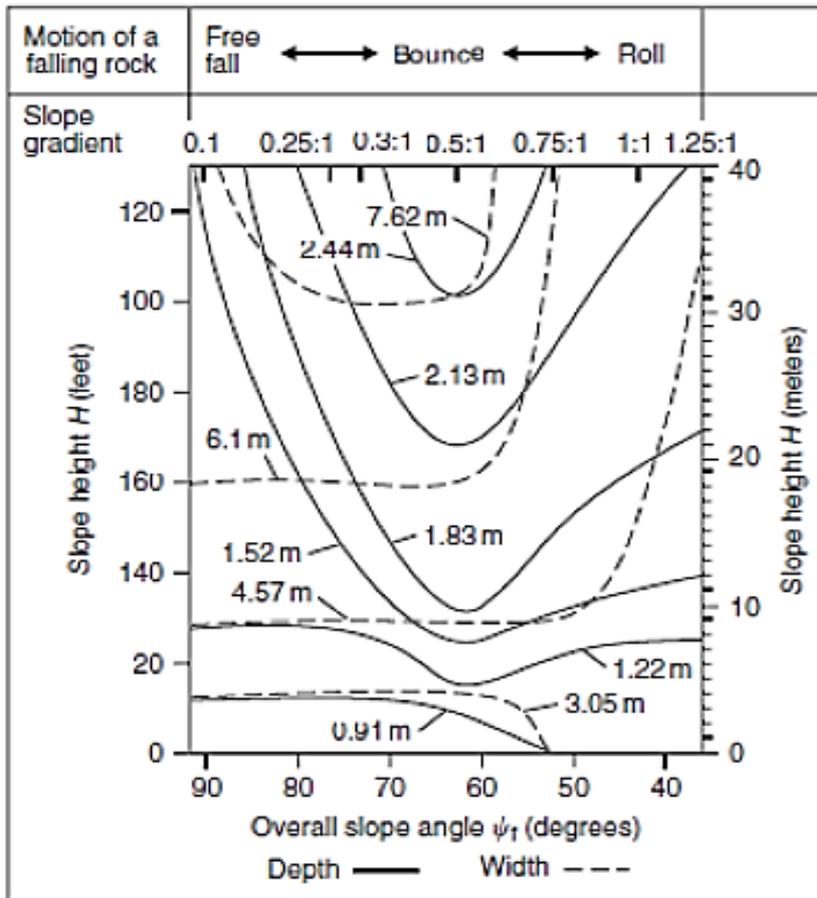


Figura 2.6. Diagrama de diseño de cunetas para la captación de caídas de rocas
Fuente: Ritchie, 1963.

2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS

Abanico aluvial: Masa extendida, con pendiente suave, de aluvión depositada por una corriente, especialmente en una región árida o semiárida donde una corriente sale de un cañón estrecho al piso de una planicie o un valle. Visto desde arriba, tiene la forma de un abanico abierto, con el ápice en la entrada del valle (Highland y Bobrowsky, 2008).

Detonante: Acción o evento natural o antrópico, que es la causa directa e inmediata de un movimiento en masa. Entre ellos pueden estar, por ejemplo: Terremotos, lluvia, excavación del pie de ladera sobrecarga de una ladera (GEMMA, 2007).

Cárcava: Constituye el estado más avanzado de erosión y se caracteriza por su profundidad, que facilita el avance lateral y frontal por medio de desprendimiento de masas de material en los taludes generalmente de pendiente alta que conforman el perímetro de la cárcava (Garnica y Pérez, 2012).

Macizo Rocoso: Conjunto de matriz rocosa y discontinuidades. Presenta carácter heterogéneo comportamiento discontinuo y normalmente anisótropo, consecuencia de la naturaleza, frecuencia y orientación de los planos de discontinuidad, que condicionan su comportamiento geomecánico e hidráulico (Rodríguez, 2007).

Factor de Seguridad: Equilibrio entre las fuerzas actuantes y las fuerzas resistentes, entre las cuales es determinante la fuerza de gravedad (Suarez, 2009).

Zona de Falla: Se trata de una estructura frágil compuesta por innumerables planos de falla, sub-paralelos a marcadamente oblicuos entre sí, interconectados y estrechamente espaciados. En algunos sectores la zona de falla puede tener zonas de brecha o harina de falla (Lillo y Oyarzun, 2013).

Deslizamiento: Son movimientos ladera abajo de una masa de suelo, detritos o roca, la cual ocurre sobre una superficie reconocible de ruptura. Con frecuencia, la formación de grietas transversales es la primera señal de la ocurrencia de este tipo

de movimientos, las cuales se localizan en la zona que ocupará el escarpe principal (Alcántara, 2000).

Análisis de Equilibrio Límite: Se basa exclusivamente en la descomposición de fuerzas o momentos actuantes sobre la ladera en estudio y que condicionan su estabilidad. Este tipo de análisis se realiza tanto en suelos como en roca para evaluar la estabilidad de la ladera ante deslizamientos (Lara y Sepúlveda, 2008).

Estabilidad: estado y condición de una estructura o de una masa de material cuando puede soportar los esfuerzos aplicados durante largo tiempo sin sufrir una deformación o movimiento apreciable que no se recupere o devuelva al retirar la carga (Hoyos, 2012).

Modelo geológico: Consiste en la recopilación de información geológica existente sobre la zona de estudio, para proporcionar información más detallada, necesaria para el diseño de la mina (Ramírez et al., 2008).

Precipitación: Es toda agua meteórica que cae a la superficie de la tierra, tanto en forma líquida (Llovizna, lluvia, etc.) y sólida (nieve, granizo, etc.) y las precipitaciones ocultas (rocío, la helada blanca, etc.). La precipitación constituye la única entrada principal al sistema hidrológico continental (Musy, 2001).

Reptación: Deformación por lo general no perceptible que sufre una masa de suelo roca o fragmentos rocosos como consecuencia de movimientos muy lentos por acción de la gravedad (UCR y RSN, 2015).

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 UBICACIÓN

Geográficamente el cerro La Victoria, se ubica en el Centro Poblado de La Victoria y Yanivilca, distrito de Quiruvilca, Provincia de Santiago de Chuco y Departamento de La Libertad, al ENE de la ciudad de Trujillo. Las laderas del cerro La Victoria, se encuentran influenciadas por mineros carboníferos, generando inestabilidades de la ladera, lo cual afecta las labores superficiales y subterráneas para la extracción del carbón en las bocaminas Iris y Sofia, ubicadas en la ladera del Cerro La Victoria. Sin embargo, dicha actividad minera está siendo representada por la empresa Carbonífera San Benito S.R.L., quien está realizando actividades subterráneas en la Mina La Victoria, enfocadas en la extracción del carbón, pertenecientes a la concesión minera: SAN BENITO N° 1, teniendo como titular: Carbonífera San Benito S.R.L.

3.2 ACCESIBILIDAD

El acceso a la zona de estudio fue desde la ciudad de Cajamarca hacia Trujillo, posteriormente viajando rumbo al cruce a Otuzco, luego cambiando bruscamente con destino al distrito Quiruvilca siguiendo el curso llegando al cruce a Huamachuco, luego cambiando bruscamente a carretera afirmada en malas condiciones llegando a San Pedro, siguiendo la misma ruta se llegó al Mina La Victoria.

Cuadro 3.1. Acceso a la zona de estudio

Tramo		Estado de Vía	Vía	Transporte	Recorrido	
De	A				Distancia (Km.)	Tiempo (h.)
Cajamarca	Trujillo	Buena	Terrestre	Camioneta	298 + 700	6:10
Trujillo	Cruce Otuzco	Buena	Terrestre	Camioneta	72 + 800	01:49
Cruce Otuzco	Quiruvilca	Buena	Terrestre	Camioneta	56 + 200	02:48
Quiruvilca	Cruce Huamachuco	Regular	Terrestre	Camioneta	10 + 000	00:14
Cruce Huamachuco	San Pedro	Muy mala	Terrestre	Camioneta	12 + 000	00:44
San Pedro	Mina La Victoria	Muy mala	Terrestre	Camioneta	02 + 000	00:06
Total					451 + 700	10:01



Figura 3.1. Zona de acceso a la unidad minera La Victoria.

3.3 CLIMA Y VEGETACIÓN

La ladera del cerro La Victoria, pertenece al Distrito de Quiruvilca, dicha zona está conformado épocas de verano e inviernos con variaciones de temperatura: -3°C a 9°C y en ocasiones -6°C a 12°C ; por consiguiente, se divide en temporada templada que tiene una duración de 2 meses, del 24 de diciembre al 24 de febrero, con temperatura máxima más 9°C , siendo el más cálido en febrero con temperatura 9°C a -1°C) y la temporada fría que dura 2 meses, del 13 de junio al 15 de agosto, con temperatura máxima más 8°C , siendo el más frío en julio con temperatura -3°C a 7°C). Mientras que la precipitación varía durante todo el año, compuesto por temporada más mojada que dura 6.6 meses, de 13 de octubre a 2 de mayo, siendo el 11% del día mojado y más seco que inicia el 2 de mayo al 13 de octubre con una duración de 5.4 meses; presentando una variación en cuanto a la temperatura mínima que varía de -0.90 y 4.69°C en las partes más altas de Quiruvilca, presentando un enfriamiento durante las noches claras y por la consecuencia de heladas y mientras que sus temperaturas máximas fluctúan entre los 14.58 y 15.57°C en el Cerro La Victoria. (El clima y el tiempo promedio en todo el año en Quiruvilca-Perú, 2023).

La zona de estudio presenta una vegetación según sus cumbres andinas como tenemos: Ichu, Eucaliptos (*Eucaliptus glóbulos*), Ciprés (*Cupresus macrocarpa* L.) y otras plantas de tallo corto como: Momun, pagua, shingo, llambo. Según la estación de Cachicadan, del departamento de La Libertad, provincia de Santiago de Chuco y distrito de Cachicadan, con latitud $8^{\circ}5'30.64''\text{S}$ y longitud: $78^{\circ}8'57.78''\text{W}$ y altitud: 2,892.00 msnm. Tipo: CO - meteorológica. Código: 108045, se obtiene los siguientes resultados:

En la figura 3.2 podemos observar un diagrama de las temperatura y precipitación de la zona.

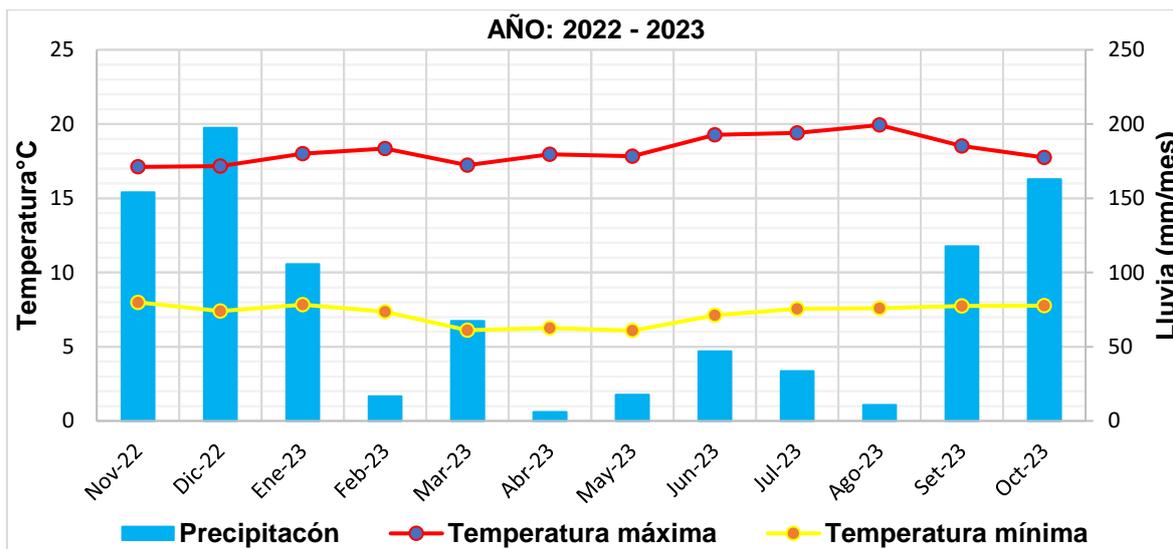


Figura 3.2. Diagrama estadístico meteorológico – Estación Cachicadan.
Fuente: SENAMHI, 2022 - 2023.

3.4 GEOLOGÍA LOCAL

Está basada en el reconocimiento de las formaciones litológicas del área de investigación de la ladera del cerro La Victoria, mediante cartografiados geológicos; en función de sus características estratigráficas, geoestructurales y de sus implicancias con respecto al mejoramiento de contingencia frente a futuros eventos geodinámicos que se están suscitando en el área de investigación, así como sus características geotécnicas de suelos y rocas. El cerro La Victoria está emplazado en la Formación Chimú compuesto por estratos de areniscas de 0.35 m. a 0.50 m, con intercalación de limolitas de espesor de 0.10 m. a 0.20 m., de los cuales algunos sectores son cubiertos por Depósitos Fluviales, Coluvio-aluviales, Antrópicos y Glaciáricos, emplazándose en el flanco izquierdo del anticlinal de orientación NW-SE. Geodinámicamente se distinguen caídas de rocas, deslizamientos, zanjas de coronación, agrietamientos, cárcavas y terrazas.

❖ **Formación Chimú**

El basamento rocoso de la Formación Chimú está compuesto por areniscas de grano medio a fino, presentando esferoides redondeada a subredondeada, en la secuencia estratigráfica mostrando el origen de la arenisca por transporte y depositación en la cuenca sedimentaria, originándose los estratos rocosos, de espesor: 0.30 m. a 0.45 m. formando bloques tabulares de consistencia buena,

ligeramente meteorizados en su superficie y en algunas partes presentando patinas de óxidos ligeramente meteorizados. Por consiguiente, presenta intercalaciones de lutitas en los niveles inferiores, con texturas: Frágiles a muy frágiles, variando sus grosores: 0.10 a 0.15 m. de color gris azulado.



Figura 3.3. Afloramiento de rocas de la Formación Chimú - Miembro Superior, conformado por secuencias de estratos de areniscas de espesor: 0.35 a 0.50 m., ubicada en la quebrada El Chorro.

❖ **Depósitos Cuaternarios**

Los depósitos cuaternarios son originados por la meteorización física y química; afectando el protolito de la Formación Chimú y cubriendo al basamento rocoso con cubiertas residuales a la ladera del cerro La Victoria, formando en muchos de los casos terrazas, flujos secos y conos de detritos; por la acumulación de Depósitos Cuaternarios, por los escombros de erosión del material fino a muy fino.

Presenta composiciones en su matriz como: bloques, gravas angulosas a subangulosas, arenas, limos y arcillas; distribuidas en forma caótica, sin selección ni estratificación aparente, englobando una matriz arenosa que se distribuye irregularmente en la superficie del cerro La Victoria.

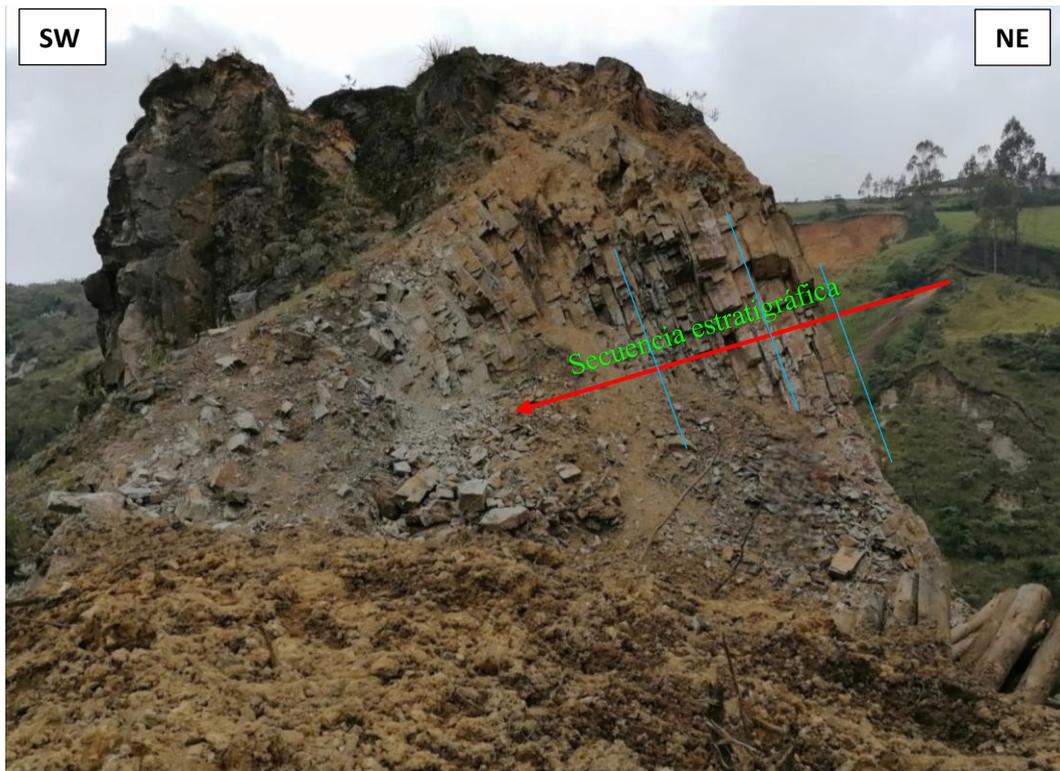


Figura 3.4. Afloramiento de roca de la Formación Chimú - Miembro Medio, conformado por secuencias de estratos de areniscas de espesor: 0.25 m. a 0.35 m., de grano fino de color blanquecino y escombros del deslizamiento del cerro La Victoria, siendo un material muy susceptible a plastificación por el alto contenido de agua.

❖ **Depósito Coluvio -aluvial**

Se encuentran ubicados en laderas y taludes, formando terrazas aluviales depositacionales compuestos por: Bolonería (35%), grava (20%), arena (15%), limo (10%) y arcilla (10%), caracterizándose por contener en su composición de bloques angulosos de roca areniscosa, con diámetro promedio de 0.30 m. a 0.15 m. con gravas angulosas, con matriz englobante de: Arena, limo y arcillas, distribuidos de forma caótica. Habiéndose formado por: Alteración, fracturamiento, desintegración insitu y acción de la gravedad; del macizo rocoso acumulándose en las partes: Medias y bajas formando actualmente: Terrazas lomadas y laderas; caracterizándose por formar conos de escombros o detritos, por su gran proporción de fragmentos de rocas, en relación con los finos.



Figura 3.5. Depósito Coluvio-aluvial, formando terrazas deposicionales compuestas por: Bolonería, grava, arena, limo y arcilla, con matriz englobante limoarcillosa.

3.5 UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS

El área de estudio presenta un conjunto de cerros de topografía suave a empinada, entre altitudes de 3,200 msnm. a 3,500 msnm., disectada por ríos y quebradas; presentando la siguiente clasificación de acuerdo a la Figura 3.9 y a la vez en el plano N° 3 (Unidades Geomorfológicas).



Figura 3.6. Unidades geomorfológicas del cerro La Victoria, conformada por depósitos: Glaciar y Coluvio – deluvial; y basamento rocoso de la Formación Chimú.

➤ **Planicies (P)**

Constituyen una área total 28,118.16 m²., con rangos de pendientes entre 0° - 8° definida está unidad entre las cotas de 3 200 msnm a 3 240 msnm, de 3 460 msnm a 3 a 530 msnm y de 3 620msnm a 3650 msnm; siendo relacionada con depósitos fluviales, los cuales se ubican en el cauce del río por su esfericidad y grado de angularidad de la roca, presentando matriz englobante de arena y limos y coluvio-aluviales, estos se caracterizan por contener en su composición bloques angulosos de roca areniscosa, con diámetro promedio de 0.30 m. a 0.15 m. con gravas angulosas, con matriz englobante de arena, limo y arcillas, distribuidos de forma caótica. Constituyendo espesores 2.00 a 3.50 m., formando extensas áreas de humedad relativa por su composición y litología. Se considera la aparición zonas de recarga o flujo de agua por forma vertientes de encausamiento por las aguas de lluvia.

➤ **Lomadas (Lo)**

Presentan pendientes oscilantes de 8° - 20° , ocupando un área de $87,441.22 \text{ m}^2$; predominando en la parte baja, media y superior del área de investigación, con alineamientos SE y NW; presentando composiciones litológicas compuestas por depósito Glaciar, el cual está compuesta por contener en su matriz bloques, gravas angulosas a subangulosas, arenas y limos; distribuidas en forma caótica, sin selección ni estratificación aparente, englobando una matriz arenosa que se distribuye irregularmente en la superficie de la zona de estudio) y Coluvio – deluviales los que se caracterizan por contener en su composición de bloques angulosos de roca areniscosa, con diámetro promedio de 0.20 m. a 0.10 m. con gravas angulosas, con matriz englobante de arena y limo. Geodinámicamente presenta deslizamiento rotaciones: Simples y múltiples, desde la cota: 3,340 a 3,520 msnm. originadas por la subsidencia del terreno por trabajos subterráneos de minería no metálica afectando al cerro la Victoria, ocasionando asentamientos progresivos formando una depresión de acumulación de depósitos cuaternarios, combinados con la escorrentía del agua forman flujo de lodos y deslizamiento por flujo.



Figura 3.7. Lomadas ubicadas en el flanco derecho en la carretera del centro poblado Yanivilca.

➤ **Laderas (La)**

Ocupan un área 154,003.75 m²., ubicada en la parte inferior derecha (quebrada El Choro), media y superior, conformada por pendientes de 20° a 50°; litológicamente predomina afloramientos de rocas areniscosas de color blanquecino de la Formación Chimú con orientación Az = N325° y Bz = 74°NE, presentando espesores: 0.25 m. a 0.35 m.; en algunos casos cubiertos por Depósitos Glaciáricos. Evidenciándose en muchos casos zonas muy denudadas y expuestas a gentes externos de meteorización geológica por su alta meteorización física y química observándose muy bajo o escasa cobertura cuaternaria relacionados con zonas de acumulación

➤ **Escarpes (E)**

Conforman pendientes mayores a 50°, ocupando un área 106,455.63 m². con un porcentaje de 18.42% del área total de estudio, siendo áreas morfogénicamente de incidencia media, presentando composiciones litológicas de característica empinadas conformadas por granos desde finos a grueso de coloraciones blanquecinas, constituidas por rocas de calidad Buena a Muy Buena. Geodinámicamente se evidencian caídas de rocas de diámetros 0.35 m. x 0.60 m., acumulados en las partes bajas conformando bloques tabulares a cúbicos.



Figura 3.8. Escarpas rocosas ubicada en la margen derecha de la quebrada El Cauce.

Cuadro 3.2. Área y porcentajes de las unidades morfogénicas en la zona de estudio.

Unidad Morfogénica	Área (m ² .)	% Área
Planicies	28,118.16	7.48
Lomadas	87,441.22	23.25
Laderas	154,003.75	40.96
Escarpas	106,455.63	28.31
Total	376,008.76	100.00

Cuadro 3.3. Unidades Morfológicas relacionadas por eventos de litológicos.

Tipo de relieve	Geometría	Litología	Origen	Edad de la litología			
Unidad Morfogénica	Pendiente	Asociada a su composición	Asociado al evento	Periodo	Época	Edad	%
Planicies	0° - 8°	Dep. Fluvial y Coluvio - aluviales	Acumulación	Cuaternario	Holoceno	Versiliano	7.48
Lomadas	8° - 20°	Dep. Glaciar y Coluvio - aluviales	Acumulación y meteorización	Cuaternario	Pleistoceno - Holoceno	Siciliano - Versiliano	23.25
Laderas	20° - 50°	Dep. Glaciar y Fm. Chimú	Meteorización y erosión	Cuaternario - Cretáceo	Pleistoceno - Inferior	Siciliano - Valanquiano	40.96
Escarpas	50° a más	Dep. Glaciar y Fm. Chimú	Erosión y basamento rocoso	Cuaternario - Cretáceo	Pleistoceno - Inferior	Siciliano - Valanquiano	28.31
Total							100

3.6 HIDROLOGÍA

La hidrología se define como una variable importante en el análisis de inestabilidad de taludes y movimiento de masas, por lo tanto, los datos de precipitación para el período 2017-2022 se obtuvieron de la Estación Meteorológica Cachicadan, ya que dicha estación se encuentra más cerca al área de estudio y estos datos se muestran detalladamente en el cuadro 3.4 y la Figura 3.9.

Cuadro 3.4. Precipitación mensual durante el periodo 2017-2022

Años	Meses												Máxima
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	
2017	153.30	179.70	478.70	156.90	96.50	3.20	0.10	24.80	66.90	104.50	36.80	177.10	478.70
2018	262.00	132.10	339.30	182.90	121.70	5.20	2.90	5.40	49.30	64.20	70.20	148.40	339.30
2019	178.10	240.60	247.90	125.50	38.40	0.50	26.40	18.30	49.80	100.10	102.80	198.70	247.90
2020	67.50	160.00	139.50	12.70	15.00	35.70	18.50	6.20	36.80	20.60	35.80	265.80	265.80
2021	283.20	82.10	272.20	144.20	81.40	25.80	15.50	28.10	36.40	180.20	93.10	140.30	283.20
2022	120.40	171.90	265.90	97.60	104.40	2.10	0.90	9.70	47.10	8.60	4.60	124.40	265.90
Promedio	177.42	161.07	290.58	119.97	76.23	12.08	10.72	15.42	47.72	79.70	57.22	175.78	1,223.90

Fuente: Estación meteorológica Cachicadan.

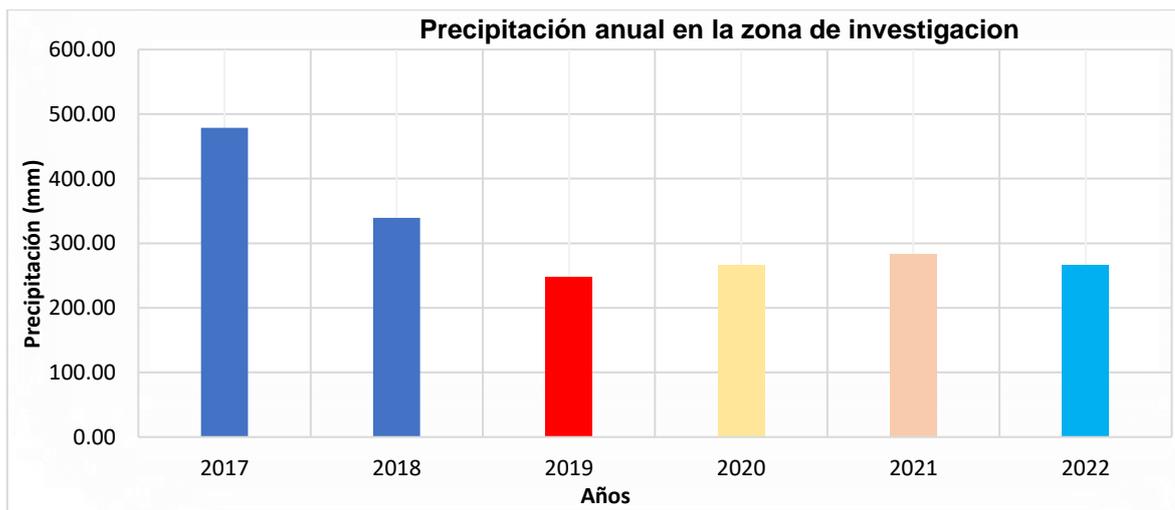


Figura 3.9. Histograma estadístico de precipitación en mm en el periodo 2017-2022. Estación Meteorológica de Cachicadan. Fuente: SENAMHI, 2017 - 2022.

También presentamos la precipitación máxima cada 24 horas, como se muestra en la figura N° 3.10.

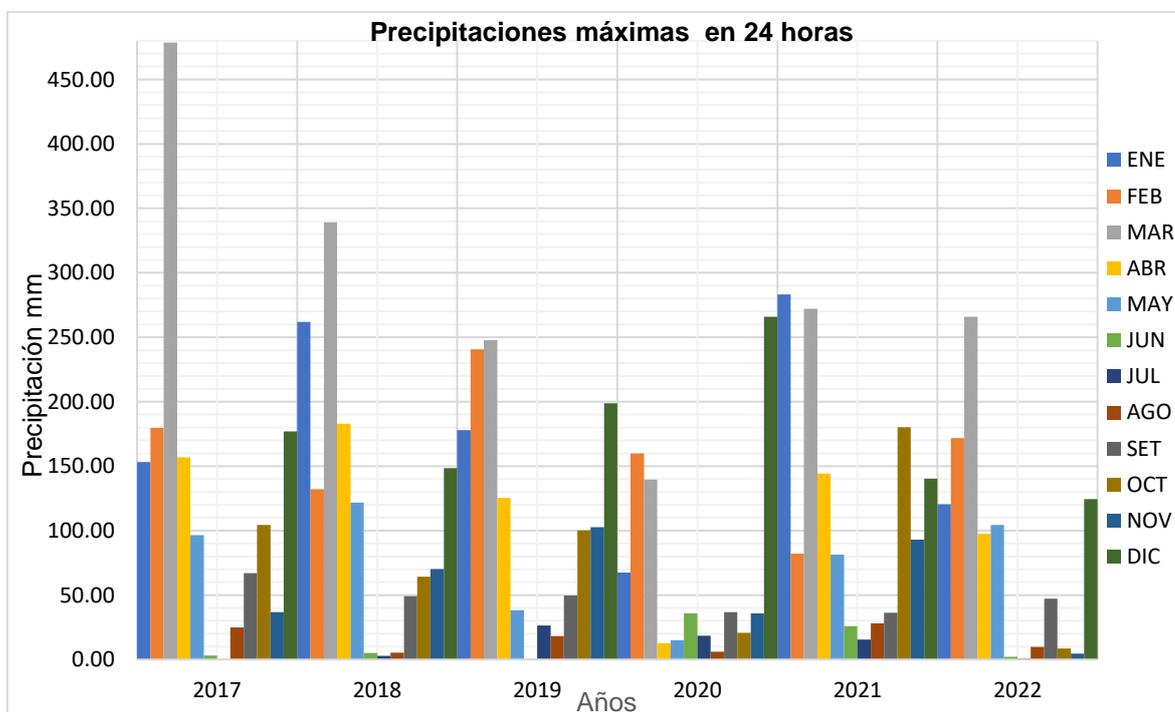


Figura 3.10. Precipitación máxima en 24 horas Estación Meteorológica Cachicadan. Fuente: SENAMHI, 2017 - 2022.

✓ **Balance Hidrológico**

De acuerdo al informe de Rodríguez, R. & Huamán, F. (2005) encontramos información sobre infiltración, medidas realizadas mediante el método de infiltrómetros de cilíndricos concéntricos, el cual tiene correlación con los datos de infiltración (F), precipitación total (PP), precipitación efectiva o escurrimiento (Pe) y los volúmenes de infiltración (VF); por lo tanto, a continuación, se muestra la fórmula que se usa para el cálculo:

$$Pp = Pe + F$$

Donde:

Pp: Precipitación Total

Pe: Precipitación Efectiva o Escurrimiento

F: Infiltración

Para poder encontrar el coeficiente de escurrimiento o coeficiente de escorrentía se emplea la siguiente formula:

$$C = Pe / Pp$$

Donde:

C: Coeficiente de escurrimiento o coeficiente de escorrentía

Pp: Precipitación Total

Pe: Precipitación Efectiva o Escurrimiento

Para determinar el coeficiente de infiltración usamos la siguiente ecuación según:

$$Ci = 1 - C$$

Donde:

Ci: Coeficiente de infiltración

C: Coeficiente de escurrimiento o coeficiente de escorrentía

El resultado de la infiltración calculada se muestra en el cuadro N° 3.5:

		PP	C	Pe	F	F	VF	VF
			$C = Pe / PP$	$Pe = C * PP$	$F = PP - Pe$	$F = PP - Pe$	$VF = F * A_{invest}$	$VF = F * A_{invest}$
		mm		mm	mm	m	m ³	MMC
CICLOS DE PRECIPITACION EN AÑOS	NUMERO AÑOS POR CICLO	PRECIPIT. TOTAL (PP)	COEF. ESCORRENTIA	PRECIP. EFECTIVA o ESCURRIMIENTO (Pe)	INFILTRACION (F)	INFILTRACION (F)	VOLUMEN DE INFILTRACION (VF)	VOLUMEN DE INFILTRACION (VF)
2017 - 2019	3	1065.90	0.65	692.835	373.065	0.373	31598.606	0.032
2020 - 2022	3	814.90	0.65	529.685	285.215	0.285	24157.711	0.024
	6	1880.80	0.65	1222.520	658.280	0.658	55756.316	0.056
A_{invest}	AREA DE INVESTIGACION				84700		m ²	

3.7 GEODINÁMICA

En la zona de estudio los deslizamientos que vienen ocurriendo y seguirán ocurriendo en el cerro La Victoria son generados por la sobre extracción de estructuras mineralizadas no metálicos correspondientes a las betas de carbon, ubicadas en el miembro medio de la Formación Chimú, alineándose con la secuencia de orientación $Az = N145^\circ$ y $Bz = 70^\circ SW$, emplazándose mantos de carbón competente de espesores 10 a 13 m. de ancho, sin embargo, el mineral es extraído por socavones ubicados en el Miembro Inferior de la Formación Chimú emplazado en el basamento rocoso.

Sin embargo, está sobre extracción está ocasionando subsidencias en el alineamiento SSE-NNW, evidenciándose por agrietamientos y zanjas de coronación, afectando progresivamente y directamente la parte superior del cerro La Victoria; sin embargo, la parte baja a media del cerro La Victoria es propiedad de los mineros artesanales, los cuales extraen mineral y desmonte, acumulándolo en las planicies, lomadas, laderas y escarpas, formando zonas de coberturas cuaternarias de depósitos antrópicos, no presentando un plan de contingencia de acumulación de desmontes generando inestabilidades progresivas en las superficies de despegue en las laderas por la afectación de agua de escorrentía, hidrogeología y el empuje activo del depósito cuaternario acumulado por la subsidencia; los cuales pueden ocasionar huaicos o deslizamientos por flujo o licuefacción de materiales sueltos.



Figura 3.11. Material transportado por el huaico, afectando la parte baja de la Empresa carbonífera San Benito S.R.L., cubriendo todas las instalaciones mineras.

Por lo contrario, en la parte baja se evidencia caídas de rocas de diámetros de 0.50 m. a 1.00 m., de forma tabular y cúbica; por lo que, los pobladores y mineros manifiestan que es el segundo huaico que afecta sobre todo la parte baja del cerro La Victoria, constituyendo actualmente una longitud 500 m, desde la corona a la punta con orientación ENE-WSW, incrementando su longitud cada año por los asentamientos ocurridos; sin embargo, el huaico se desplazó por las quebradas el Chorro y el Cauce, y la cara libre del cerro la Victoria afectando todas las operaciones mineras ubicadas a su paso y también pérdida de vidas humanas (Ver figura 3.12)



Figura 3.12. Instalaciones mineras destruidas ubicadas en la parte baja del cerro la Victoria.

Por consiguiente, se evidenció que el deslizamiento recuperó su vertiente (quebrada el Cauce), por los rasgos geomorfológicos en forma de V arrastrando casi todo el depósito antrópico, dejando en algunos casos afloramientos rocosos y suelos compactos; conformado por flujos de lodos, ocurriendo por licuación de materiales sueltos y finos ocasionados por los mineros que lo utilizaban como zona de desmonte siendo activada por el evento geodinámico, formando dos abanicos aluviales lodosos de 20 m. a 50 m. de diámetro y una longitud de 100 m. a 190 m, mientras que en la zona norte ocurre deslizamientos rotacionales que están delimitados por los flancos y basamentos rocosos de la Formación Chimú, presentando orientación ESE-WNW, afectando a la quebrada El Chorro. La composición litológica está conformada por materiales deleznable de muy baja resistencia, deslizándose progresivamente por la afectación de agua de escorrentía superficial formando en algunos casos cárcavas en su superficie, por lo que cuando se generan deslizamientos son afectados directamente los mineros que delimitan con la quebrada El Chorro, no abasteciendo el encauzamiento con muros de contención de 2.50 m. de altura y ancho de 8.50 m. de cauce.



Figura 3.13. Vista panorámica de la corona del deslizamiento con orientación ESE-WNW, con escarpe de deslizamiento de 20 m. a 30 m. de profundidad.



Figura 3.14. Vista frontal del deslizamiento con longitud de 500 m. y 200 m de ancho, delimitados por las quebradas: El Chorro y El Cauce.



Figura 3.15. Proyección del deslizamiento por formarse: Zanja de coronación y agrietamiento, paralelos a la subsidencia de orientación SSE-NNW, afectando al cementerio del caserío Yanivilca.

3.9 GEOTECNIA

La evaluación geotécnica de estabilización de: taludes y laderas; se evaluó para remediar la inestabilidad de los taludes críticos, afectando las labores mineras del frente de explotación y trocha carrozable. Proponiendo el mejoramiento y estabilización del cerro La Victoria, en función de las variables identificadas del afloramiento compuesto por: Suelos y rocas. La metodología utilizada está en función de la composición litológica empleándose los siguientes softwares: Slide, Dips y RocData; utilizado en base a modelos: analíticos y numéricos, capaces de utilizar el MEF, calculando interacciones de esfuerzos internos de los materiales, deformaciones, zonas de plastificación y el factor de seguridad. El programa consideró variables importantes como las propiedades geomecánicas de los materiales: peso específico del material, cohesión, ángulo de fricción, las constantes elásticas de la roca, etc.; como lo muestran las figuras de análisis de las secciones transversales, aparte de sus clasificaciones geomecánicas.

3.9.1 Estación Geotécnica 1, Tramo Km. 00 + 090

La base del talud está conformando por basamento rocoso, en algunos casos cubiertos de depósito cuaternario. El basamento rocoso está conformado por tres familias de discontinuidades, de bajo grado de fracturamiento, definiendo bloques y capas, clasificándose como roca Tipo R4, con rellenos en las fracturas de Óxidos y arcillas. El método utilizado para el cálculo es mediante la ecuación de Priest y Hundson, mediante la linealidad del RQD de 1976 a partir de frecuencias de discontinuidades donde $ND = 23$, en longitud de $L = 3.50$ m., obteniendo un $RQD = 85.89\%$ clasificándolo como roca de calidad buena; el RMR89 se obtuvo a partir de la suma: σ_{ci} , RQD, espaciado, condiciones de las discontinuidades y agua subterránea; obteniendo un $RMR = 72$ considerándose roca de calidad buena; el criterio de utilización del GSI (Hoek y Marinos 2000) se obtuvo en la interpolación de la estructura (Muy fracturado disturbado/agrietado) y condiciones superficiales (Buena), obteniendo un $GSI = 67$. Según la figura 3.19 mostramos que el macizo rocoso es competente, como lo indica la línea verde punteada que corresponde a la línea de moggi.

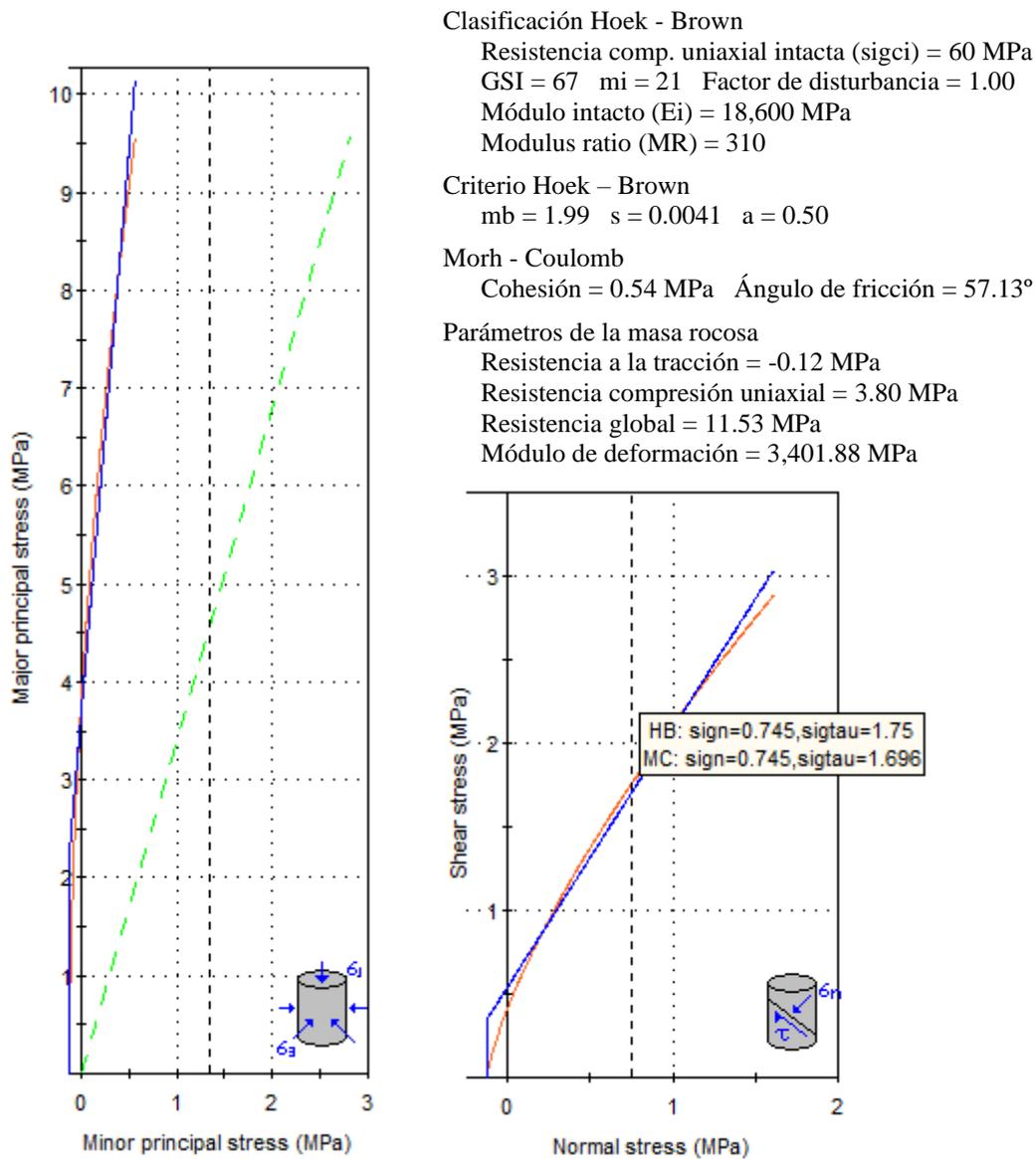


Figura 3.16. Representa las propiedades geomecánicas del basamento rocoso utilizando el RocData en relación con los criterios de linealización del método de equivalencia de áreas, Estación geotécnica E-1.

Se realiza el desatado de roca del basamento rocoso y realizar secciones de corte de 3:10 en la parte superior en el talud y ancho de berma 7.50 m, el cual tiene que estar recubierto con geomallas, ya que estos ayudan a mejorar la estabilidad y resistencia de taludes, previniendo deslizamientos de tierra y erosión.

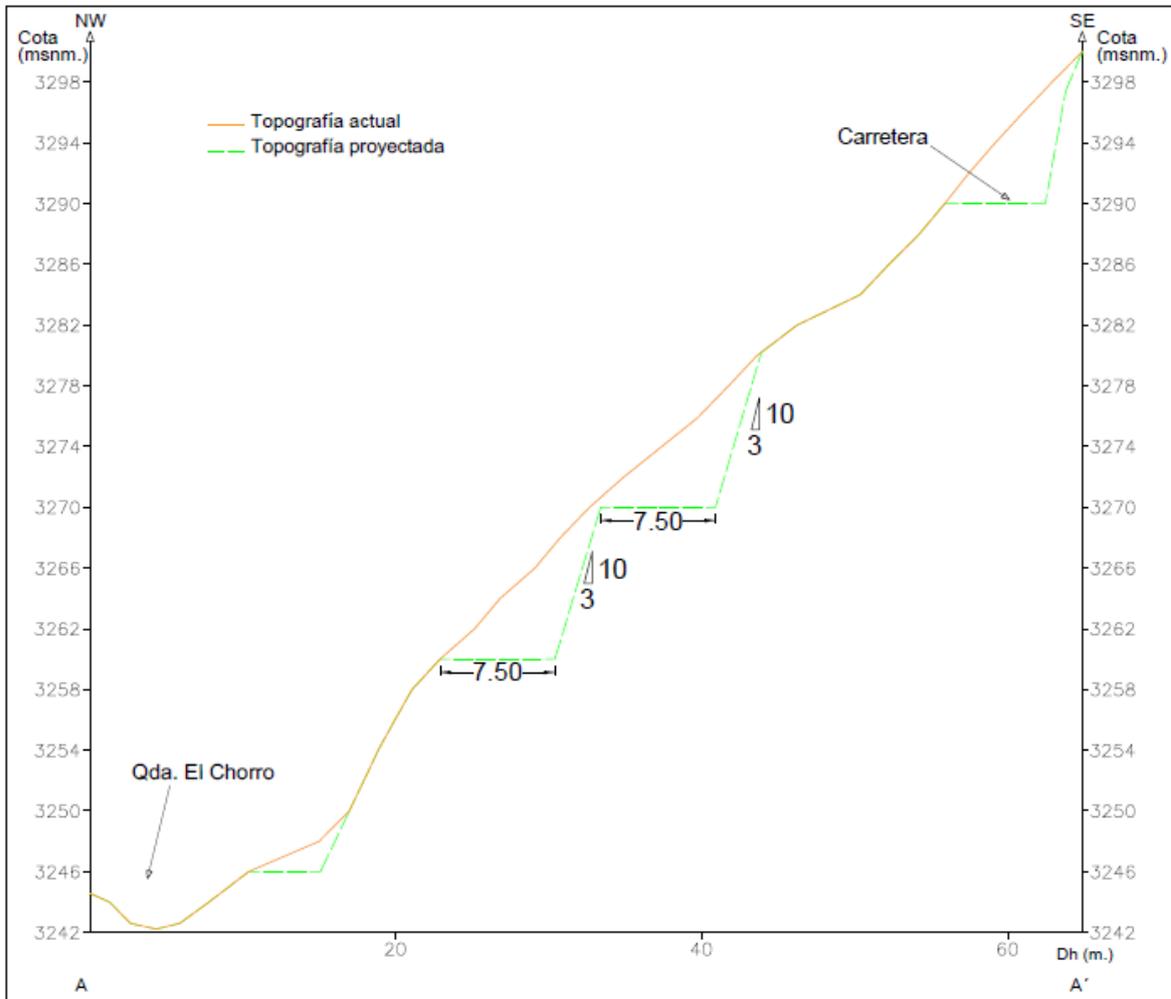
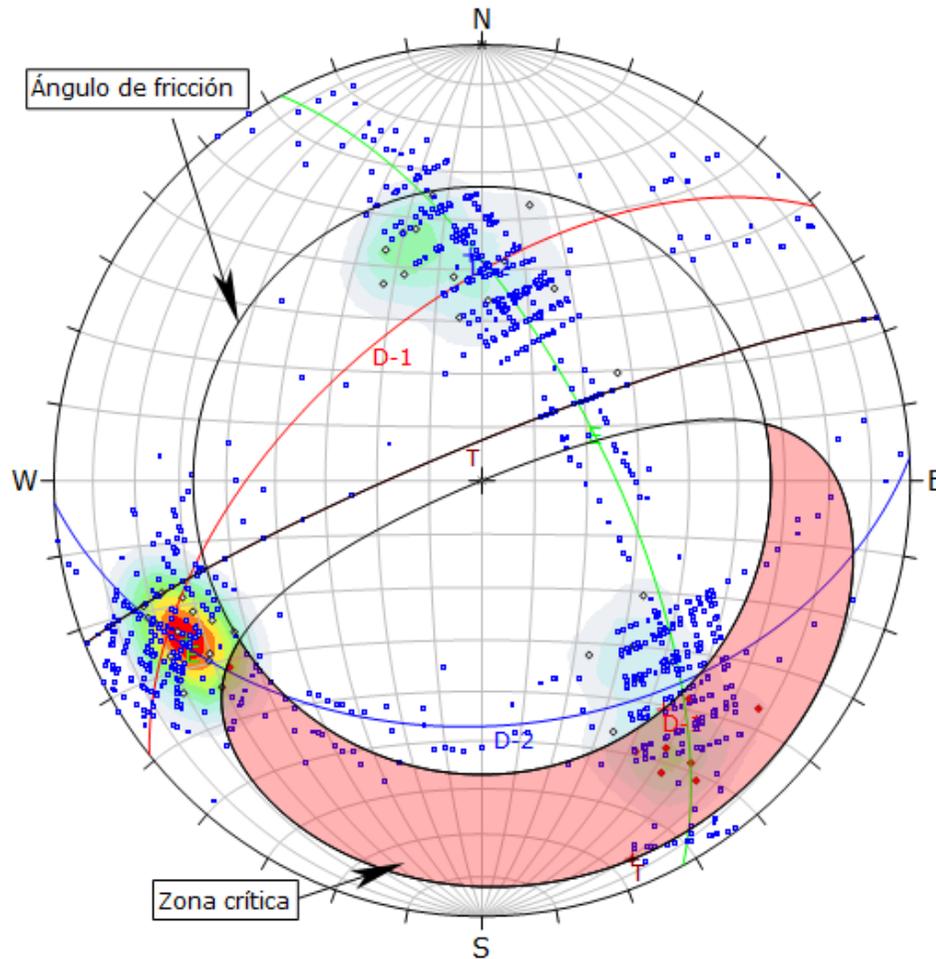


Figura 3.17. Diseño del talud de corte 3:10 y ancho de berma 7.50 m.; tramo: KM. 00+090, sección A – A'. Estación geotécnica E-1.

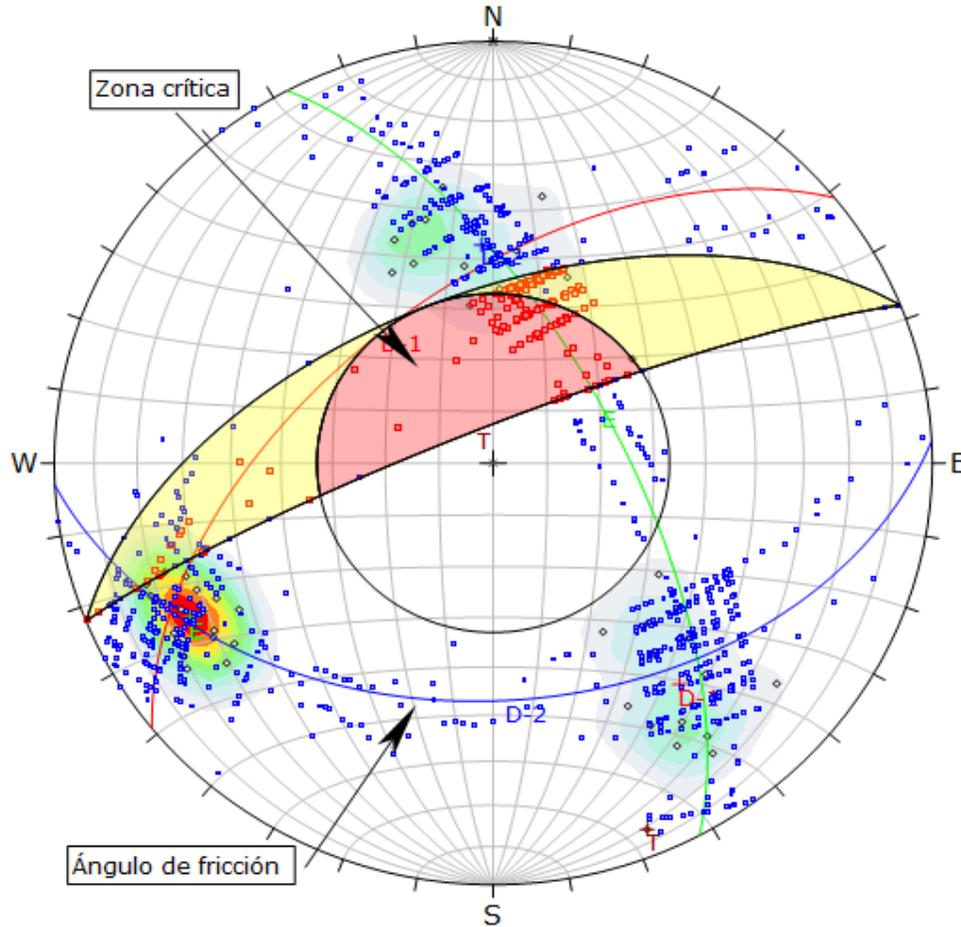
En la figura 3.18. se realizó un análisis de los datos obteniendo una rotura planar, lo cual está formado por D-1, con una probabilidad de falla de 22%.



Symbol	Feature			
◇	Polo vectors			
◆	Critical vectors			
□	Intersection			
Color	Density concentrations			
	0.00 – 2.20			
	2.20 – 4.40			
	4.40 – 6.60			
	6.60 – 8.80			
	11.00 – 13.20			
	13.20 – 15.40			
	15.40 – 17.60			
	17.60 – 19.80			
	17.60 – 19.80			
	19.80 – 22.00			
Maximum density	21.65%			
Contour data	Polo vectors			
Contour distribution	Fisher			
Counting circle size	1.00%			
Kinematic analysis	Planar siliding			
Slope dip	83°			
Slope Dip direction	338°			
Friction angle	57°			
	Critical	Total	%	
Planar siliding (All)	9	45	22.00%	
	Color	Dip	Dip direction	Label
User planes				
1	■	67°	62°	E
2	■	43°	177°	D-2
3	■	57°	321°	D-1
4	■	83°	348°	T
Plot Mode	Pole vectors			
Vector count	45 (45 entries)			
Intersection mode	Grid data planes			
Intersections count	990			
Hemisphere	Lower			
Projection	Equal area			

Figura 3.18. Análisis por rotura planar, formado por D-1, con probabilidad de falla de 22.00%. Estación geotécnica E-1.

En la figura 3.19. se observa el análisis por ruptura en cuña, obteniendo una probabilidad de falla de 15.66%, por la intersección de planos: E y D-1.



Symbol	Feature			
◇	Polo vectors			
■	Critical intersection			
□	Intersection			
Color	Density concentrations			
	0.00 – 2.20			
	2.20 – 4.40			
	4.40 – 6.60			
	6.60 – 8.80			
	8.80 - 11.00			
	11.00 – 13.20			
	13.20 – 23.80			
	15.40 – 27.20			
	17.60 – 19.80			
	19.80 - 22.00			
Maximun density	21.65%			
Contour data	Polo vectors			
Contour distribution	Fisher			
Counting circle size	1.00%			
Kinematic analysis	Wedge sliding			
Slope dip	83°			
Slope Dip direction	338°			
Friction angle	57°			
	Critical	Total	%	
Wedge sliding	155	990	15.66%	
	Color	Dip	Dip direction	Label
User planes				
1	■	67°	62°	E
2	■	43°	177°	D-2
3	■	57°	321°	D-1
4	■	83°	348°	T
Plot Mode	Pole vectors			
Vector count	45 (45 entries)			
Intersection mode	Grid data planes			
Intersections count	990			
Hemisphere	Lower			
Projection	Equal area			

Figura 3.19. Análisis por ruptura en cuña, con probabilidad de falla de 15.66%, por la intersección de planos: E y D-1, Estación geotécnica E-1.

En la figura 3.20. se describe un análisis de ruptura por vuelco en base deslizante 33.33%, englobando al polo de la familia D-1; a favor del talud.

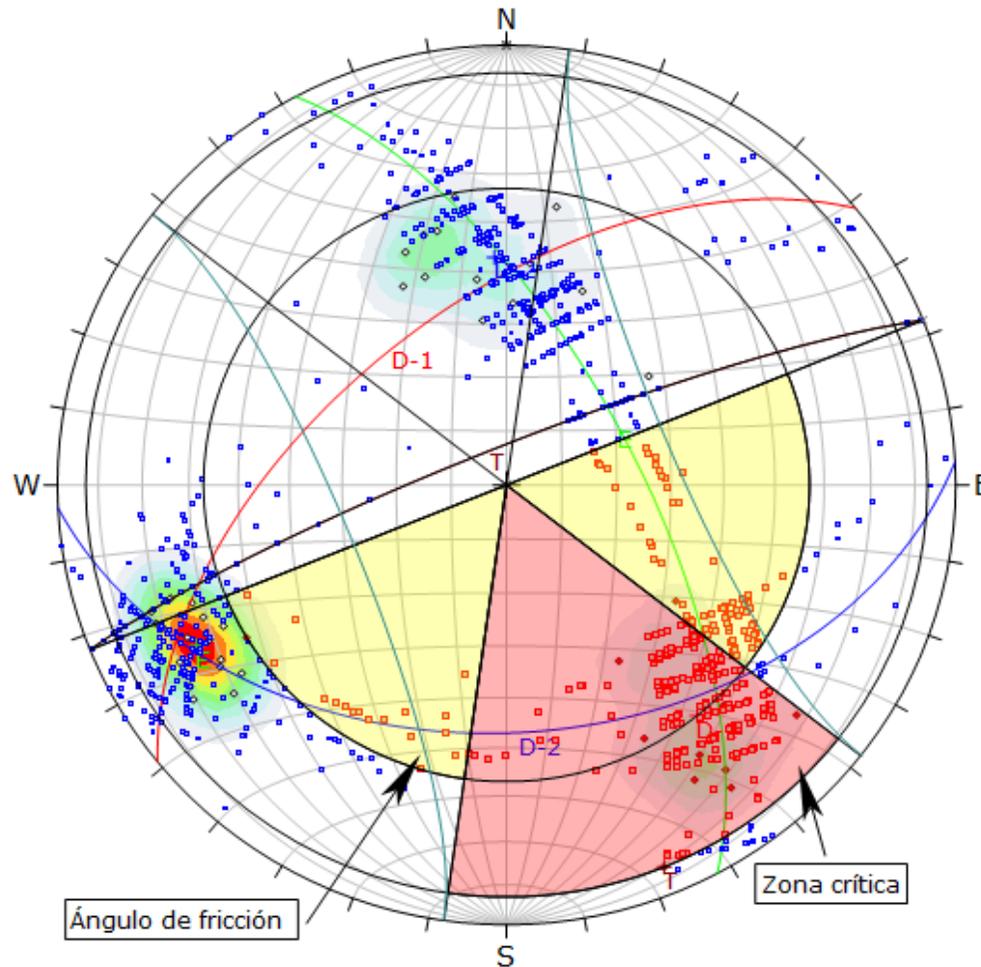


Figura 3.20. Probabilidad de ruptura por vuelco en base deslizante 33.33%, englobando al polo de la familia: D-1; a favor del talud. Estación geotécnica E-1.

Symbol	Feature			
◇	Polo vectors			
◆	Critical vectors			
□	Critical intersection			
■	Intersection			
Color	Density concentrations			
	0.00 – 2.20			
	2.20 – 4.40			
	4.40 – 6.60			
	6.60 – 8.80			
	8.80 – 11.00			
	11.00 – 13.20			
	13.20 – 15.40			
	15.40 – 17.60			
	17.60 – 19.80			
	19.80 - 22.00			
Maximum density		21.65%		
Contour data		Polo vectors		
Contour distribution		Fisher		
Counting circle size		1.00%		
Kinematic analysis		Direct toppling		
Slope dip		83°		
Slope Dip direction		338°		
Friction angle		57°		
Lateral milits		30°		
	Critical	Total	%	
Direct toppling (Intersection)	211	990	21.31%	
Oblique toppling (Intersection)	106	990	10.71%	
Base plane (All)	15	45	33.33%	
	Color	Dip	Dip direction	Label
User planes				
1	■	67°	62°	E
2	■	43°	177°	D-2
3	■	57°	321°	D-1
4	■	83°	348°	T
Plot Mode		Pole vectors		
Vector count		45 (45 entries)		
Intersection mode		Grid data planes		
Intersections count		990		
Hemisphere		Lower		
Projection		Equal area		

3.9.2 Estación Geotécnica 2, Tramo Km. 00 + 042

La base del talud está conformando por basamento rocoso compuesto por estratos de areniscas de espesor: 0.20 m. a 0.35 m., con orientación: N142°/78°SW, con $\sigma_{ci} = 65$ MPa (R4 – 1 a 2 golpes), con aberturas: Cerradas, < 0.1 mm. a 5 mm., con rugosidad: Ondulada-lisa a suave, con alteración: Inalterada a ligeramente alterada. Obteniendo valoraciones geomecánicas: RQD = 69.64% (Roca regular), RMR = 53 (Roca media) y GSI = 48 (Roca regular). Se recomienda realizar el desatado de roca del basamento rocoso y perfilado del talud, para luego cubrirlos con geomallas para aumentar la cohesión y resistencia a los deslizamientos.

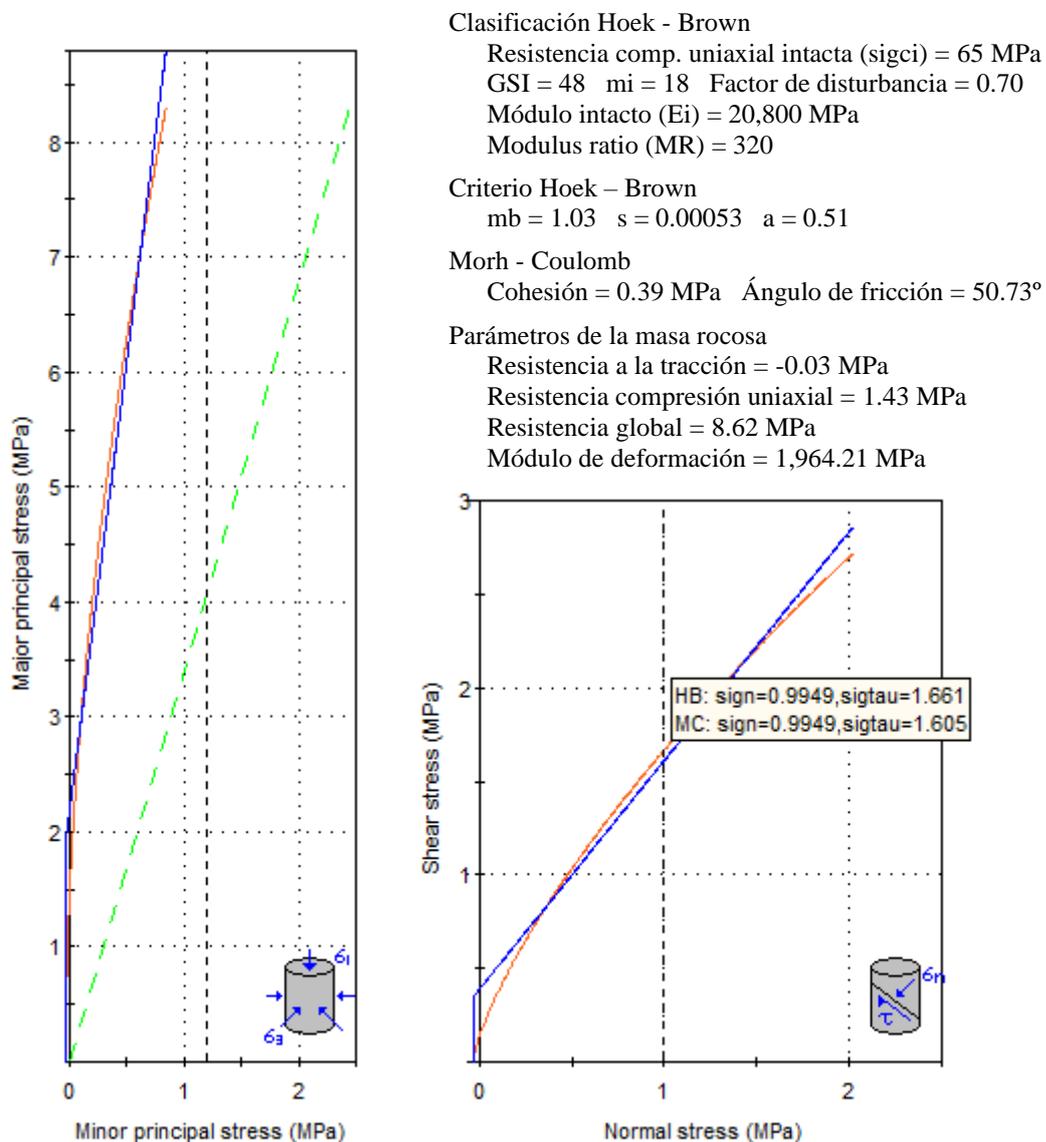
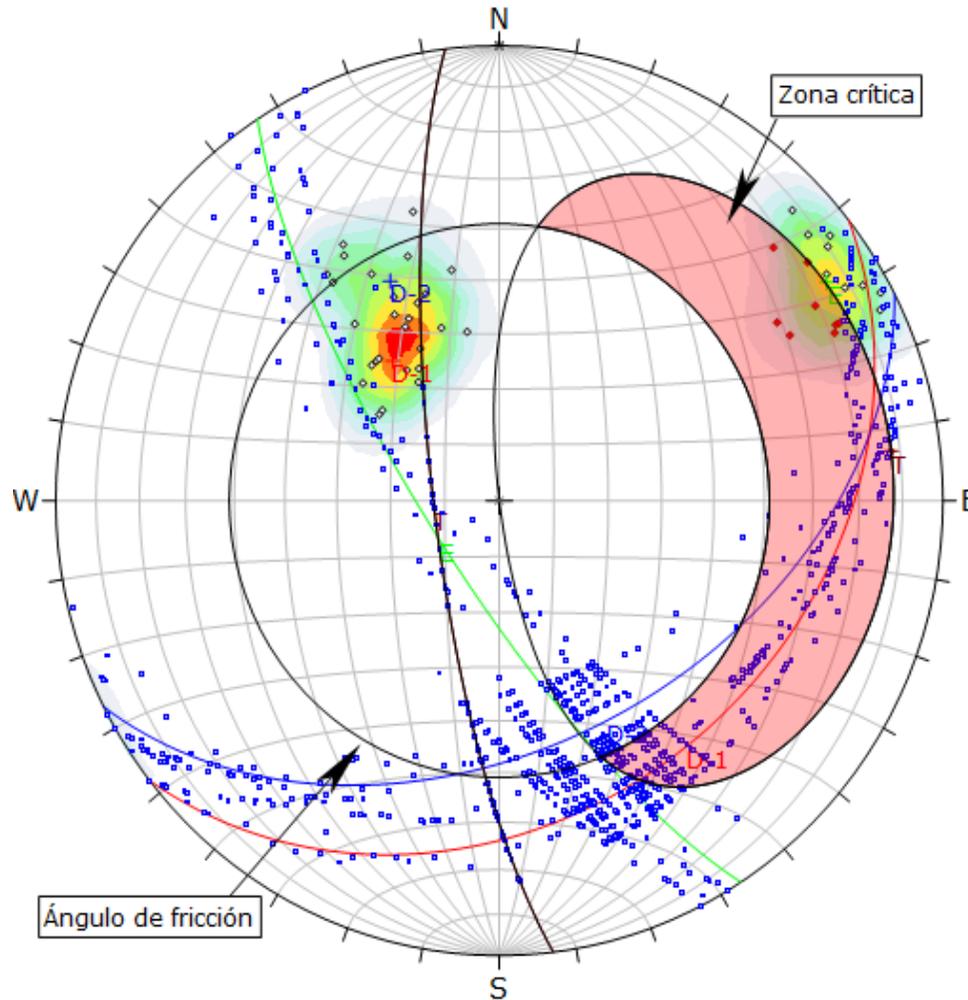


Figura 3.21. Representa las propiedades geomecánicas del basamento rocoso utilizando el RocData en relación con los criterios de linealización del método equivalencia de áreas, Estación geotécnica E-2.

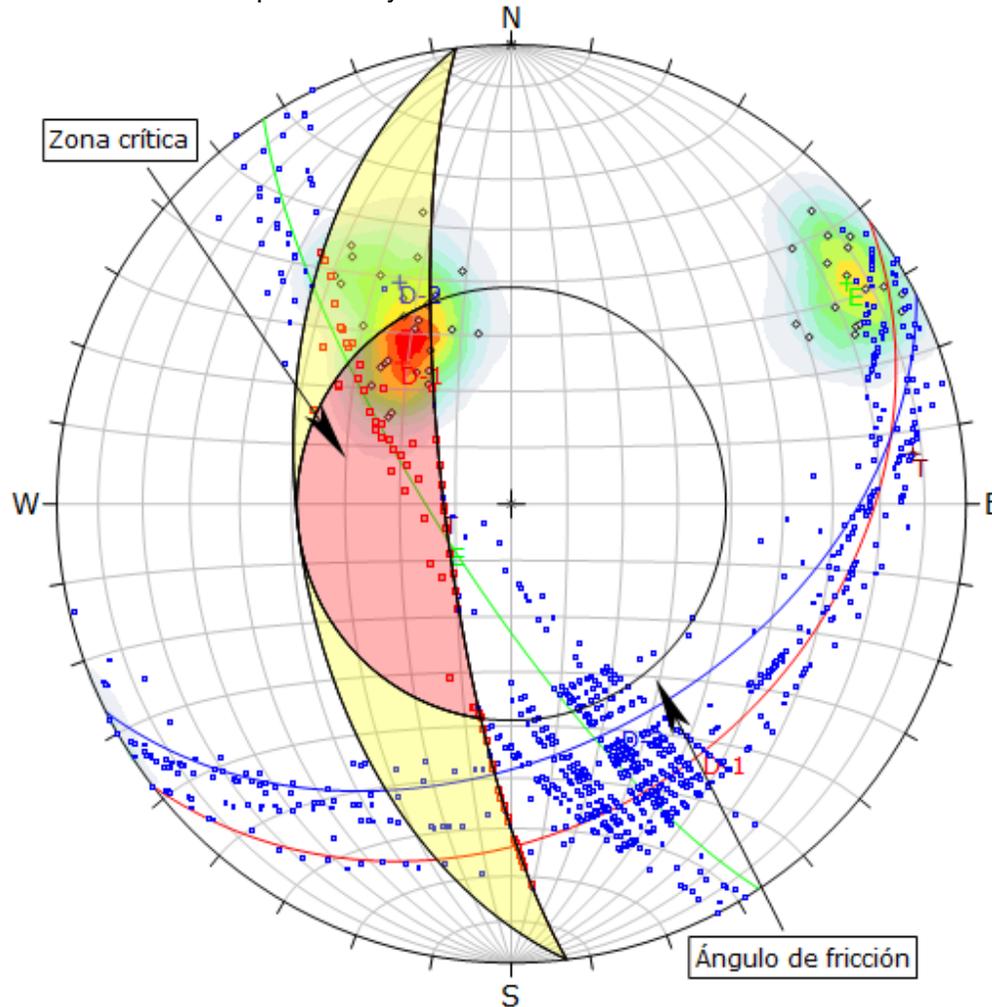
En la figura 3.22. se realizó el análisis por ruptura planar, formado por E, con una probabilidad de falla de 20.00%.



Symbol	Feature			
◇	Polo vectors			
◆	Critical vectors			
□	Intersection			
Color	Density concentrations			
	0.00 – 2.40			
	2.40 – 4.80			
	4.80 – 7.20			
	7.20 – 9.60			
	9.60 – 12.00			
	12.00 – 14.40			
	14.40 – 16.80			
	16.80 – 19.20			
	19.20 – 21.60			
	21.60 – 24.00			
Maximun density	23.09%			
Contour data	Polo vectors			
Contour distribution	Fisher			
Counting circle size	1.00%			
Kinematic analysis	Planar siliding			
Slope dip	78°			
Slope Dip direction	263°			
Friction angle	51°			
	Critical	Total	%	
Planar siliding (All)	9	45	20.00%	
	Color	Dip	Dip direction	Label
User planes				
1	■	77°	237°	E
2	■	45°	153°	D-2
3	■	32°	142°	D-1
4	■	78°	263°	T
Plot Mode	Pole vectors			
Vector count	45 (45 entries)			
Intersection mode	Grid data planes			
Intersections count	990			
Hemisphere	Lower			
Projection	Equal area			

Figura 3.22. Análisis por ruptura planar, formado por E, con probabilidad de falla de 20.00%. Estación geotécnica E-2.

En la Figura 3.23. se describe el análisis por ruptura en cuña, con una probabilidad de falla de 7.17%, por la intersección de planos: E y D-2.



Symbol	Feature		
◇	Polo vectors		
■	Critical intersection		
□	Intersection		
Color	Density concentrations		
	0.00 – 2.40		
	2.40 – 4.80		
	4.80 – 7.20		
	7.20 – 9.60		
	9.60 – 12.00		
	12.00 – 14.40		
	14.40 – 16.80		
	16.80 – 19.20		
	19.20 – 21.60		
	21.60 - 24.00		
Maximun density		23.00%	
Contour data		Polo vectors	
Contour distribution		Fisher	
Counting circle size		1.00%	
Kinematic analysis		Wedge sliding	
Slope dip		78°	
Slope Dip direction		263°	
Friction angle		51°	
	Critical	Total	%
Wedge sliding	71	990	7.17%
	Color	Dip	Dip direction
			Label
User planes			
1	■	77°	237°
2	■	45°	153°
3	■	32°	142°
4	■	78°	263°
Plot Mode		Pole vectors	
Vector count		45 (45 entries)	
Intersection mode		Grid data planes	
Intersections count		990	
Hemisphere		Lower	
Projection		Equal area	

Figura 3.23. Análisis por ruptura en cuña, con probabilidad de falla de 7.17%, por la intersección de planos: E y D-2, Estación geotécnica E-2.

En la Figura 3.24. se muestra una probabilidad de ruptura por vuelco en base deslizante con un 20.00%, englobando al polo de la familia: E; a favor del talud.

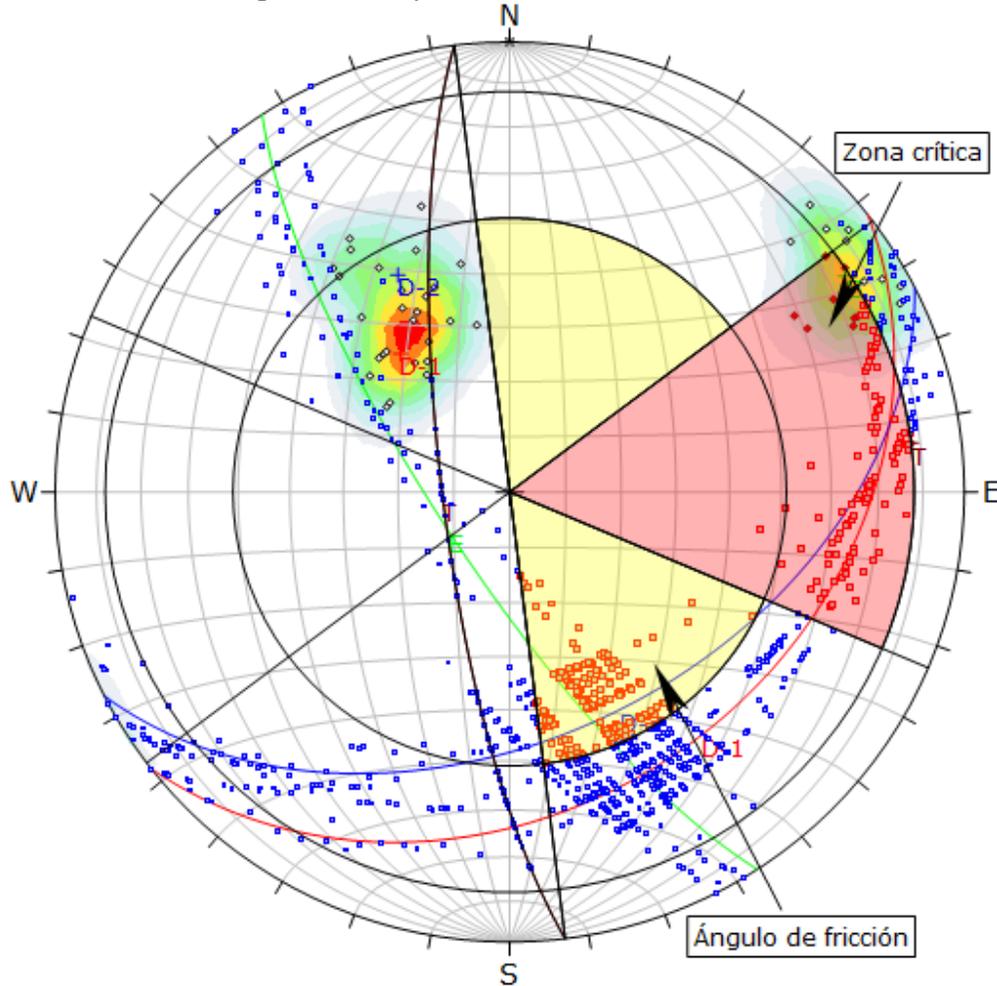


Figura 3.24. Probabilidad de ruptura por vuelco en base deslizante 20.00%, englobando al polo de la familia: E; a favor del talud. Estación geotécnica E-2.

Symbol	Feature		
◇	Polo vectors		
◆	Critical vectors		
■	Critical intersection		
■	Intersection		
Color	Density concentrations		
	0.00 – 2.40		
	2.40 – 4.80		
	4.80 – 7.20		
	7.20 – 9.60		
	9.60 – 12.00		
	12.00 – 14.20		
	14.20 – 16.80		
	16.80 – 19.20		
	19.20 – 21.60		
	21.60 - 24.00		
Maximun density	23.09%		
Contour data	Polo vectors		
Contour distribution	Fisher		
Counting circle size	1.00%		
Kinematic analysis	Direct toppling		
Slope dip	78°		
Slope Dip direction	263°		
Friction angle	51°		
Lateral milits	30°		
	Critical	Total	%
Direct toppling (Intersection)	105	990	10.61%
Oblique toppling (Intersection)	188	990	18.99%
Base plane (All)	9	45	20.00%
	Color	Dip	Dip direction
			Label
User planes			
1	■	77°	237° E
2	■	45°	153° D-2
3	■	32°	142° D-1
4	■	78°	263° T
Plot Mode	Pole vectors		
Vector count	45 (45 entries)		
Intersection mode	Grid data planes		
Intersections count	990		
Hemisphere	Lower		
Projection	Equal area		

3.9.3 Estación Geotécnica 3, Tramo Km. 00 + 140

Afloramiento rocoso compuesto por secuencias de areniscas competentes de grosor: 0.20 m. a 0.40 m., de coloración blanquecina a amarillenta, con orientación (Az/Bz) = N304°/47°NE. Aplicando el mapeo geomecánico por línea de detalle se evidencio que está compuesto por tres familias de discontinuidades de orientación (Az/Bz) = N304°/47°NE, N200°/83°NW y N114°/64°SW, con $\sigma_{ci} = 58$ MPa (R4 - 1 a 2 golpes), con persistencia: < 1 m. a 1 m. a 3 m. con aberturas desde: cerradas a > 5 mm., con superficies: Ondula-lisa a suave, con alteración: Inalterada a ligeramente alterada en la superficie de la junta, en condiciones ligeramente humedad, mediante el modelo geológico, se obtuvo los parámetros cuantitativos y cualitativos de la masa rocosa.

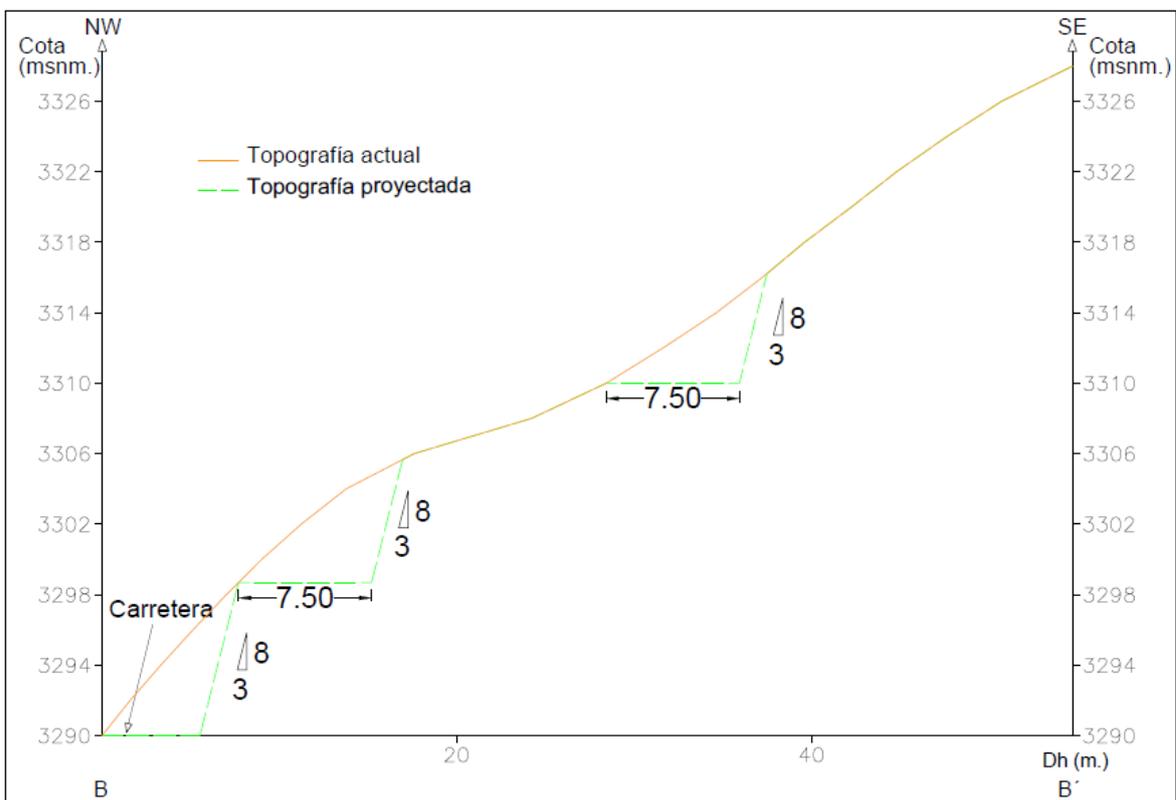


Figura 3.25. Diseño del talud de corte 3:8 y ancho de berma 7.50 m.; tramo: KM. 00+140, sección B – B'. Estación geotécnica E-3.

Posteriormente mediante el modelo geomecánico se obtuvieron valoraciones geomecánicas como: RQD = 73.58% (Roca regular), RMR = 58 (Roca media) y GSI = 53 (Roca regular); aplicando el software RocData se obtuvieron las valoraciones de

las constantes elásticas del afloramiento rocoso, para utilizarlo en el software Dips en función de los fallamiento: Planar (Formando 8 zonas críticas, en función D-1 con probabilidad de falla 17.78%), cuña (Presenta 247 intersecciones de fallamiento entre: E y D-1, probabilidad de falla 24.95%) y vuelco (Ocasionando por base deslizante 26.67% a favor del talud). Sin embargo, los tres casos de fallamiento ocasionan inestabilidad moderada, proponiendo realizar desatado o desquinchado del talud y posteriormente estabilizarlo con sección de corte la cara libre, 3:8 (H:V), con ancho de berma 7.50 m. recubierto con geomallas, ya que estos ayudan a mantener el suelo en su lugar, aumentando su cohesión y resistencia a los deslizamientos.

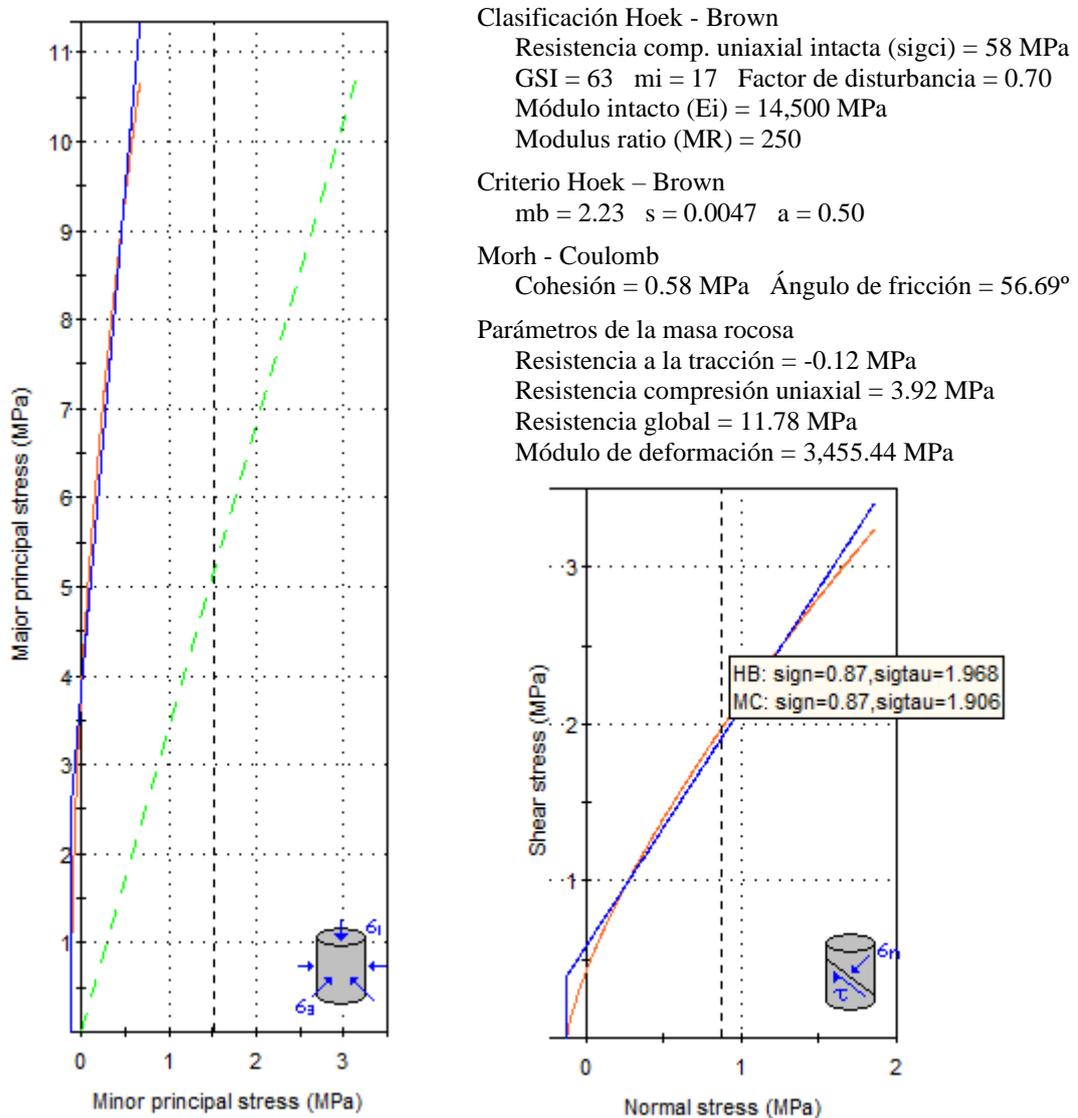
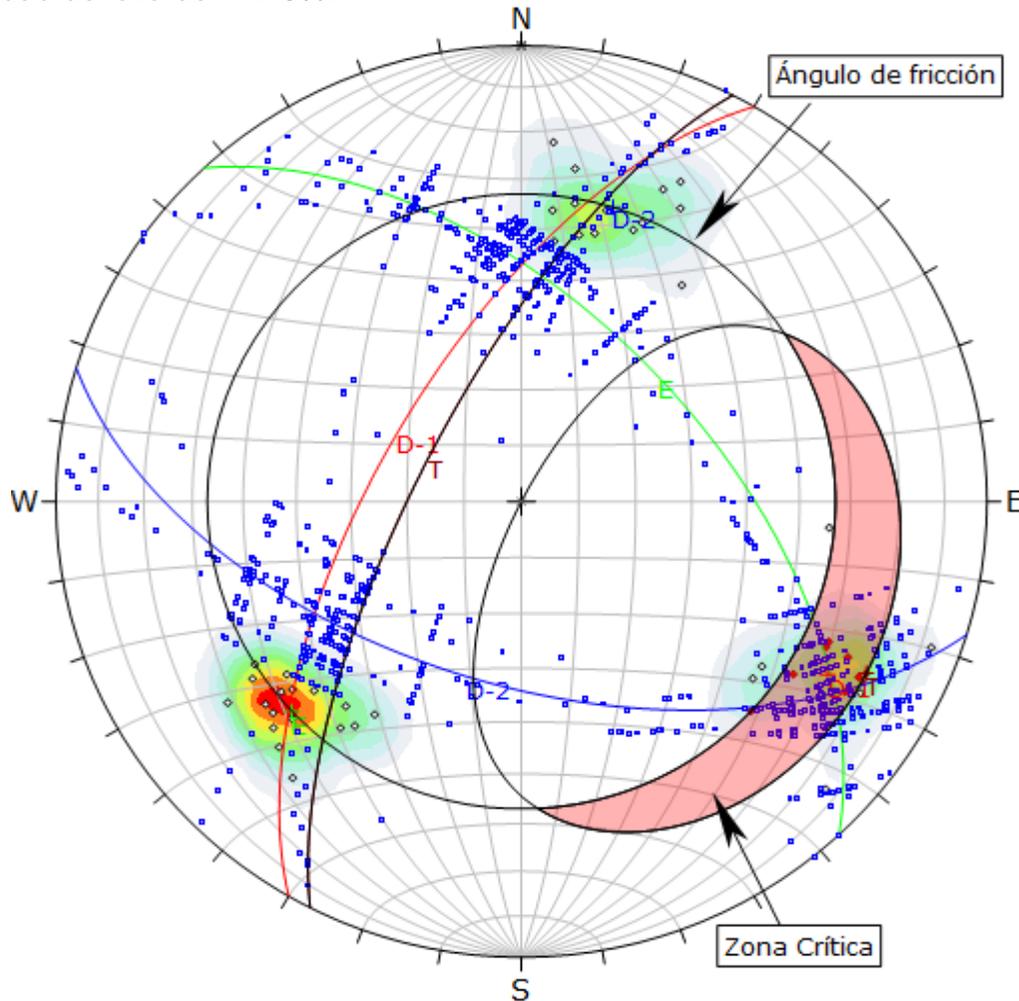


Figura 3.26. Representa las propiedades geomecánicas del basamento rocoso utilizando el RocData en relación con los criterios de linealización del método de la equivalencia de áreas, Estación geotécnica E-3.

En la Figura 3.27. se describe el análisis por ruptura planar, formado por D-1, con una probabilidad de falla de 17.78%.



Symbol	Feature		
◇	Polo vectors		
◆	Critical vectors		
□	Intersection		
Color	Density concentrations		
	0.00 – 2.20		
	2.20 – 4.40		
	4.40 – 6.60		
	6.60 – 8.80		
	8.80 – 11.00		
	11.00 – 13.20		
	13.20 – 15.40		
	15.40 – 17.60		
	17.60 – 19.80		
	19.80 – 22.00		
Maximun density	21.09%		
Contour data	Polo vectors		
Contour distribution	Fisher		
Counting circle size	1.00%		
Kinematic analysis	Planar siliding		
Slope dip	72°		
Slope Dip direction	297°		
Friction angle	57°		
	Critical	Total	%
Planar siliding (All)	8	45	17.78%
	Color	Dip	Dip direction
User planes			
1	■	57°	47° E
2	■	57°	197° D-2
3	■	65°	300° D-1
4	■	72°	297° T
Plot Mode	Pole vectors		
Vector count	45 (45 entries)		
Intersection mode	Grid data planes		
Intersections count	990		
Hemisphere	Lower		
Projection	Equal area		

Figura 3.27. Análisis por ruptura planar, formado por D-1, con probabilidad de falla de 17.78%. Estación geotécnica E-3.

En la Figura 3.28. se hace el análisis por ruptura por cuña, formado por D-1, con una probabilidad de falla de 17.78%.

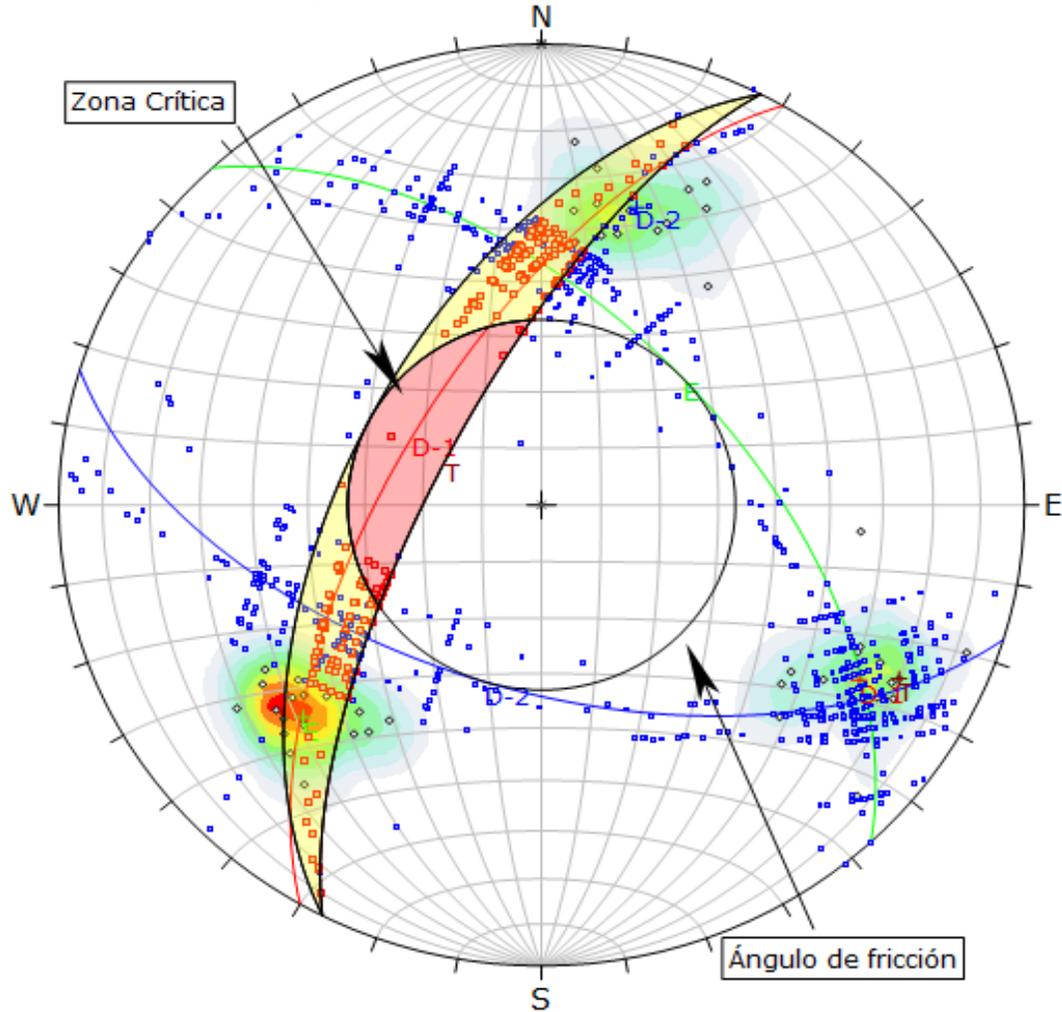


Figura 3.28. Análisis por ruptura en cuña, con probabilidad de falla de 24.95%, por la intersección de planos: E y D-1, Estación geotécnica E-3.

Symbol	Feature		
◇	Polo vectors		
■	Critical intersection		
□	Intersection		
Color	Density concentrations		
	0.00 – 2.20		
	2.20 – 4.40		
	4.40 – 6.60		
	6.60 – 8.80		
	8.80 – 11.00		
	11.00 – 13.20		
	13.20 – 15.40		
	15.40 – 17.60		
	17.60 – 19.80		
	19.80 - 22.00		
Maximun density	21.40%		
Contour data	Polo vectors		
Contour distribution	Fisher		
Counting circle size	1.00%		
Kinematic analysis	Wedge sliding		
Slope dip	72°		
Slope Dip direction	297°		
Friction angle	57°		
	Critical	Total	%
Wedge sliding	247	990	24.95%
	Color	Dip	Dip direction
			Label
User planes			
1	■	57°	47°
2	■	57°	197°
3	■	65°	300°
4	■	72°	297°
Plot Mode	Pole vectors		
Vector count	45 (45 entries)		
Intersection mode	Grid data planes		
Intersections count	990		
Hemisphere	Lower		
Projection	Equal area		

En la Figura 3.29. se describe la probabilidad de una ruptura por vuelco en base deslizante 26.67%, englobando al polo de la familia: D-1; a favor del talud.

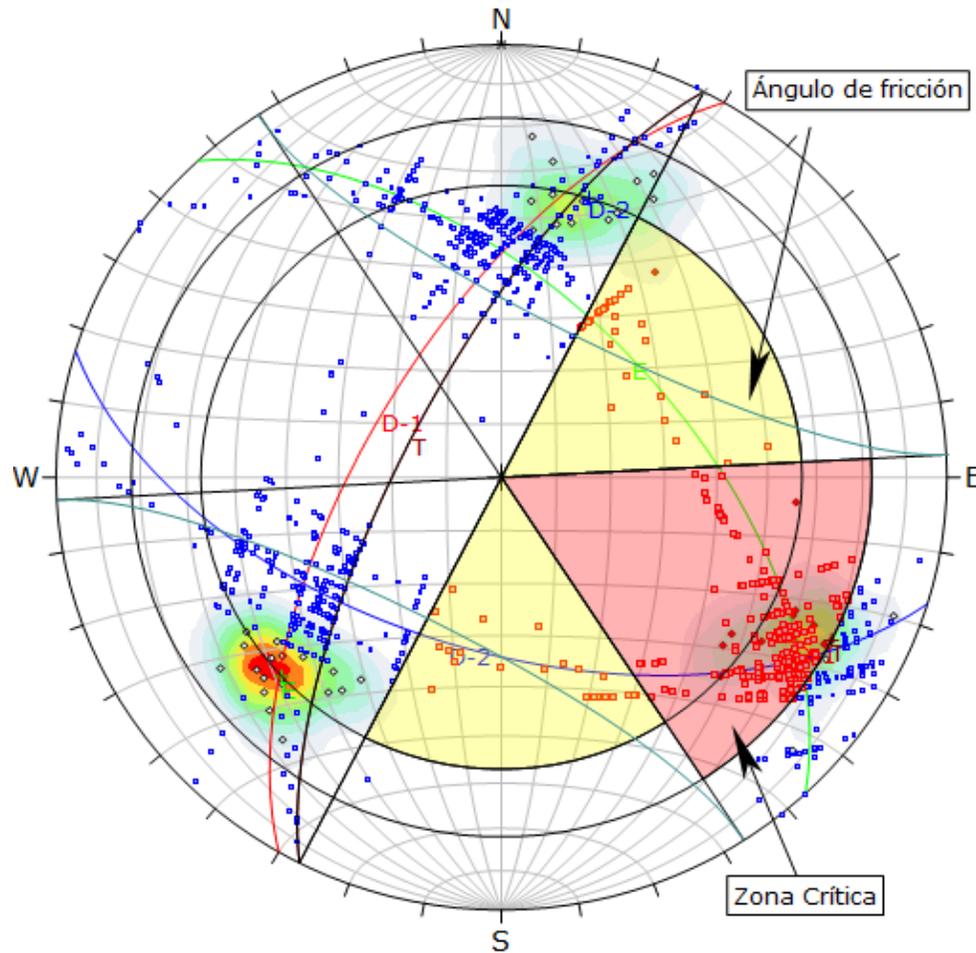


Figura 3.29. Probabilidad de ruptura por vuelco en base deslizante 26.67%, englobando al polo de la familia: D-1; a favor del talud. Estación geotécnica E-3.

Symbol	Feature		
◇	Polo vectors		
◆	Critical vectors		
□	Critical intersection		
■	Intersection		
Color	Density concentrations		
	0.00 – 2.20		
	2.20 – 4.40		
	4.40 – 6.60		
	6.60 – 8.80		
	8.80 – 11.00		
	11.00 – 13.20		
	13.20 – 15.40		
	15.40 – 17.60		
	17.60 – 19.80		
	19.80 - 22.00		
Maximun density	21.40%		
Contour data	Polo vectors		
Contour distribution	Fisher		
Counting circle size	1.00%		
Kinematic analysis	Direct toppling		
Slope dip	72°		
Slope Dip direction	297°		
Friction angle	57°		
Lateral milits	30°		
	Critical	Total	%
Direct toppling (Intersection)	220	990	22.22%
Oblique toppling (Intersection)	49	990	4.95%
Base plane (All)	12	45	26.67%
	Color	Dip	Dip direction
User planes			
1	■	57°	47° E
2	■	57°	197° D-2
3	■	65°	300° D-1
4	■	72°	297° T
Plot Mode	Pole vectors		
Vector count	45 (45 entries)		
Intersection mode	Grid data planes		
Intersections count	990		
Hemisphere	Lower		
Projection	Equal area		

3.9.4 Estación Geotécnica 4, Tramo Km. 00 + 042

Afloramiento rocoso compuesto por estratos de areniscas de orientación (Az/Bz) = N318°/70°NE, con superficies oxidadas de color: Rojizo, anaranjado a amarillento. Conformado por tres familias de discontinuidades, calificándolo de mala calidad, obteniendo valores geomecánicos: $\sigma_{ci} = 40$ MPa (R4 - 1 golpe), RQD = 41.48% (Roca mala), RMR = 39 (Roca mala) y GSI = 34 (Roca mala). Se sugiere desquinchado de ladera y talud, y estabilizarlo con sección de corte 3:8 (H:V) y ancho de berma 7.50 m, usando geomallas para mantener el suelo en su lugar, aumentando su cohesión y resistencia a los deslizamientos.

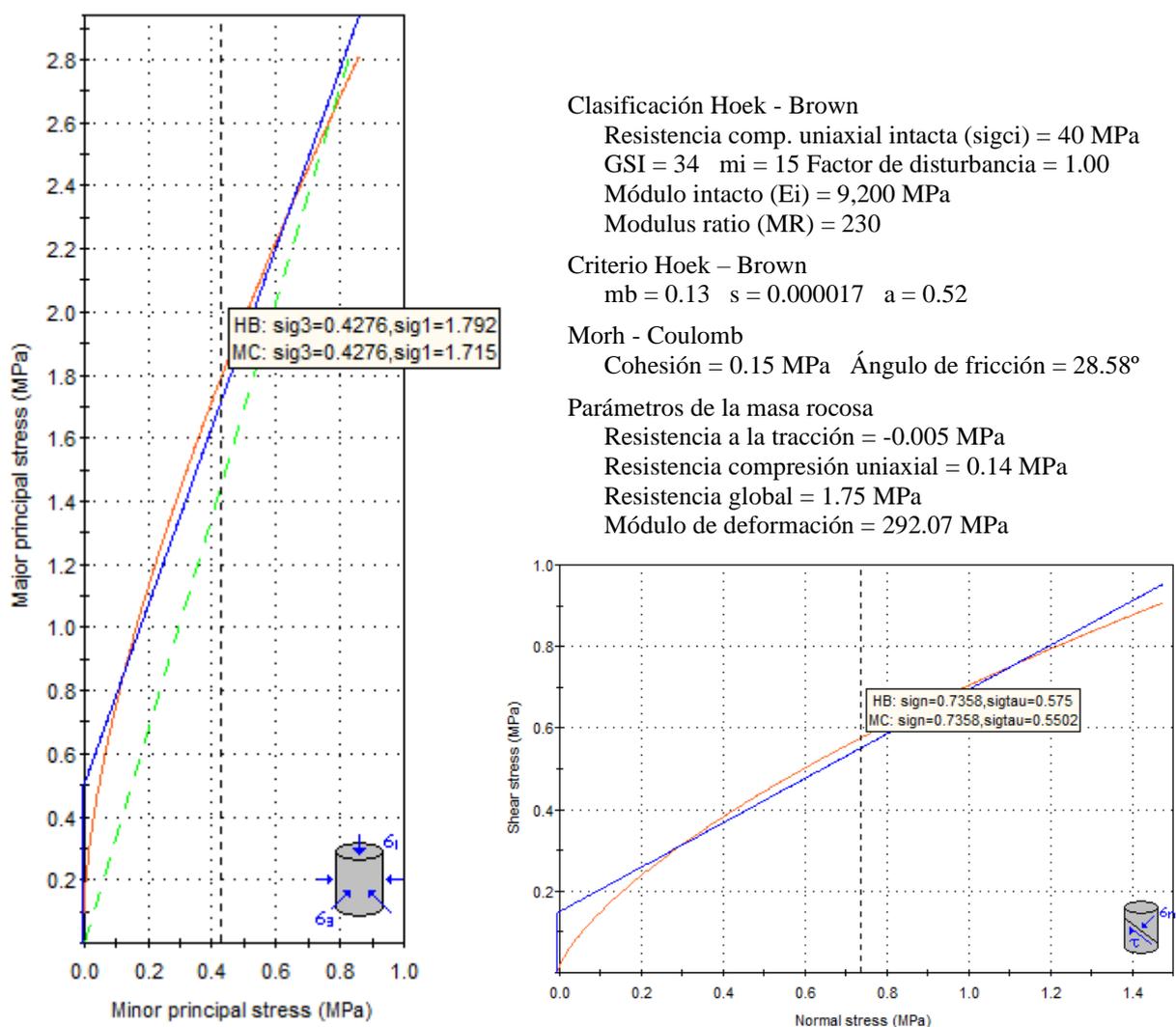
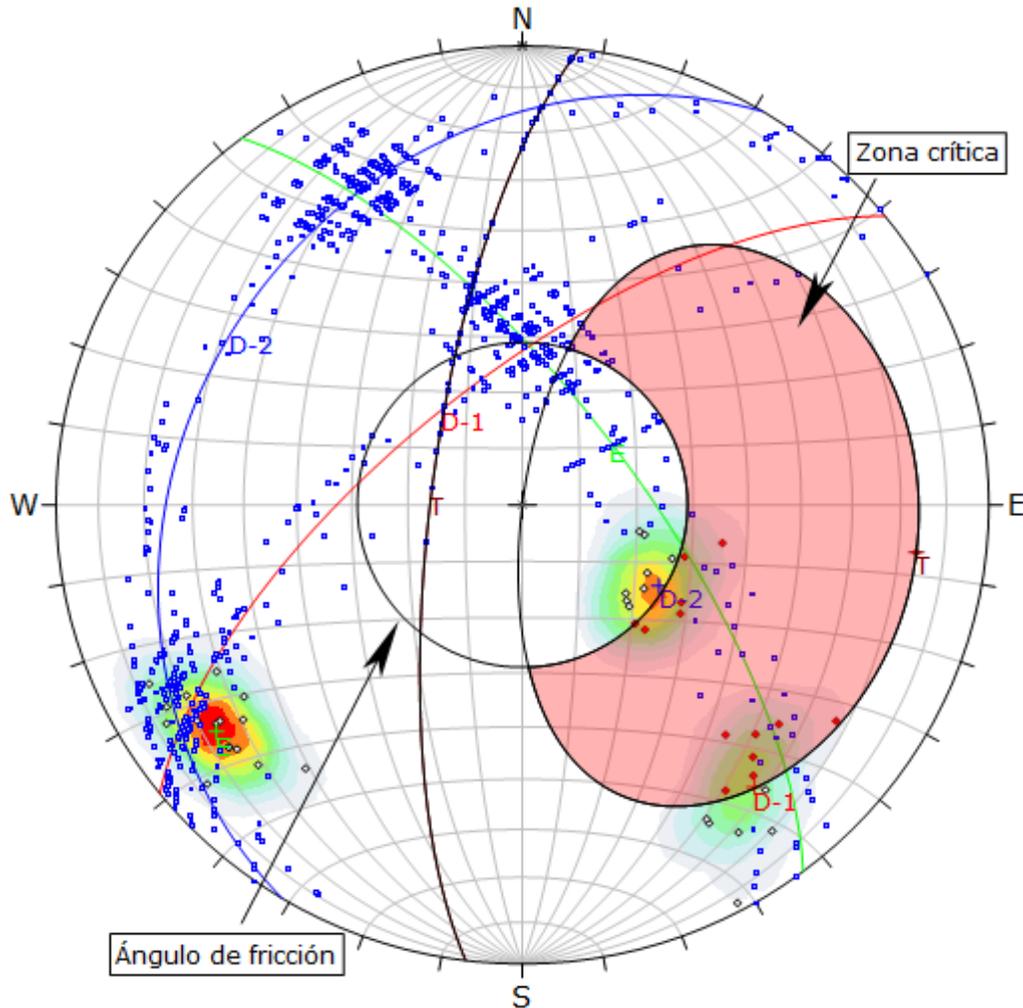


Figura 3.30. Representa las propiedades geomecánicas del basamento rocoso utilizando el RocData en relación con los criterios de linealización del método equivalencia de áreas, Estación geotécnica E-4.

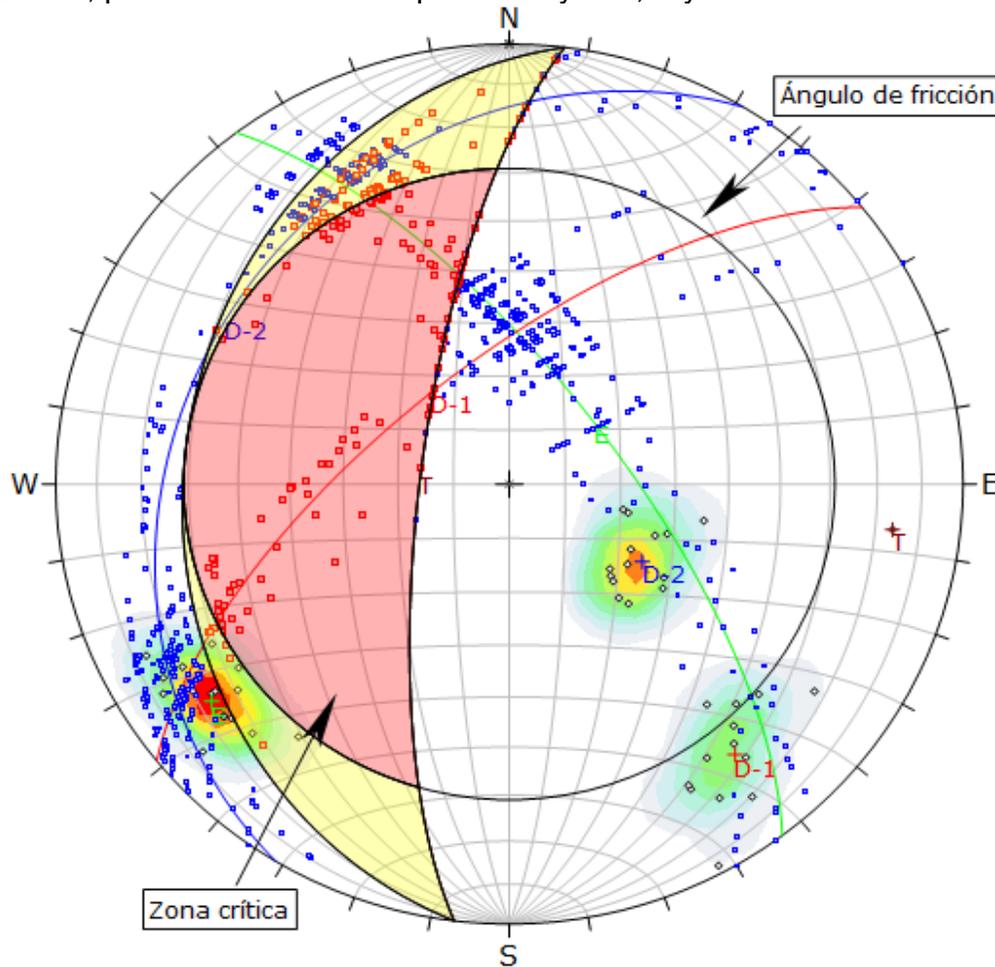
En la Figura 3.31. se describe el análisis por ruptura planar, formado por D-2, con una probabilidad de falla de 31.11%.



Symbol	Feature		
◇	Polo vectors		
◆	Critical vectors		
□	Intersection		
Color	Density concentrations		
	0.00 – 2.30		
	2.30 – 4.60		
	4.60 – 6.90		
	6.90 – 9.20		
	9.20 – 11.50		
	11.50 – 13.80		
	13.80 – 16.10		
	16.10 – 18.40		
	18.40 – 20.70		
	20.70 – 23.00		
Maximun density	22.32%		
Contour data	Polo vectors		
Contour distribution	Fisher		
Counting circle size	1.00%		
Kinematic analysis	Planar siliding		
Slope dip	74°		
Slope Dip direction	277°		
Friction angle	29°		
	Critical	Total	%
Planar siliding (All)	14	45	31.11%
	Color	Dip	Dip direction
User planes			
1	■	71°	53°
2	■	28°	301°
3	■	68°	321°
4	■	74°	277°
Plot Mode	Pole vectors		
Vector count	45 (45 entries)		
Intersection mode	Grid data planes		
Intersections count	990		
Hemisphere	Lower		
Projection	Equal area		

Figura 3.31. Análisis por ruptura planar, formado por D-2, con probabilidad de falla de 31.11%. Estación geotécnica E-4.

En la Figura 3.32. se describe el análisis por ruptura en cuña, con una probabilidad de falla de 23.91%, por la intersección de planos: E y D-1; E y D-2.



Symbol	Feature			
◇	Polo vectors			
■	Critical intersection			
□	Intersection			
Color	Density concentrations			
	0.00 – 2.30			
	2.30 – 4.60			
	4.60 – 6.90			
	6.90 – 9.20			
	9.20 – 11.50			
	11.50 – 13.80			
	13.80 – 16.10			
	16.10 – 18.40			
	18.40 – 20.70			
	20.70 - 23.00			
Maximun density		22.32%		
Contour data		Polo vectors		
Contour distribution		Fisher		
Counting circle size		1.00%		
Kinematic analysis		Wedge sliding		
Slope dip		74°		
Slope Dip direction		277°		
Friction angle		29°		
		Critical	Total	%
Wedge sliding		236	987	23.91%
		Color	Dip	Dip direction
User planes				
1	■	71°	53°	E
2	■	28°	301°	D-2
3	■	68°	321°	D-1
4	■	74°	277°	T
Plot Mode		Pole vectors		
Vector count		45 (45 entries)		
Intersection mode		Grid data planes		
Intersections count		987		
Hemisphere		Lower		
Projection		Equal area		

Figura 3.32. Análisis por ruptura en cuña, con probabilidad de falla de 23.91%, por la intersección de planos: E y D-1; E y D-2, Estación geotécnica E-4.

En la Figura 3.33. se observa una probabilidad de ruptura por vuelco en base deslizante 33.33%, englobando al polo de la familia: D-2; a favor del talud.

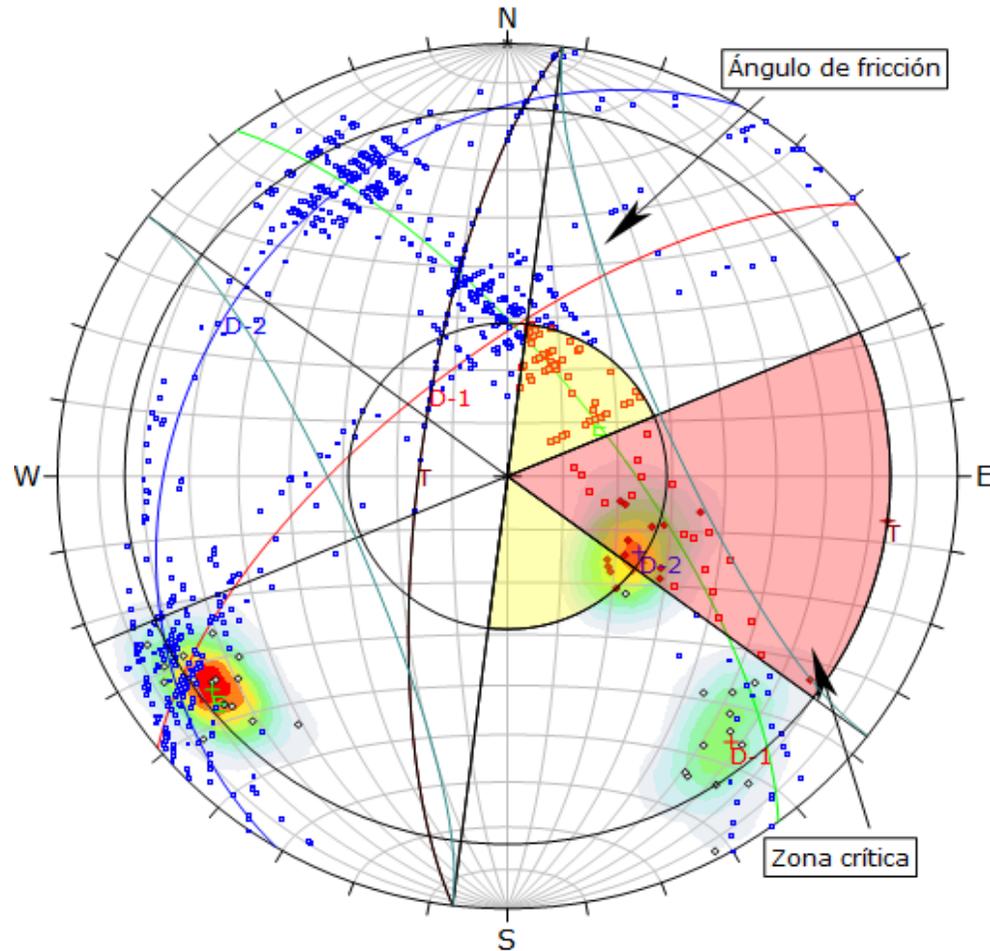


Figura 3.33. Probabilidad de ruptura por vuelco en base deslizante 33.33%, englobando al polo de la familia: D-2; a favor del talud. Estación geotécnica E-4.

Symbol	Feature		
◇	Polo vectors		
◆	Critical vectors		
□	Critical intersection		
■	Intersection		
Color	Density concentrations		
	0.00 – 2.30		
	2.30 – 4.60		
	4.60 – 6.90		
	6.90 – 9.20		
	9.20 – 11.50		
	11.50 – 13.80		
	13.80 – 16.10		
	16.10 – 18.40		
	18.40 – 20.70		
	20.70 - 23.00		
Maximun density	22.32%		
Contour data	Polo vectors		
Contour distribution	Fisher		
Counting circle size	1.00%		
Kinematic analysis	Direct toppling		
Slope dip	74°		
Slope Dip direction	277°		
Friction angle	29°		
Lateral milits	30°		
	Critical	Total	%
Direct toppling (Intersection)	25	987	2.53%
Oblique toppling (Intersection)	69	987	6.99%
Base plane (All)	15	45	33.33%
	Color	Dip	Dip direction
	User planes		
1	■	71°	53° E
2	■	28°	301° D-2
3	■	68°	321° D-1
4	■	74°	277° T
Plot Mode	Pole vectors		
Vector count	45 (45 entries)		
Intersection mode	Grid data planes		
Intersections count	987		
Hemisphere	Lower		
Projection	Equal area		

3.8 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

La metodología aplicada es cualitativa y cuantitativa, esto debido a que es basado en información de campo y gabinete, procesada por etapas, logrando obtener información valiosa de carácter científico para nuevas y futuras investigación correlacionables con esta investigación.

3.8.1 Tipo, nivel, diseño y método de investigación

Cuantitativa: Es la fase en la que se realizan observaciones tanto en campo como en gabinete, los cuales están relacionados con la geomecánica, ya que esto es una etapa importante para el investigador en el desarrollo de la confirmación y denegación de la hipótesis de la investigación, además la información cuantitativa predecirá el comportamiento de cada variable y la influencia que tiene que ver con los modeladores numéricos de estabilización de taludes para rocas, suelos y roca-suelo.

No experimental: Fundamentada claramente por el fenómeno natural, ya que no presenta manipulación ni control las variables independientes e independientes en la zona de investigación, por tal sentido el deslizamiento de la ladera del Cerro La Victoria ocurre por la sobre extracción del carbón generando zonas de subsidencia constantemente afectando la estabilidad de la ladera, mediante asentamiento progresivos, afectando la parte superior de la ladera.

Descriptivo: Manifestándose en el comportamiento de variables a través de información de campo y gabinete, mediante procesamiento independiente de cada variable plasmándolos en cuadros, gráficos y figuras.

Correlacional: Muestra información estadísticamente de cada variable de manera independiente o mediante la comparación de dos variables, mostrando lo ocurrido en la ladera del cerro La Victoria, mediante la comparación de resultados geotécnicos y modelo matemático (FS), frente a la estabilización de la ladera.

3.8.2 Población

Cerro La Victoria - Quiruvilca

3.8.3 Muestra

Afloramientos rocosos y cuaternarios de la ladera

3.8.4 Unidad de análisis

Estaciones geotécnicas relacionadas con las variables litológicas, geoestructuras, precipitación, infiltración e inestabilidad geotécnica.

3.8.5 Etapas de recolección de información

Está basado en la obtención de información de campo mediante cartografiados y registros: geológico-geotécnicos, conformado por las siguientes etapas:

a) Primera etapa – planificación

- ❖ Reconocimiento de la zona de estudio, para definir la problemática de la zona de investigación y objetivos.
- ❖ Delimitación del área geodinámicamente afectada.
- ❖ Recopilación, análisis y procesamiento de la información seleccionada en el área del proyecto.
- ❖ Selección de materiales cartográficos: Mapas, planos, fotos aéreas, etc.
- ❖ Recopilación de equipos, materiales y soporte técnico, de acuerdo con el desarrollo de la tesis. Teniendo aclaraciones calibración de equipos.

b) Segunda etapa – etapa de campo

- Se basó en exploraciones y cartografiados superficiales, recorriendo toda el área de investigación, para evaluar la situación actual del área de influencia: Directa e indirecta del proyecto, así como para levantar

información relacionada con las variables planteadas en la tesis. Las salidas de campo estuvieron conformadas en 5 salidas distribuidas por zonas para observar mejor lo ocurrido en la zona de estudio.

c) Tercera etapa – gabinete

- Estuvo conformado por: Agrupamiento y seleccionamiento, de información de forma progresiva, constituida por cada etapa para el desarrollo de cada variable enmarcándose sobre todo en el capítulo III (Materiales y métodos). Relacionándose con la redacción de la tesis, seleccionamiento del panel fotográfico, cuadros, planos y estructuración del documento a presentar.

d) Cuarta etapa – procesamiento e interpretación

- El procesamiento de información fue secuencial en función del desarrollo de cada variable planteada en la tesis de investigación, así mismo para dar alcances sobre los resultados obtenidos, en función del evento geodinámico ocurrido en la Ladera del cerro La Victoria. Sin embargo, el procesamiento está relacionado con el capítulo: III y IV, plasmándolos finalmente en los planos temáticos de manera: Concreta y precisa.

3.8.6 Equipos, materiales y soporte computacional

Equipos: GPS Garmin, cámara fotográfica, brújula brunton, protactor, rayador, lupa y picota.

Materiales: Registro geológico-geotécnico, imágenes satelitales, carta geológica (16-g), colores, plumones, lápices, borrador, corrector, tajador, regla, lapiceros, libreta de campo, wincha, marcador indeleble, portapapeles y flexómetro.

Software: Word, Excel, Adobe AcrobatDC, SASPlanet, Google Earth Pro, Google Maps, Global Mapper, ArcGIS, Slide, RocData y Dips.

3.8.7 Definición de variables

Los dos tipos de variables que se consideran en este estudio son variables independientes y variables dependientes, como se muestra en la siguiente tabla:

Cuadro 3.6. Variables independientes y dependientes.

Variables Independientes	Variable Dependiente
Litología	
Geoestructuras	
Geoformas	Inestabilidad
Infiltración	Geotécnica
Precipitación	

3.8.8 Matriz de consistencia

Cuadro 3.7. Matriz de consistencia.

Formulación del problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	
			Independientes	Dependiente
<p>Planteamiento del Problema</p> <p>La inestabilidad de la ladera del cerro La Victoria, se ubica en el Centro Poblado: La Victoria, Distrito Quiruvilca, Provincia Santiago de Chuco y Departamento La Libertad. Litológicamente el basamento rocoso de la ladera del cerro La Victoria está conformado por rocas areniscosas a cuarcíferas de grano fino de espesor: 0.35 m. a 0.60 m. con secuencias de limolitas y carbón, perteneciente a la Formación Chimú; con recubrimientos de paleocauces de Depósitos Cuaternarios: Fluviales, Coluvio-aluviales, Antrópicos y Glaciáricos, cubriendo al basamento rocoso. Sin embargo, actualmente el alineamiento SSE-NNW del manto de carbón, está generando subsidencia por la sobre extracción de mineral no metálico, ocasionado asentamiento en un ancho transversal 140 m. y longitudinal 605 m.; formando agrietamiento y zanja de coronación, paralelas alineamiento SSE-NNW, afectando progresivamente a la parte superior del cerro La Victoria del caserío Yanivilca y las operaciones mineras de la empresa Carbonífera San Benito S.R.L.</p> <p>Formulación del Problema</p> <p>¿Cómo estabilizamos geotécnicamente la ladera La Victoria, relacionada con las variables: litológicas, geomorfológicas, precipitación, infiltración las cuales crean la inestabilidad de la ladera?</p>	<p>General</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Analizar la estabilización geotécnica de la ladera La Victoria, para controlar los eventos geodinámicos. 	<p>Las inestabilidades de la ladera del cerro La Victoria, está relacionada por la subsidencia de alineamiento SSE-NNW del manto de carbón, por la sobre extracción de mineral no metálico. Geológicamente está conformada por: Areniscas, cuarcitas, limolitas y carbón; siendo afectados por la meteorización: Física y química, formando Depósitos Cuaternarios: Fluviales, Coluvio-aluviales, Antrópicos y Glaciáricos, cubriendo al basamento rocoso. Sin embargo, las geoformas que conforman el cerro La Victoria están siendo afectadas por la precipitación e infiltración, ocasionado la disminución de la resistencia de los materiales cuaternarios, formando deslizamiento y huicos en el cerro La Victoria.</p>	Independientes	<p>Inestabilidad geotécnica</p>
			Litología	
	Geoestructuras			
	Geoformas			
	Precipitación			
	Infiltración			

CAPÍTULO IV

PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1 PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

4.1.1 Cartografiado geológico – geoestructural

El cartografiado representa la distribución y características de las formaciones geológicas y las estructuras geológicas de la zona de investigación, por lo tanto litológicamente está emplazado en basamento rocoso de la Formación Chimú compuesto por estratos de 0.35 m. a 0.50 m., de areniscas y ortocuarcitas de color blanquecino de grano medio a fino formando bloques tabulares de consistencia buena, ligeramente meteorizados presentando patinas de óxidos en las superficie de las juntas; con intercalaciones de lutitas y limolitas en los niveles inferiores, con texturas: Frágiles a muy frágiles, variando sus grosores: 0.10 m. a 0.15 m. de color gris azulado. Por consiguiente, está cubierto algunos sectores por Depósito Cuaternarios: Glaciar, lo cual está conformando por guijarros, gravas, arenas y limos; cubriendo rocas del Jurásico Superior, presentando fragmentos redondeados y subredondeados dentro de una matriz de arenas y limos inorgánicos gris blanquecino a anaranjado; presentando imbricación paralela a la dirección de acumulación caótica residual, presentando llanura de inundación conformados por arenas limosas, con abundantes sistemas radiculares indicadores que se han producido varios eventos aluvionicos provenientes de deshielos que ha variado considerablemente las partes altas.

A continuación, en la Figura 4.1. se muestra la geología local de la zona de estudio, lo cual para su mayor visibilidad se recomienda revisar el Plano N° 2 de los anexos, donde se muestra detalladamente.

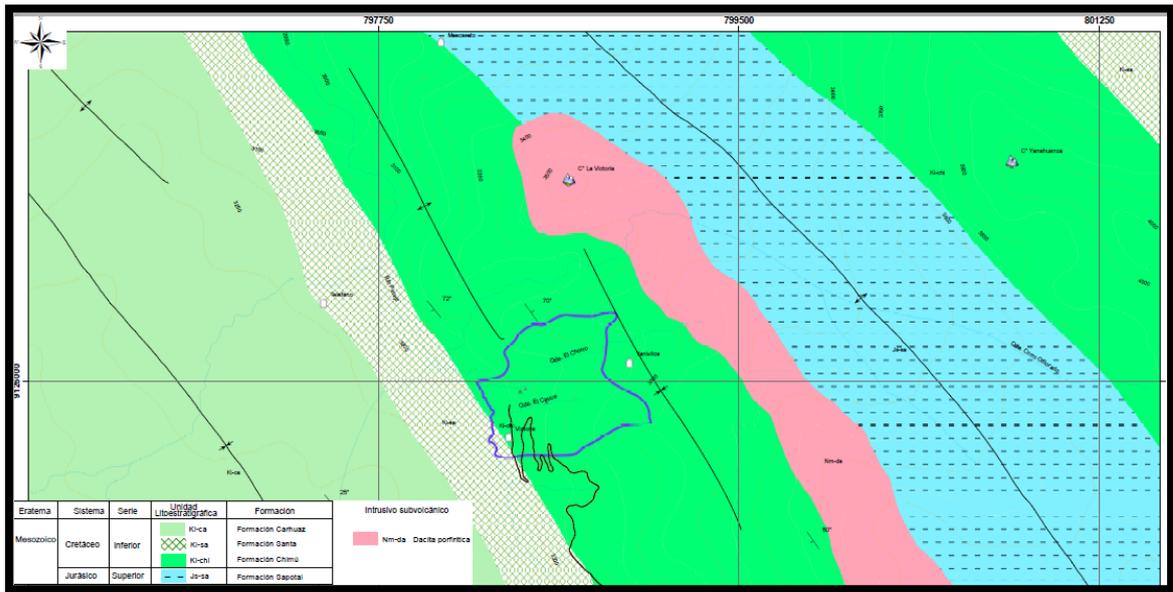


Figura 4.1. Plano geológico de la ladera La Victoria.

La geoestructura principal está definido por el anticlinal asimétrico de orientación SW-NE ubicándose al NE, como eje a la Formación Sapotal. Sin embargo, el cerro La Victoria se encuentra en el flanco izquierdo del anticlinal, con orientaciones Az = N145° y Bz = 70°SW, perteneciente a la Formación Chimú, evidenciándose en el miembro medio estratos competentes de carbón con orientación Az = N145° Bz = 70°SW, presentado espesores 10 a 13 m. Evidenciándose un cuerpo intrusivo diorítico de alineamiento SE-NW emplazado entre el contacto de la Formación: Chimú y Sapotal. Por lo contrario, el cartografiado muestra estructuras menores definidas por cuatro familias de discontinuidades (Az/Bz): N306°/52°NE, N62°/74°SE, N185°/56°NW y N130°/42°SW. Sin embargo, el alineamiento SSE-NNW del manto de carbón, está generando subsidencia por la sobre extracción de mineral no metálico, generando asentamiento en un ancho transversal 140 m. y longitudinal 605 m.; formando agrietamiento y zanja de coronación, paralelas alineamiento SSE-NNW, afectando progresivamente a la parte superior del cerro La Victoria, las operaciones mineras de extracción mineral y caserío Yanivilca, formado en el alineamiento SE-NW, una depresión por la acumulación de depósitos cuaternarios por las superficies de fallamiento progresivo desplazando los Depósitos Cuaternarios de la parte superior de la ladera

del cerro La Victoria, siendo afectando constantemente por las fuertes precipitaciones y filtración de agua subterránea.

La geomorfología está conformada por procesos endógenos, tectónicos, erosivos y geodinámicos, desde el Mesozoico - Cretáceo Inferior hasta Cenozoico – Cuaternario, correspondiendo a zona altoandina de región quechua, presentando cerros de topografía suave a empinada, entre altitudes: 3,200 msnm. a 3,500 msnm., disectada por ríos y quebradas con notorios modelamientos superficiales. Constituidas por unidades geomorfológicas locales (modeladas por procesos tectónicos erosivos, definidas por planicies, lomadas, laderas, escarpas).

Las planicies presentan orientación SSE-NNW y ENE-WNW, ubicada en la parte inferior y superior derecha de la microcuenca, siendo homogéneas, ligeramente ondulada, de poca erosión y fácil manejo para actividades agrícolas; constituyendo un área total 28,118.16 m². (0° - 8°), siendo relacionada con depósitos fluviales, proluvial 1 – 2 y coluvio-aluviales; constituyendo espesores 2.00 a 3.50 m., formando extensas áreas de humedad relativa por su composición y litología; mientras que las lomadas predominan en la parte baja, media y superior, con alineamientos SE-NW, con pendientes oscilantes de 8° - 20°, ocupando un área de 87, 441.22 m².; presentando depósitos glaciares y coluvio-deluviales, originadas por la subsidencia del terreno por trabajos subterráneos de minería no metálica afectando al cerro La Victoria, ocasionando asentamientos progresivos formando depresiones por acumulación de depósitos cuaternarios, combinados con la escorrentía del agua forman flujo de lodos y deslizamiento, siendo evacuado por las quebradas (El Chorro y El Cauce) y cara libre de la ladera, constituidos por flujo de detritos saturados plásticos; además las laderas ocupan un área 154,003.75 m²., ubicada en la parte inferior derecha (quebrada El Choro), media y superior, con pendientes: 20° a 50°, donde predominan afloramientos de rocosos de color blanquecino de la Formación Chimú con orientación Az/Bz N325°/74°NE, presentando espesores: 0.25 m. a 0.35 m² y las escarpas presenta pendientes de 50° a más, con área 106,455.63 m², con porcentaje

18.42%, siendo áreas morfogenéticamente de incidencia media, presentando composiciones litológicas de característica empinadas conformadas por basamento rocosos constituidas por rocas de calidad buena a muy buena.

4.1.2 Incidencia de la precipitación e infiltración

Regionalmente la hidrología de la zona estudio, está delimitada por: Río Perejil y quebrada (El Chorro y El Cauce). El río Perejil inicia como naciente a los 4,000 msnm., en orientación SSE-NNW, con longitud 7.20 Km., confluyendo con el río Negro a los 3,450 msnm. (Inicia su naciente en el centro poblado Shurcahuanga, en orientación SSE-NNW, con longitud 3.40 Km., luego pasando por el centro poblado Pampa Verde cambiando de orientación ESE-WNW, con longitud 1.80 Km.); formando el mismo río Perejil con orientación SSE-NNW, con longitud 2.20 Km., confluyendo con la quebrada Chorro a los 3,200 msnm. (Iniciando como naciente en el centro poblado Yanivilca), formando el mismo río Perejil con orientación ESE-WNW, con longitud 0.24 Km., confluyendo con la quebrada Chorro Colorado a los 3,175 msnm. (Iniciando como naciente en el centro poblado Yanahuanca a los 3,900 msnm. con orientación ESE-WNW, cambiando bruscamente en la cota 3,400 msnm. a orientación NE-SW constituyendo una longitud 3.70 Km.), formando el mismo río Perejil con orientación SE-NW, con longitud 8.10 Km., confluyendo con la quebrada Chacomás en la cota 2,200 msnm. en el centro poblado El Gigante; formando el río Huancay con orientación SE-NW, con longitud 53.20 Km., confluyendo con el río Pinchadai en la cota 750 msnm. en el centro poblado Panana; formando el río Chicama con orientación ESE-WNW, luego cambiando bruscamente de orientación NE-SW en el centro poblado El Bao, conformado una longitud 86.20 Km. desembocando en el Océano Pacífico.

El procesamiento de información se basó en la estación meteorológica de Cachicadan, en base a la precipitación máxima 24 horas, con resultados que la precipitación anual 1,223.90 mm/año, con precipitación media anual máxima 478.70 mm/año (2017) moderada 339.30 mm/año (2018) y baja

247.90 mm/año a 283.20 mm/año (2019, 2020, 2021 y 2022), observándose disminución de la precipitación. Mediante la utilización de teorías: Kirpich, Temes, Bransby Williams y Hathaway; de acuerdo con estos resultados mostrados se relacionan con las unidades geomorfológicas por su baja retención de agua que no superando los 15 min. por ambas microcuencas siendo zonas baja concentración de agua que abastecen a las partes bajas de la zona de estudio.

La interacción entre precipitación, infiltración y la naturaleza de los depósitos en la zona de estudio presenta un panorama complejo, por lo cual la identificación y análisis son fundamentales para mitigar los riesgos asociados a la inestabilidad de la ladera, especialmente si la cantidad de infiltración es mucho, puede generar un aumento en la presión del agua en los poros existentes, lo cual debilita el material y esto genera deslizamientos.

Por lo tanto, debido a la importancia, la incidencia de la precipitación e infiltración en la presente investigación se muestran los resultados detalladamente en el cuadro 4.1.

Cuadro 4.1. Resultado de la infiltración en la zona de estudio.

		PP	C	Pe	F	F	VF	VF
			$C = Pe / PP$	$Pe = C * PP$	$F = PP - Pe$	$F = PP - Pe$	$VF = F * A_{invest}$	$VF = F * A_{invest}$
		mm		mm	mm	m	m ³	MMC
CICLOS DE PRECIPITACION EN AÑOS	NUMERO AÑOS POR CICLO	PRECIPIT. TOTAL (PP)	COEF. ESCORRENTIA	PRECIP. EFECTIVA o ESCURRIMIENTO (Pe)	INFILTRACION (F)	INFILTRACION (F)	VOLUMEN DE INFILTRACION (VF)	VOLUMEN DE INFILTRACION (VF)
2017 - 2019	3	1065.90	0.65	692.835	373.065	0.373	31598.606	0.032
2020 - 2022	3	814.90	0.65	529.685	285.215	0.285	24157.711	0.024
	6	1880.80	0.65	1222.520	658.280	0.658	55756.316	0.056
A_{invest}	AREA DE INVESTIGACION				84700		m ²	

4.1.3 Propiedades geomecánicas

Geotécnicamente aplicando la clasificación SUCS lo caracteriza como gravas mal clasificadas con una matriz grava areno limo “GP-GC, SC-SM y GC-GM”, presentado espesores superiores a 4.50 m.), Fluvial (Depósito clástico ubicado en el cauce del río Perejil, indicando el sentido y dirección de flujo a favor de la pendiente. Presenta fuerte acumulaciones de material semiconsolidado, conteniendo fracciones de grava: semiredondeada, redondeada, angulosa a subangulosa: 3’’ a 8’’, con matriz areno-limosa, dando un aspecto de conglomerado, que incluyen frecuentes bloques rocosos de varios tamaños; constituyendo coloraciones grises oscura.

La geotecnia fue basada en afloramiento compuesto por: suelos y rocas; utilizándose programas como: RocData, Dips y Slide; el programa consideró variables importantes como las propiedades geomecánicas de los materiales: Peso específico, cohesión, ángulo de fricción, constantes elásticas, etc.; como lo muestran en cada estación geomecánica. La geotecnia en rocas muestra cambios de resistencia en cada estación reflejados por sus cambios en función de la calidad de roca, obteniendo información cuantitativa y cualitativa, desde calidad mala, media y buena. Sin embargo, el mapeo geomecánico por línea de detalle, se utilizó el registro geológico-geotécnico, obteniendo el RQD (%) por la ecuación de Priest y Hudson (1976), desde: 41.48% a 85.89%, por consiguiente, el RMR_{89} utilizando correcciones \pm orientación por la orientación de las discontinuidades obteniendo resultados: E-1 = 72 (Calidad buena), E-2 = 53 (Calidad regular), E-3 = 58 (Calidad regular) y E-4 = 39 (Calidad mala); de la masa rocosa. Por lo contrario, la clasificación de suelos está basada en sus propiedades mecánicas en función del tipo de Depósito Cuaternario: Coluvio-aluvial, Antrópico, Glaciar y grava arcillosa, categorizándolos para mejorar la estabilización del talud.

Cuadro 4.2. Estimación cuantitativa y cualitativa el macizo rocoso – criterios empíricos.

Estación	σ_{ci} (MPa)	Clasificaciones empíricas					
		RQD (%)	Calidad	RMR	Calidad	GSI	Calidad
E-1	60	85.89	Buena	72	Buena	67	Buena
E-2	65	69.64	Regular	53	Media	48	Regular
E-3	58	73.58	Regular	58	Media	53	Regular
E-4	40	41.48	Mala	39	Mala	34	Mala

Cuadro 4.3. Valores de las constantes elásticas, mediante criterios: Hoek-Brown y Mohr-Coulomb.

Criterio ruptura		Estación geotécnica			
		EG-1	EG-2	EG-3	EG-4
Clasificación Hoek - Brown	mi	21	18	17	15
	D	1.00	0.70	0.70	1.00
	Ei (MPa)	18,600	20,800	14,500	9,200
	MR	310	320	250	230
Criterio Hoek - Brown	mb	1.99	1.03	2.23	0.13
	s	0.0041	0.00053	0.0047	0.000017
	a	0.50	0.51	0.50	0.52
Parámetros masa rocosa	σ_t (MPa)	-0.12	-0.03	-0.12	-0.005
	σ_c (MPa)	3.80	1.43	3.92	0.14
	σ_{ct} (MPa)	11.53	8.62	11.78	1.75
	E_m (MPa)	3,401.88	1,964.21	3,455.44	292.07
Criterio Mohr - Coulomb	c (MPa)	0.54	0.39	0.58	0.15
	φ°	57.13°	50.73°	56.69°	28.58°

La probabilidad de fallamiento en rocas está variando de acuerdo con la orientación de juntas, clasificándolos desde inestabilidad baja, media y alta, en función del fallamiento planar, cuña y vuelco. Obteniendo valoraciones de acuerdo con el diagrama de polos e intersección de juntas.

Cuadro 4.4. Probabilidad de fallamiento en rocas - software Dips.

Estación	Probabilidad de fallamiento								Inestabilidad
	Planar		Cuña		Vuelco				
	%	Junta	%	Junta	Dirección	Oblicuo	Base deslizante	Junta	
E-1	22	D-1	15.66	E y D-1	21.51	10.71	33.33	D-1	Media
E-2	20	E	7.17	E y D-2	10.61	18.99	20.00	E	Baja
E-3	17.78	D-1	24.95	E y D-1	22.22	4.95	26.67	D-1	Media
E-4	31.11	D-2	23.91	E, D-1 y D-2	2.53	6.99	33.33	D-2	Alta

Sin embargo la sección de corte de cada tramo evaluado, fue clasificado en relación del material: Material suelto, roca suelta y roca fija, correlacionándolos con los resultados geomecánicos obteniendo valores: Cualitativos y cuantitativos, de estabilización y secciones de corte, para mejores resultados de estabilización. Posteriormente la sección de corte proyectada se ingresó al modelo numérico o matemático (Slide), verificando la estabilidad de cada estación geotécnica remediada, obteniendo valores del FS > 1.1 (Tensiones: Totales, efectivas y efectivas + simicidad), cumpliendo con la metodología de estabilización

4.1.4 Sistema de estabilización

Según los resultados obtenidos en las estaciones: E-1, E-3, E-3 y E-4 se concluye que para mejorar la inestabilidad de la ladera La Victoria se tiene que hacer un diseño de un sistema de estabilización mediante secciones de corte (H:V), a lo cual se le tiene que recubrir con geomallas para mitigar los riesgos de deslizamientos y mejorar la estabilidad de taludes, además la geomalla es usado con mucha frecuencia en la actualidad, esto debido a que aumenta la resistencia a tracción y mejora la distribución de tensiones de los taludes, tal como se describe en el cuadro N° 4.5.

Cuadro 4.5. Método de estabilización taludes.

Estación	Litología	Método de estabilización		Tramo (Km.)	Sección
		Sección de corte (H:V)	Berma (m.)		
E-1	Roca	3:10	7.50	00+090	A-A'
E-2	Roca	Desatado de roca y perfilado de talud		00+042	-
E-3	Roca	3:8	7.50	00+140	B-B'
E-4	Roca	3:8	7.50	00+042	B-B'

Según Equipo Texdelta, (2023) en la imagen adjunta se muestra el uso de geomallas, destacando su función principal en la mejora de la estabilidad del talud; este sistema ayuda a prevenir deslizamientos de tierra y a estabilizar estructuras en terrenos difíciles.



Figura 4.2. Se recomienda el uso de geomallas para estabilizar un talud.

4.2 CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS

Se confirma que las inestabilidades de la ladera del cerro La Victoria, está relacionada con la subsidencia de alineamiento SSE-NNW del manto de carbón, generando asentamiento en un ancho transversal 140 m. y longitudinal 605 m.; evidenciándose por agrietamientos, superficies de falla y zanjas de coronación paralelas al alineamiento SSE-NNW, afectando progresivamente y directamente la parte superior del cerro La Victoria. Geológicamente está conformada por areniscas, limolitas, lutitas y mantos carbón, de la Formación Chimú compuesto por estratos de: 0.35 m. a 0.50 m., con orientación (Az/Bz) N145°/70°SW, siendo afectados por la meteorización física y química, formando Depósitos Cuaternarios: Glaciáricos, Coluvio-deluviales, Fluviales, Antrópicos y Proluviales, cubriendo al basamento rocoso. Sin embargo, las geoformas que conforman el cerro La Victoria están siendo afectadas por la precipitación e infiltración, ocasionado la disminución de la resistencia de los materiales cuaternarios, formando deslizamiento y huicos en el cerro La Victoria, generando Depósitos pluviales recientes por los dos eventos geodinámicos ocurridos anteriormente, litológicamente se evidencio que es un material de flujo canalizado muy rápido a extremadamente rápido de detritos saturados de comportamiento plástico, cuyo contenido de agua es significativamente mayor al material fuente de deslizamiento, constituyendo flujos de lodos viscosos, de coloración marrón a negruzco afectado la parte media y baja de la ladera del cerro La Victoria.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- La geología del Cerro La Victoria, está emplazado en basamento rocoso de la Formación Chimú compuesto por secuencias: areniscas, ortocuarcitas, limolitas, lutitas y mantos carbón, con orientación (Az/Bz) N145°/70°SW; siendo afectado por la meteorización física y química, geoestructuralmente está conformado por cuatro discontinuidades (Az/Bz): N306°/52°NE, N62°/74°SE, N185°/56°NW y N130°/42°SW, ubicando en el flanco izquierdo del anticlinal (Formación Sapotal), con orientación (Az/Bz) N145°/70°SW, con estratos de carbón de espesor: 10 m. a 13 m.; causando subsidencia en ancho transversal 140 m. y longitudinal 605 m.
- La incidencia de la precipitación e infiltración está generando inestabilidades progresivas con precipitación anual 1,223.90 mm/año, con precipitación media anual máxima 478.70 mm/año (2017) moderada 339.30 mm/año (2018) y baja 247.90 mm/año a 283.20 mm/año (2019, 2020, 2021 y 2022), observándose disminución de la precipitación, con tiempo promedio de concentración de agua 12.72 min de baja retención de agua, estar conformado por Depósitos: coluvio-deluvial y Antrópico.
- La caracterización geomecánica clasifico en taludes rocosos: E-1 (RDQ = 85.89%, RMR = 72 y GSI = 67, de calidad buena), E-2 (RQD = 69.64% - Regular, RMR = 53 y GSI = 48, de calidad regular), E-3 (RQD = 73.58%, RMR = 58 y GSI = 53, de calidad regular) y E-4 (RQD = 41.48%, RMR = 39 y GSI = 34, de calidad mala); y suelos baso en las propiedades mecánicas en función del tipo de Depósito Cuaternario: coluvio-deluvial ($\gamma = 14 \text{ KN/m}^3$, $c = 0.024 \text{ KPa}$ y $\phi = 34^\circ$), Antrópico ($\gamma = 12 \text{ KN/m}^3$, $c = 0.005 \text{ KPa}$ y $\phi = 25^\circ$) y grava arcillosa ($\gamma = 19 \text{ KN/m}^3$, $c = 0.02 \text{ KPa}$ y $\phi = 34^\circ$), además la ladera

presenta inestables por la acumulación Cuaternaria por el deslizamiento, categorizándolos estaciones geotécnicas: E-1 ($F_p = 22\%$, $F_c = 15.66\%$ y $F_{Vul} = 33.33\%$ - Inestabilidad media), E-2 ($F_p = 20\%$, $F_c = 7.17\%$ y $F_{Vul} = 20\%$, Inestabilidad baja), E-3 ($F_p = 17.78\%$, $F_c = 24.95\%$ y $F_{Vul} = 26.67\%$, Inestabilidad media) y E-4 ($F_p = 31.11\%$, $F_c = 23.91\%$ y $F_{Vul} = 33.33\%$, Inestabilidad alta).

- El sistema de estabilización se caracterizó por secciones de corte (H:V) + berma (3:10 y 7.50 m. (E-1 = 00+090); 3:8 y 7.50 m. (E-3 = 00+140, E-4 = 00+042) usando geomallas para mejorar la estabilidad y resistencia de taludes.

5.2 RECOMENDACIONES

- La empresa debe realizar ensayos geofísicos para definir el espesor del Depósito Cuaternario para delimita el área de subsidencia.
- La empresa tiene que descolmatar las vertientes de las quebradas y mantener su faja marginal completamente delimita para no generar futuros eventos geodinámicos, catastróficos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ❖ Alcántara, I. 2000. *Landslides: ¿deslizamientos o movimientos del terreno? Definición, clasificación y terminología*. Investigaciones geográficas, Boletín del instituto de Geografía, UNAM, número 41, 2000, págs. 7-25. Recuperado de: <http://www.scielo.org.mx/pdf/igeo/n41/n41a2.pdf>
- Bieniawski, Z. 1989. *Clasificación de masa rocosa ingenieril*. New York-Universidad del Estado de Pensilvania: Edición: Jhon Wiley & Sons. Recuperado de: <https://books.google.com.pe/books?hl=es&lr=&id=pejDUvjwPdMC&oi=fnd&pg=PR11&dq=engineering+rock+mass+classifications+bieniawski+1989+pdf&ots=4TmcQz1YTt&sig=3z82jx-PjZrt-BSmTu8WRiprA5Q#v=onepage&q&f=false>
- Casas, A.; y Rebollo, A. 2001. *Deslizamiento de ladera y riesgos geológicos en el entorno del embalse de Itoiz (Cuenca del Irati, Navarra)*. MUNIBE: Ciencias Naturales – Natur Zientziak, ISSN 0214-7688, N° 51, 2001, págs., 19-34. Recuperado de
- De La Cruz, J.; y Navarro, P. 2006. *Mapa geológico del cuadrángulo de Cajabamba, escala 1/50,000 hoja 16-g cuadrante-III*. Lima – Perú: Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET). Recuperado de <https://geocatmin.ingemmet.gob.pe/geocatmin/>
- Deere, D. 1964. *Technical description of rock cores for engineering purposes*. Rock Mech. And Rock Engrg., 1, págs. 107-116.

- DG-2018. *Manual de carreteras: Diseño geométrico*. Ministerio de transportes y comunicaciones.
- El clima y el tiempo promedio en todo el año en Cajabamba Perú, 2023. Recuperado de: https://es.weatherspark.com/y/19937/Clima-promedio-en-Quiruvilca-Per%C3%BA-durante-todo-el-a%C3%B1o#google_vignette
- Ergueta, M. 2014. *Análisis de estabilidad de taludes en roca caso práctico: Talud izquierdo del vertedor de la C.H. La Yesca*. (Tesis posgrado). Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de estudios superiores Acatlán.
- Falconi, A. 2017. *Análisis geotécnico de los taludes en la carretera Bambamarca – Paccha entre los kilómetros 0 a 30, distrito de chota, Cajamarca* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Cajamarca, Facultad de ingeniería, Escuela académico profesional de ingeniería geológica.
- Gavilanes, J.; y Andrade, H. 2004. *Introducción a la Ingeniería de Túneles: Caracterización, clasificación y análisis geomecánico de macizos rocosos*. Quito – Ecuador: Asociación de Ingenieros de Minas del Ecuador (AIME).
- Garnica, P.; y Pérez, C. 2012. Metodología para la gestión de cortes carreteros. Instituto mexicano del transporte. ISSN 0188-7297.
- Garzón, J.; y Torrijo, J. 2018. *Análisis cinemático de la estabilidad de taludes en oca por rotura planar*. Universidad Politécnica de Valencia, Departamento de ingeniería del terreno.
- GEMMA (Preparado como una iniciativa interinstitucional, a través del Grupo de Estándares para Movimientos de Masa). 2007. *Movimientos de masa en la región andina: Guía para la evaluación de amenazas*. Servicio

Nacional de Geología y Minería, Publicación Geológica Multinacional N° 4. Canadá 432 p.

- Gonzales, de V. 2002. *Ingeniería Geológica*. Madrid - España: Prentice Hall.
- Highland, L.; y Bobrowsky, P. 2008. *Manual de derrumbes: Una guía para entender todo sobre los derrumbes*. Reston, Virnia – Estados Unidos: Servicio Geológico de los EE.UU.
- Herrera, F. 2000. *Análisis de estabilidad de taludes: Master en ingeniería geológica*. Madrid – España: GEOTÉCNIA 2000.
- Hoek, E.; y Brown, E. 1997. *Practical estimates of rock mass strength*. Int. J. Rock Mech. Min. Sci., 34, págs. 1165-1186.
- Hoek, E.; Carranza, C.; and Corkum, B. 2002. *Hoek–Brown failure criterion—2002 edition*. Proc. North Am. Rock Mech. Soc. Meeting, Toronto, Canada, July, 267–73.
- Hoek, E.; y Marinos, P. 2000. *Predicting tunnel squeezing: Problems in weak heterogeneous rock masses*. Tunnel and tunnelling international. Part 1 – November 2000, Part – December 2000, págs. 1-22. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/285906099_Predicting_Tunnel_Squeezing_Problems_in_Weak_Heterogeneous_Rock_Masses
- Hungr, O.; Evans, S.; Bovis, M. & Hutchinson, J. 2001. *Review of the classification of landslides of the flow type*. Environmental and Engineering Geoscience, 7: 221-238.
- León, L.; y Díaz, C. 2022. *Evaluación de peligros geológicos por deslizamiento en el centro poblado Los Patos, distrito Cajaruro, provincia*

Utcubamba, departamento Amazonas. Lima – Perú: Ingemmet, informe técnico N° A7304, pág. 33

- Laurente, F. 2023. *Análisis de estabilidad de talud central para predecir el fallamiento del cerro Cruz de Shallapa distrito de Chavín de Huantar provincia de Huarí Ancash – 2022* (Tesis pregrado). Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, Facultad de ingeniería de minas, geología y metalurgia, escuela profesional de Ingeniería de Minas.
- Lillo, J.; y Oyarzun, R. 2013. *Geología estructural aplicada a la minería y exploración minera: Principios básicos.* Móstoles – España: Ediciones GEMM – Aula2pontonet. Recuperado de:
www.aulados.net/GEMM/GEMM.html
- Mamani, A. 2019. *Análisis de estabilidad de taludes para explotación de cantera de arcilla en el distrito de Paccha, provincia de La Oroya, Junín* (Tesis pregrado). Universidad Nacional Federico Villareal, Facultad de Ingeniería Civil.
- Medina, R. 2016. *Problemática de la estabilidad de taludes en un portal de salida de un túnel en una zona de deslizamientos antiguos* (Tesis posgrado). Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Facultad de ingeniería Civil, Maestría en infraestructura del transporte en la rama de las vías terrestres.
- Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento. 2019. *Norma técnica: E.30 Diseño sismorresistente.* Resolución ministerial N° 043-2019-vivienda. Lima - Perú: Ministerio de vivienda. Recuperado de:
https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/299950/d289856_opt.pdf
- Novoa, E. 2019. *Evolución geotécnica para determinar la inestabilidad de los taludes en la carretera del tramo Chilete – Puente Muyuna* (Tesis de

pregrado). Universidad Nacional de Cajamarca, Facultad de ingeniería, Escuela académico profesional de ingeniería geológica.

- Osinergmin. 2017. *Guía de criterios geomecánicos para diseño, construcción, supervisión y cierre de labores subterráneas*. Magdalena del Mar, Lima - Perú: Edición: INVERSIONES IAKOB S.A.C.
- Paredes, G. 2019. *Evaluación geomecánica y análisis de la estabilidad del talud en la cantera el arbolito – Juliaca* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional del Altiplano. Recuperado de:
<http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/11799>
- Prada, O.; y Serrano, E. 2009. *Análisis y determinación de la amenaza de inestabilidad de los taludes, generado por su saturación y desembalse, en el proyecto de regulación del río Tona – embalse de Bucaramanga* (Tesis pregrado). Universidad Industrial de Santander, Facultad de ingenierías Físico-Mecánicas, Escuela de ingeniería Civil.
- Priest, S.; y Hudson, J. 1976. *Discontinuity spacing in rock*. Int. J. Rock Mech. Min. Sci. & Geomech. Abstr., 13, págs. 135-148.
- Pozo, H. 2015. *Análisis computacional de la estabilidad de taludes open pits* (Tesis posgrado). Universidad Nacional de Ingeniería
- Ramírez, P.; y Alejano, L. 2004. *Fundamentos de rocas: Fundamentos e ingeniería de taludes*. Recuperado de:
https://oa.upm.es/14183/1/MECANICA_DE_ROCAS_2.pdf
- Ramírez, O.; De La Cuadra, I.; Laín, H.; y Grijalbo, O. 2008. *Mecánica de rocas aplicada a la minería metálica subterránea*. Instituto geológico y minero de España.

- Reyes, R. 1980. *Boletín N° 31 Serie A. Carta Geológica Nacional: Geología de los cuadrángulos de Cajamarca, San Marcos y Cajabamba: Hojas 15-f, 15-g y 16-g*. Lima – Perú: Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET).
- Ritchie, A. 1963. *Evaluation of rock fall and its control*. Highway Research Record 17, Highway Research Board, NRC, Washington, DC, pp. 13–28.
- Romana, M. 2003. *Nuevas Recomendaciones de Excavación y Sostenimiento para Túneles y Boquillas*. Jornadas Hispano-Lusas sobre Obras Subterráneas. Madrid.
- Suárez, J. 2009. *Deslizamiento: Estabilidad de taludes tropicales*. Recuperado de: www.erosion.com.
- Terán, D. 2022. *Evaluación geotécnica y diseño del tajo Esmael de la Empresa Cal plus, concesión Colquirrumi 49-C. Distrito, provincia de Hualgayoc – Cajamarca* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Cajamarca, Facultad de Ingeniería, Escuela Académico Profesional de Ingeniería de Minas.

ANEXOS

ANEXO A: AUTORIZACIÓN DE LA EMPRESA



CARBONIFERA SAN BENITO S.R.L
SERVICIOS DE MINERIA NO METALICA

"AÑO DE LA UNIDAD, LA PAZ Y EL DESARROLLO"

ASUNTO: CARTA DE ACEPTACION PARA ELABORACION DE TESIS

Atención:

DIRECTOR DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA DE MINAS

Por medio del presente me permito comunicarle que el alumno egresado: **ORTIZ BARBOZA JOSE WEIDER**, quien actualmente a culminado sus estudios universitarios de la **CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERIA DE MINAS** en la **UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA** ha sido **ACEPTADO** para realizar la tesis de nombre **"ESTABILIZACION GEOTECNICA DE LA LADERA – MINA LA VICTORIA, EMPRESA CARBONIFERA SAN BENITO S.R.L."** dentro de nuestra representada, autorizo el ingreso y brindarle todas las facilidades en las instalaciones para que realice y culmine la misma, dando inicio el **01 de julio del 2023**

sin otro particular, agradezco su atención.

CARBONÍFERA SAN BENITO SRL

MARIA M. CASTRO AGREDA DE REMIREZ

DNI: 18069234

GERENTE GENERAL

OFICINA:
CALLE ATAHUALPA # 539 – URB CHICAGO- TRUJILLO- LA LIBERTAD

PLANTA:
CASERIO LA VICTORIA – DISTRITO QUIRUVILCA- SANTIAGO DE CHICO- LA LIBERTAD

CONTACTOS:
TEL: 044 570529

CORREO: jcastro@mineracsb.com

ANEXO B: REGISTROS GEOLÓGICOS – GEOTÉCNICOS

Cuadro 5.1. Registro geológico-geotécnico. Estación geotécnica E-1.

REGISTRO GEOLÓGICO GEOTÉCNICO				PROYECTO	ESTABILIZACIÓN GEOTÉCNICA DEL DESLIZAMIENTO LADERA LA VICTORIA																											
E-1				UBICACIÓN	Cerro La Victoria																											
CÓDIGO				TRAMO	A																											
RESPONSABLE				HOJA N°	1 DE																											
SISTEMA				EJECUTADO POR	FECHA																											
WGS 84 ZONA 17S				José Weider Ortiz Barboza	26/10/2023																											
					BENIAWSKY RMR (1989)																											
					Superficie																											
DIS. Nro	DATA GPS			MACIZO ROCOSO					TIPOS		RESIST. COMP. UNIAX.		RQD TRAMO		ORIENTACIÓN			ESPACIADO(m)		PERSIST. (m)	ABERTURA (mm)	RUGOS.	RELLENO		ALTERAC. METEOR.	AGUA	CALIDAD DE INFORMACIÓN					
	ESTE (m.)	NORTE (m.)	COTA (msnm.)	LITOLOGÍA FORMAC.	METEORIZACIÓN	GRADO FRACT.	GSI	E=Estratificada D=Diaclasa	σ_{ci}	ND	23	DIRECCIÓN			1=>2	1=<1	1= Nada	1=Muy Rug.	1=Arcilloso	1=Ninguna	1=Inalterada	1=Seco	1=Lec. Real									
												Z/R	DIP	DD										3=0.6-0.2	3= 3-10	3= 0.1-1	3=Lig. Rug.	3=Calcita	3=Duro>5mm	3=Mod. Alt.	3=Humedo	3=Lec. Proy.
Prom. Golpes		6.57		5=<0.06	5=>20	5=>5	5=Suave	5=Roca Tritur.	5=Suave>5mm	5=Descomp.	5=Flujo																					
Agregar MB,B,M,P,MP		C=Contacto																														
1	798468.00	9125968.00	3268.00	KI-chi	2	3	1	E	R4 (60 MPa)	85.89	340	73	70	3	4	1	4	-	1	2	2	1										
2				Areniscas blanquecinas de grano fino.	2	3	1	E	R4 (60 MPa)	85.89	322	66	52	3	4	1	5	-	1	1	2	1										
3					2	3	1	E	R4 (60 MPa)	85.89	325	74	55	3	3	5	4	4	2	2	2	1										
4					2	3	1	E	R4 (60 MPa)	85.89	338	73	68	3	4	3	4	4	2	1	3	1										
5					2	3	1	E	R4 (60 MPa)	85.89	334	68	64	3	3	4	5	1	5	2	2	1										
6					2	3	1	E	R4 (60 MPa)	85.89	329	57	59	4	4	4	4	4	2	1	3	1										
7					2	3	1	E	R4 (60 MPa)	85.89	333	60	63	4	4	4	5	4	2	2	2	1										
8					2	3	1	E	R4 (60 MPa)	85.89	332	64	62	3	4	1	5	-	1	2	2	1										
9					2	3	1	E	R4 (60 MPa)	85.89	337	72	67	4	3	4	5	4	2	2	3	1										
10					2	3	1	E	R4 (60 MPa)	85.89	327	65	57	3	4	4	4	4	1	5	1	2	1									
11					2	3	1	E	R4 (60 MPa)	85.89	336	63	66	3	3	1	5	-	1	1	2	1										
12				2	3	1	E	R4 (60 MPa)	85.89	331	72	61	4	4	3	4	1	5	1	2	1											
13				2	3	1	E	R4 (60 MPa)	85.89	328	64	58	3	4	5	5	1	5	2	3	1											
14				2	3	1	E	R4 (60 MPa)	85.89	324	62	54	3	4	1	4	-	1	2	2	1											
15				2	3	1	E	R4 (60 MPa)	85.89	327	73	57	3	3	1	5	-	1	1	2	1											
16				2	3	1	E	R4 (60 MPa)	85.89	339	64	69	3	4	1	5	-	1	1	2	1											
17				2	3	1	E	R4 (60 MPa)	85.89	341	68	71	3	4	4	4	4	1	5	2	2	1										
18				Areniscas blanquecinas de grano fino.	2	3	1	Disc-1	R4 (60 MPa)	85.89	215	38	305	4	1	4	3	4	5	1	2	1										
19					2	3	1	Disc-1	R4 (60 MPa)	85.89	242	55	332	3	1	3	5	4	2	2	2	1										
20					2	3	1	Disc-1	R4 (60 MPa)	85.89	233	70	323	5	1	4	4	4	2	2	2	1										
21					2	3	1	Disc-1	R4 (60 MPa)	85.89	234	74	324	4	1	3	5	4	2	1	2	1										
22					2	3	1	Disc-1	R4 (60 MPa)	85.89	238	68	328	3	1	4	4	4	1	1	2	1										
23					2	3	1	Disc-1	R4 (60 MPa)	85.89	235	64	325	4	1	4	4	4	2	2	2	1										
24					2	3	1	Disc-1	R4 (60 MPa)	85.89	226	59	316	4	1	3	5	4	2	1	3	1										
25					2	3	1	Disc-1	R4 (60 MPa)	85.89	240	61	330	3	1	4	5	5	-	1	2	1										
26					2	3	1	Disc-1	R4 (60 MPa)	85.89	219	72	309	3	1	3	5	1	5	2	2	1										
27					2	3	1	Disc-1	R4 (60 MPa)	85.89	231	49	321	5	1	4	4	4	2	1	3	1										
28				2	3	1	Disc-1	R4 (60 MPa)	85.89	227	43	317	3	1	3	4	4	1	1	2	1											
29				2	3	1	Disc-1	R4 (60 MPa)	85.89	223	51	313	5	1	3	3	5	2	1	2	1											
30				2	3	1	Disc-1	R4 (60 MPa)	85.89	238	39	328	3	1	4	4	1	5	2	2	1											
31				Areniscas blanquecinas de grano fino.	2	3	1	Disc-2	R4 (60 MPa)	85.89	67	48	157	4	1	5	5	4	2	1	2	1										
32					2	3	1	Disc-2	R4 (60 MPa)	85.89	80	56	170	4	1	4	4	1	5	2	3	1										
33					2	3	1	Disc-2	R4 (60 MPa)	85.89	142	33	232	3	1	5	5	4	2	1	2	1										
34					2	3	1	Disc-2	R4 (60 MPa)	85.89	63	42	153	4	1	3	5	-	-	1	2	1										
35					2	3	1	Disc-2	R4 (60 MPa)	85.89	82	39	172	3	1	2	4	1	5	1	2	1										
36					2	3	1	Disc-2	R4 (60 MPa)	85.89	92	34	182	3	1	5	4	4	2	1	3	1										
37					2	3	1	Disc-2	R4 (60 MPa)	85.89	75	50	165	4	1	4	5	4	2	2	2	1										
38					2	3	1	Disc-2	R4 (60 MPa)	85.89	84	47	174	2	1	5	5	4	2	1	2	1										
39					2	3	1	Disc-2	R4 (60 MPa)	85.89	69	42	159	3	1	1	4	-	1	2	3	1										
40					2	3	1	Disc-2	R4 (60 MPa)	85.89	72	50	162	4	1	4	5	4	2	2	2	1										
41				2	3	1	Disc-2	R4 (60 MPa)	85.89	111	39	201	4	1	5	5	-	1	1	2	1											
42				2	3	1	Disc-2	R4 (60 MPa)	85.89	82	31	172	3	1	5	5	4	1	1	3	1											
43				2	3	1	Disc-2	R4 (60 MPa)	85.89	96	42	186	4	1	5	4	1	5	2	2	1											
44				2	3	1	Disc-2	R4 (60 MPa)	85.89	100	54	190	3	1	1	5	-	1	1	2	1											
								Talud			258	83	348																			

Cuadro 5.1. Registro geológico-geotécnico. Estación geotécnica E-2.

REGISTRO GEOLÓGICO GEOTÉCNICO				PROYECTO		ESTABILIZACIÓN GEOTÉCNICA DEL DESLIZAMIENTO LADERA LA VICTORIA																	
CÓDIGO				E-2		Cerro La Victoria																	
RESPONSABLE				José Weider Ortiz Barboza		A																	
SISTEMA				WGS 84 ZONA 17S		FECHA 26/10/2023																	
EJECUTADO POR				José Weider Ortiz Barboza		26/10/2023																	
DIS. Nro	DATA GPS			MACIZO ROCOSO					TIPOS		PROPIEDADES DE LAS DISCONTINUIDADES CARTOGRAFIADAS			RELLENO		ALTERAC. METEOR.		AGUA		CALIDAD DE INFORMACIÓN			
	ESTE (m.)	NORTE (m.)	COTA (msnm.)	LITOLOGÍA FORMAC.	METEORIZACIÓN	GRADO FRACT.	GSI	E=Estratificada D=Diaclasa	RESIST. COMP. UNIAX.	RQD TRAMO		ORIENTACIÓN			ESPACIADO(m)	PERSIST. (m)	ABERTURA (mm)	RUGOS.	TIPO	DUREZA	ALTERAC. METEOR.	AGUA	CALIDAD DE INFORMACIÓN
										ND	31	DIRECCIÓN											
					F=Normal				σ _{ci}	L	2.80	Z/R	DIP	DD	1=>2	1=<1	1= Nada	1=Muy Rug.	1=Arcilloso	1=Ninguna	1=Inalterada	1=Seco	1=Lec. Real
				Fn=F, Normal				Prom. Golpes															
				Ff=F, Inversa				1-2 Golp.		γ _p				4= 0.2-0.06	4= 10-20	4= 1-5	4=Ondulad. lis.	4=Óxidos	4=Suave<5mm	4=Muy Alt.	4=Goteando		
				Fd=F, Directa				SE=Sobrees.														5=<0.06	5=>20
				mF=Microfalla				C=Contacto								6=Bx	7=Panizo	8=Veta	9=Epsanita	10=Aragonita	11=Pirrolusita		
				Agregar MB,B,M,P,MP																			
1	798402.00	9125801.00	3255.00	KI-chi	2	3	1	E	R4 (65 MPa)	69.64	142	84	232	2	3	1	4	-	-	1	2	1	
2				Areniscas blanquecinas de grano fino, formando bloques tabulares.	2	3	1	E	R4 (65 MPa)	69.64	146	78	236	3	3	1	5	-	-	1	2	1	
3					2	3	1	E	R4 (65 MPa)	69.64	152	87	242	3	3	5	4	1	5	1	2	1	
4					2	3	1	E	R4 (65 MPa)	69.64	154	85	244	2	3	4	4	1	5	2	2	1	
5					2	3	1	E	R4 (65 MPa)	69.64	150	84	240	3	3	5	5	4	2	1	2	1	
6					2	3	1	E	R4 (65 MPa)	69.64	140	80	230	4	3	5	4	1	5	1	2	1	
7					2	3	1	E	R4 (65 MPa)	69.64	143	76	233	2	3	4	4	1	5	1	2	1	
8					2	3	1	E	R4 (65 MPa)	69.64	138	72	228	3	2	1	4	-	-	2	2	1	
9					2	3	1	E	R4 (65 MPa)	69.64	153	74	243	2	3	4	4	4	2	1	2	1	
10					2	3	1	E	R4 (65 MPa)	69.64	149	72	239	3	4	4	4	1	5	2	2	1	
11					2	3	1	E	R4 (65 MPa)	69.64	136	81	226	3	3	1	5	-	-	1	2	1	
12				2	3	1	E	R4 (65 MPa)	69.64	151	64	241	2	2	3	5	1	5	2	2	1		
13				2	3	1	E	R4 (65 MPa)	69.64	148	63	238	3	4	4	5	5	5	1	2	1		
14				2	3	1	E	R4 (65 MPa)	69.64	143	82	233	3	4	1	4	-	-	1	2	1		
15				2	3	1	E	R4 (65 MPa)	69.64	153	75	243	3	2	1	4	-	-	2	2	1		
16				2	3	1	E	R4 (65 MPa)	69.64	154	73	244	3	2	1	4	-	-	2	2	1		
17				2	3	1	E	R4 (65 MPa)	69.64	149	80	239	2	2	4	5	1	5	1	2	1		
18				KI-chi	2	3	1	Disc-1	R4 (65 MPa)	69.64	40	33	130	4	1	4	4	4	2	2	2	1	
19				Areniscas blanquecinas de grano fino, formando bloques tabulares.	2	3	1	Disc-1	R4 (65 MPa)	69.64	48	34	138	3	1	5	4	5	2	2	2	1	
20					2	3	1	Disc-1	R4 (65 MPa)	69.64	35	27	125	3	1	4	4	4	2	1	2	1	
21					2	3	1	Disc-1	R4 (65 MPa)	69.64	70	40	160	3	1	5	5	1	5	2	2	1	
22					2	3	1	Disc-1	R4 (65 MPa)	69.64	55	26	145	3	1	5	5	-	-	1	2	1	
23					2	3	1	Disc-1	R4 (65 MPa)	69.64	62	31	152	4	1	4	4	4	2	1	2	1	
24					2	3	1	Disc-1	R4 (65 MPa)	69.64	37	27	127	3	1	5	5	5	2	1	2	1	
25					2	3	1	Disc-1	R4 (65 MPa)	69.64	61	36	151	4	1	5	5	5	-	1	2	1	
26					2	3	1	Disc-1	R4 (65 MPa)	69.64	58	28	148	3	1	3	4	1	5	1	2	1	
27					2	3	1	Disc-1	R4 (65 MPa)	69.64	49	34	139	4	1	4	4	5	2	1	2	1	
28					2	3	1	Disc-1	R4 (65 MPa)	69.64	63	37	153	3	1	3	5	-	-	1	2	1	
29				2	3	1	Disc-1	R4 (65 MPa)	69.64	54	29	144	3	1	5	5	4	2	1	2	1		
30				2	3	1	Disc-1	R4 (65 MPa)	69.64	46	34	136	4	1	5	5	4	5	2	2	1		
31				KI-chi	2	3	1	Disc-2	R4 (65 MPa)	69.64	60	48	150	3	1	1	5	-	-	1	2	1	
32				Areniscas blanquecinas de grano fino, formando bloques tabulares.	2	3	1	Disc-2	R4 (65 MPa)	69.64	58	56	148	3	1	2	5	4	2	2	2	1	
33					2	3	1	Disc-2	R4 (65 MPa)	69.64	71	33	161	3	1	3	5	1	2	1	2	1	
34					2	3	1	Disc-2	R4 (65 MPa)	69.64	50	42	140	4	1	3	4	1	-	1	2	1	
35					2	3	2	Disc-2	R4 (65 MPa)	69.64	52	53	142	3	1	4	4	5	5	1	2	1	
36					2	3	2	Disc-2	R4 (65 MPa)	69.64	67	39	157	3	1	5	5	5	5	1	2	1	
37					2	3	2	Disc-2	R4 (65 MPa)	69.64	78	43	168	3	1	4	5	4	2	2	2	1	
38					2	3	2	Disc-2	R4 (65 MPa)	69.64	52	51	142	3	1	5	4	4	2	1	2	1	
39					2	3	2	Disc-2	R4 (65 MPa)	69.64	69	48	159	3	1	4	5	4	2	2	2	1	
40					2	3	2	Disc-2	R4 (65 MPa)	69.64	73	56	163	4	1	5	4	4	2	2	2	1	
41					2	3	2	Disc-2	R4 (65 MPa)	69.64	60	39	150	4	1	5	5	4	2	1	2	1	
42				2	3	2	Disc-2	R4 (65 MPa)	69.64	79	31	169	4	1	4	5	4	2	1	2	1		
43				2	3	2	Disc-2	R4 (65 MPa)	69.64	62	42	152	4	1	4	5	1	5	2	2	1		
44				2	3	2	Disc-2	R4 (65 MPa)	69.64	57	54	147	3	1	4	5	2	3	1	2	1		
								Talud		173	78	263											

BENIAWSKY RMR (1989)
Superficie

Cuadro 5.1. Registro geológico-geotécnico. Estación geotécnica E-3.

REGISTRO GEOLÓGICO GEOTÉCNICO				PROYECTO		ESTABILIZACIÓN GEOTÉCNICA DEL DESLIZAMIENTO LADERA LA VICTORIA																										
CÓDIGO				UBICACIÓN		Cerro La Victoria																										
RESPONSABLE				TRAMO		A																										
SISTEMA				HOJA N°		FECHA																										
WGS 84 ZONA 17S				3 DE		26/10/2023																										
José Weider Ortiz Barboza				3 DE		José Weider Ortiz Barboza																										
EJECUTADO POR						26/10/2023																										
DIS. Nro	DATA GPS			MACIZO ROCOSO				TIPOS		RESIST. COMP. UNIAX.		RQD TRAMO		ORIENTACIÓN			ESPACIADO(m)		PERSIST. (m)		ABERTURA (mm)		RUGOS.		RELLENO		ALTERAC. METEOR.		AGUA		CALIDAD DE INFORMACIÓN	
	ESTE (m.)	NORTE (m.)	COTA (msnm.)	LITOLOGÍA FORMAC.	METEORIZACIÓN	GRADO FRACT.	GSI	E=Estratificada D=Diaclasa	σ _{ci}	ND	31	Z/R	DIP	DD	1=>2 2= 2-0.6 3= 0.6-0.2 4= 0.2-0.06 5=<0.06	1=<1 2= 1-3 3= 3-10 4= 10-20 5=>20	1= Nada 2=<0.1 3= 0.1-1 4= 1-5 5=>5	1=Muy Rug. 2=Rugosa 3=Lig. Rug. 4=Ondulad.-lis 5=Suave	1=Arcilloso 2=Qz 3=Calcita 4=Óxidos 5=Roca Tritur.	1=Ninguna 2=Duro<5mm 3=3Duro>5mm 4=Suave<5mm 5=Suave>5mm	1=Inalterada 2=Lig. Alt. 3=Mod. Alt. 4=Muy Alt. 5=Descomp.	1=Seco 2=Lig. Húm. 3=Humedo 4=Muy Alt. 5=Flujo	1=Lec. Real 2=Lec. Apar. 3=Lec. Proy.									
																								DIRECCIÓN		RELLENO		DUREZA				
																								DIRECCIÓN		RELLENO		DUREZA				
DIRECCIÓN		RELLENO		DUREZA																												
1	798518.00	9125870.00	3303.00	KI-chi	1	3	2	E	R4 (58 MPa)	73.58	304	47	34	3	2	1	4	4	-	-	1	2	1									
2				Areniscas blanquecinas de grano fino, formando bloques tabulares masivos.	1	3	2	E	R4 (58 MPa)	73.58	306	51	36	4	2	1	5	4	-	-	1	2	1									
3					1	3	2	E	R4 (58 MPa)	73.58	326	59	56	3	2	4	4	4	1	5	2	2	1									
4					1	3	2	E	R4 (58 MPa)	73.58	325	66	55	4	2	4	4	4	4	3	2	2	1									
5					1	3	2	E	R4 (58 MPa)	73.58	310	49	40	4	2	1	4	4	-	-	1	2	1									
6					1	3	2	E	R4 (58 MPa)	73.58	321	56	51	4	2	1	4	4	-	-	2	2	1									
7					1	3	2	E	R4 (58 MPa)	73.58	319	60	49	3	2	4	4	4	4	3	1	2	1									
8					1	3	2	E	R4 (58 MPa)	73.58	320	54	50	4	2	1	5	4	-	-	2	2	1									
9					1	3	2	E	R4 (58 MPa)	73.58	309	67	39	4	2	1	5	4	-	-	1	2	1									
10					1	3	2	E	R4 (58 MPa)	73.58	316	58	46	3	2	4	4	4	4	3	2	2	1									
11					1	3	2	E	R4 (58 MPa)	73.58	317	62	47	4	2	1	5	4	-	-	2	2	1									
12				1	3	2	E	R4 (58 MPa)	73.58	323	53	53	3	2	1	4	4	-	-	2	2	1										
13				1	3	2	E	R4 (58 MPa)	73.58	314	64	44	4	2	4	4	5	1	5	1	2	1										
14				1	3	2	E	R4 (58 MPa)	73.58	328	57	58	3	2	4	4	4	1	5	1	2	1										
15				1	3	2	E	R4 (58 MPa)	73.58	321	60	51	3	2	4	4	5	1	5	2	2	1										
16				1	3	2	E	R4 (58 MPa)	73.58	317	51	47	3	2	1	5	4	-	-	2	2	1										
17				1	3	2	E	R4 (58 MPa)	73.58	308	53	38	4	2	1	4	4	-	-	2	2	1										
18				Areniscas blanquecinas de grano fino, formando bloques tabulares masivos.	1	3	2	Disc-1	R4 (58 MPa)	73.58	210	73	300	4	1	1	4	4	-	-	2	2	1									
19					1	3	2	Disc-1	R4 (58 MPa)	73.58	200	83	290	4	1	4	5	1	5	2	2	1										
20					1	3	2	Disc-1	R4 (58 MPa)	73.58	223	57	313	4	1	4	4	4	4	3	2	2	1									
21					1	3	2	Disc-1	R4 (58 MPa)	73.58	185	56	275	4	1	5	5	5	1	5	2	2	1									
22					1	3	2	Disc-1	R4 (58 MPa)	73.58	205	62	295	4	1	5	5	5	1	5	1	2	1									
23					1	3	2	Disc-1	R4 (58 MPa)	73.58	218	53	308	4	1	4	5	5	4	3	2	2	1									
24					1	3	2	Disc-1	R4 (58 MPa)	73.58	211	70	301	4	1	5	5	4	3	2	2	1										
25					1	3	2	Disc-1	R4 (58 MPa)	73.58	206	67	296	4	1	5	4	4	3	1	2	1										
26					1	3	2	Disc-1	R4 (58 MPa)	73.58	213	59	303	3	1	5	5	4	3	2	2	1										
27					1	3	2	Disc-1	R4 (58 MPa)	73.58	224	80	314	4	1	5	5	4	3	2	2	1										
28				1	3	2	Disc-1	R4 (58 MPa)	73.58	208	71	298	4	1	4	4	4	4	3	1	2	1										
29				1	3	2	Disc-1	R4 (58 MPa)	73.58	206	62	296	4	1	5	4	4	3	1	2	1											
30				1	3	2	Disc-1	R4 (58 MPa)	73.58	215	53	305	4	1	4	5	4	3	2	2	1											
31				Areniscas blanquecinas de grano fino, formando bloques tabulares masivos.	1	3	2	Disc-2	R4 (58 MPa)	73.58	126	49	216	3	1	1	5	4	-	-	1	2	1									
32					1	3	2	Disc-2	R4 (58 MPa)	73.58	96	54	186	4	1	4	4	4	3	2	2	1										
33					1	3	2	Disc-2	R4 (58 MPa)	73.58	105	51	195	3	1	5	4	4	3	1	2	1										
34					1	3	2	Disc-2	R4 (58 MPa)	73.58	116	67	206	4	1	4	4	4	1	5	1	2	1									
35					1	3	2	Disc-2	R4 (58 MPa)	73.58	100	56	190	3	1	4	5	1	5	1	2	1										
36					1	3	2	Disc-2	R4 (58 MPa)	73.58	118	62	208	3	1	1	4	-	-	1	2	1										
37					1	3	2	Disc-2	R4 (58 MPa)	73.58	114	64	204	3	1	1	5	-	-	2	2	1										
38					1	3	2	Disc-2	R4 (58 MPa)	73.58	102	50	192	3	1	1	4	-	-	2	2	1										
39					1	3	2	Disc-2	R4 (58 MPa)	73.58	99	63	189	3	1	4	5	1	5	2	2	1										
40					1	3	2	Disc-2	R4 (58 MPa)	73.58	95	68	185	3	1	4	4	1	5	1	2	1										
41				1	3	2	Disc-2	R4 (58 MPa)	73.58	113	56	203	3	1	4	4	4	1	5	1	2	1										
42				1	3	2	Disc-2	R4 (58 MPa)	73.58	112	54	202	4	1	1	5	-	-	1	2	1											
43				1	3	2	Disc-2	R4 (58 MPa)	73.58	97	48	187	3	1	1	5	-	-	1	2	1											
44				1	3	2	Disc-2	R4 (58 MPa)	73.58	106	56	196	3	1	1	4	-	-	1	2	1											
				Talud							207	72	297																			

Diseño Original: M.Sc. Victor Tolentino

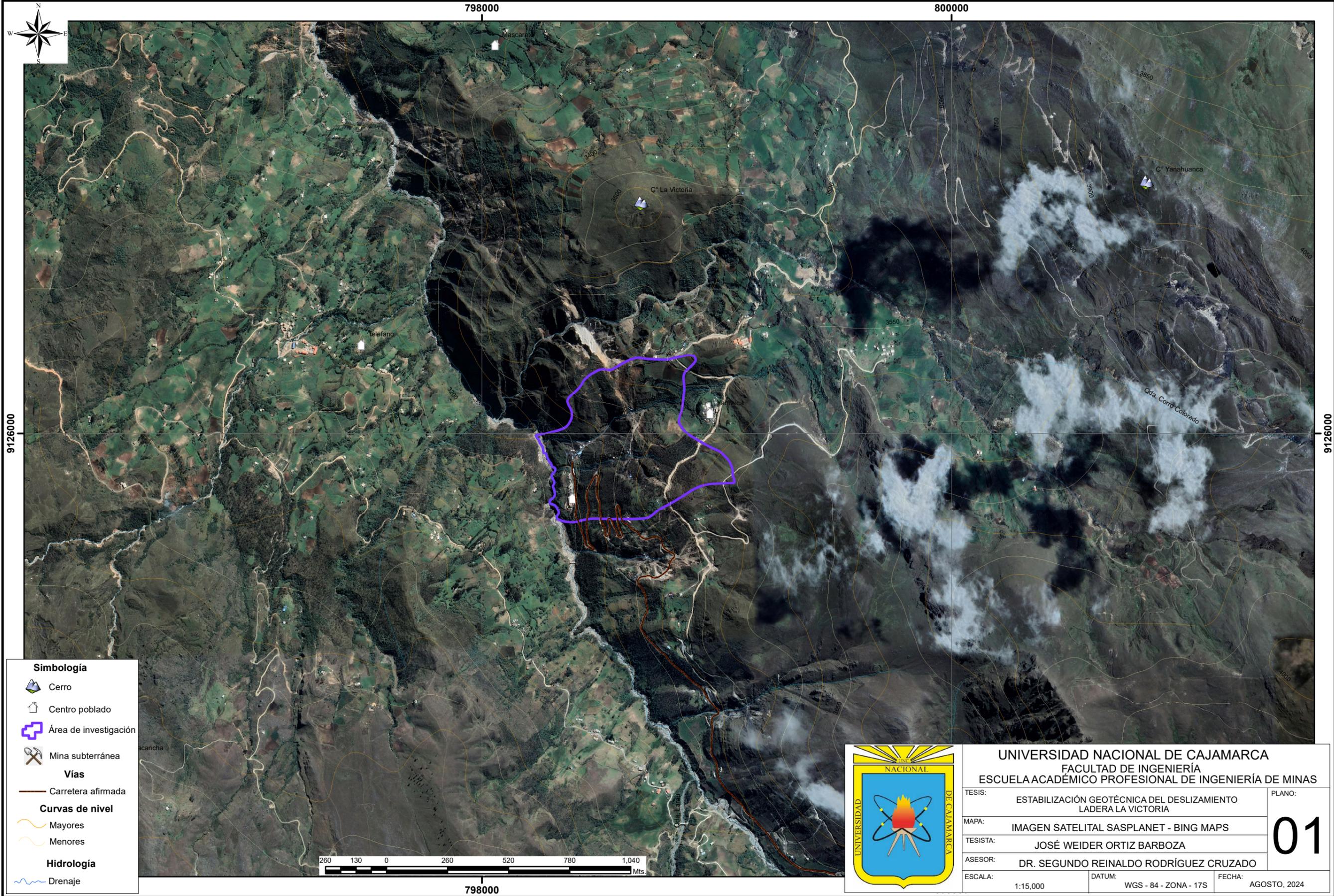
Diseño Modificado: Reinaldo Rodríguez - 2017

BENIAWSKY RMR (1989)
Superficie

Cuadro 5.1. Registro geológico-geotécnico. Estación geotécnica E-4.

REGISTRO GEOLÓGICO GEOTÉCNICO				PROYECTO		ESTABILIZACIÓN GEOTÉCNICA DEL DESLIZAMIENTO LADERA LA VICTORIA																BENIAWSKY RMR (1989) Superficie				
E-4				UBICACIÓN		Cerro La Victoria																				
CÓDIGO	E-4			TRAMO	4		DE		A																	
RESPONSABLE	José Weider Ortiz Barboza			HOJA N°	4		DE																			
SISTEMA	WGS 84 ZONA 17S			EJECUTADO POR		José Weider Ortiz Barboza		FECHA		26/10/2023																
DIS. Nro	DATA GPS			MACIZO ROCOSO				TIPOS		RESIST. COMP. UNIAIX.		RQD TRAMO		ORIENTACIÓN			ESPACIADO(m)		PERSIST. (m)	ABERTURA (mm)	RUGOS.	RELLENO		ALTERAC. METEOR.	AGUA	CALIDAD DE INFORMACIÓN
	ESTE (m.)	NORTE (m.)	COTA (msnm.)	LITOLOGÍA FORMAC.	METEORIZACIÓN		GRADO FRACT.	GSI	E=Estratificada	σ_{ci}		ND		DIRECCIÓN			1=>2	1=<1	1= Nada	1=Muy Rug.	1=Arcilloso	1=Ninguna	1=Inalterada	1=Seco	1=Lec. Real	
					1=Fresco	1=Alto	1=Bloq-Regul.	Fn=F.Normal	D=Diaclasa	3	61				2= 2-0.6	2= 1-3	2=<0.1	2=Rugosa	2=Qz	2=Duro<5mm	2=Lig. Alt.	2=Lig. Húm.	2=Lec. Apar.			
					2=Lev. Met.	2=Mediano	2=Bloq-Irreg.	Fi=F.Inversa		3	3.10				3= 0.6-0.2	3= 3-10	3= 0.1-1	3=Lig. Rug.	3=Calcita	3=Duro>5mm	3=Mod. Alt.	3=Humedo	3=Lec. Proy.			
3=Mod	3=Bajo	3=Bloq-Capas	Fd=F.Directa	Prom. Golpes	λ	19.68				4= 0.2-0.06	4= 10-20	4= 1-5	4=Ondulad.-lis	4=Óxidos	4=Suave<5mm	4=Muy Alt.	4=Goteando									
4=Alt. Met.			4=Fract-Intens	SE=Microfalla	1 Golp.	γ_p				5=<0.06	5=>20	5=>5	5=Suave	5=Roca Tritur.	5=Suave>5mm	5=Descomp.	5=Flujo									
5=Compl.			Agregar MB,B,M,P,MP	C=Contacto						Z/R	DIP	DD														
1	798565.00	9125875.00	3338.00	KI-chi	3	1	3	E	R4 (40 MPa)	41.48	324	70	54	4	3	5	2	1	5	2	2	1				
2				Areniscas blanquecinas a rojizas de grano fino, altamente fracturados.	3	1	3	E	R4 (40 MPa)	41.48	318	80	48	4	3	5	3	4	3	3	2	1				
3					3	1	3	E	R4 (40 MPa)	41.48	328	79	58	3	3	4	4	4	3	2	2	1				
4					3	1	3	E	R4 (40 MPa)	41.48	330	77	60	3	3	4	2	4	3	2	2	1				
5					3	1	3	E	R4 (40 MPa)	41.48	334	78	64	3	3	4	3	4	3	3	2	1				
6					3	1	3	E	R4 (40 MPa)	41.48	320	71	50	3	3	5	4	1	5	3	2	1				
7					3	1	3	E	R4 (40 MPa)	41.48	325	62	55	3	3	4	2	1	5	3	2	1				
8					3	1	3	E	R4 (40 MPa)	41.48	330	72	60	4	3	5	5	4	3	2	2	1				
9					3	1	3	E	R4 (40 MPa)	41.48	322	65	52	4	3	5	3	4	3	3	2	1				
10					3	1	3	E	R4 (40 MPa)	41.48	320	71	50	3	3	5	2	4	3	2	2	1				
11					3	1	3	E	R4 (40 MPa)	41.48	331	64	61	3	3	4	4	1	5	3	2	1				
12				3	1	3	E	R4 (40 MPa)	41.48	319	70	49	4	3	4	3	4	3	2	2	1					
13				3	1	3	E	R4 (40 MPa)	41.48	324	69	54	4	3	4	3	4	3	3	2	1					
14				3	1	3	E	R4 (40 MPa)	41.48	326	73	56	3	3	5	2	1	5	3	2	1					
15				3	1	3	E	R4 (40 MPa)	41.48	315	69	45	3	3	5	5	1	5	3	2	1					
16				3	1	3	E	R4 (40 MPa)	41.48	309	63	39	4	3	4	2	1	5	2	2	1					
17				3	1	3	E	R4 (40 MPa)	41.48	320	71	50	3	3	5	2	1	5	2	2	1					
18				KI-chi	3	1	3	Disc-1	R4 (40 MPa)	41.48	240	69	330	4	1	4	4	1	5	2	2	1				
19				Areniscas blanquecinas a rojizas de grano fino, altamente fracturados.	3	1	3	Disc-1	R4 (40 MPa)	41.48	237	74	327	4	1	4	5	4	3	3	2	1				
20					3	1	3	Disc-1	R4 (40 MPa)	41.48	230	66	320	4	1	4	5	1	5	3	2	1				
21					3	1	3	Disc-1	R4 (40 MPa)	41.48	233	78	323	3	1	5	5	4	3	3	2	1				
22					3	1	3	Disc-1	R4 (40 MPa)	41.48	242	88	332	4	1	4	5	1	5	3	2	1				
23					3	1	3	Disc-1	R4 (40 MPa)	41.48	225	60	315	3	1	5	5	1	5	2	2	1				
24					3	1	3	Disc-1	R4 (40 MPa)	41.48	228	63	318	4	1	4	5	1	5	2	2	1				
25					3	1	3	Disc-1	R4 (40 MPa)	41.48	235	65	325	4	1	5	5	4	3	3	2	1				
26					3	1	3	Disc-1	R4 (40 MPa)	41.48	230	70	320	3	1	4	5	1	5	3	2	1				
27					3	1	3	Disc-1	R4 (40 MPa)	41.48	229	56	319	4	1	4	5	4	3	3	2	1				
28					3	1	3	Disc-1	R4 (40 MPa)	41.48	221	62	311	3	1	5	4	4	3	2	2	1				
29				3	1	3	Disc-1	R4 (40 MPa)	41.48	215	71	305	3	1	4	4	4	3	2	2	1					
30				3	1	3	Disc-1	R4 (40 MPa)	41.48	240	68	330	4	1	4	4	4	3	3	2	1					
31				KI-chi	3	1	3	Disc-2	R4 (40 MPa)	41.48	194	22	284	3	1	5	5	1	5	3	2	1				
32				Areniscas blanquecinas a rojizas de grano fino, altamente fracturados.	3	1	3	Disc-2	R4 (40 MPa)	41.48	200	28	290	3	1	5	5	4	3	3	2	1				
33					3	1	3	Disc-2	R4 (40 MPa)	41.48	227	29	317	3	1	5	5	1	5	3	2	1				
34					3	1	3	Disc-2	R4 (40 MPa)	41.48	191	36	281	3	1	5	4	1	5	3	2	1				
35					3	1	3	Disc-2	R4 (40 MPa)	41.48	212	33	302	3	1	5	4	1	5	2	2	1				
36					3	1	3	Disc-2	R4 (40 MPa)	41.48	215	34	305	4	1	5	4	4	3	2	2	1				
37					3	1	3	Disc-2	R4 (40 MPa)	41.48	209	25	299	3	1	5	4	1	5	2	2	1				
38					3	1	3	Disc-2	R4 (40 MPa)	41.48	215	26	305	3	1	5	5	1	5	3	2	1				
39					3	1	3	Disc-2	R4 (40 MPa)	41.48	198	30	288	3	1	5	5	1	5	3	2	1				
40					3	1	3	Disc-2	R4 (40 MPa)	41.48	226	31	316	4	1	5	4	1	5	3	2	1				
41					3	1	3	Disc-2	R4 (40 MPa)	41.48	223	25	313	4	1	5	4	1	5	3	2	1				
42				3	1	3	Disc-2	R4 (40 MPa)	41.48	193	21	283	4	1	5	5	1	5	2	2	1					
43				3	1	3	Disc-2	R4 (40 MPa)	41.48	224	26	314	4	1	5	4	4	3	3	2	1					
44				3	1	3	Disc-2	R4 (40 MPa)	41.48	221	24	311	3	1	5	4	4	3	3	2	1					
				Talud						187	74	277														

ANEXO C: PLANOS



Simbología

-  Cerro
-  Centro poblado
-  Área de investigación
-  Mina subterránea

Vías

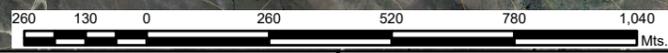
-  Carretera afirmada

Curvas de nivel

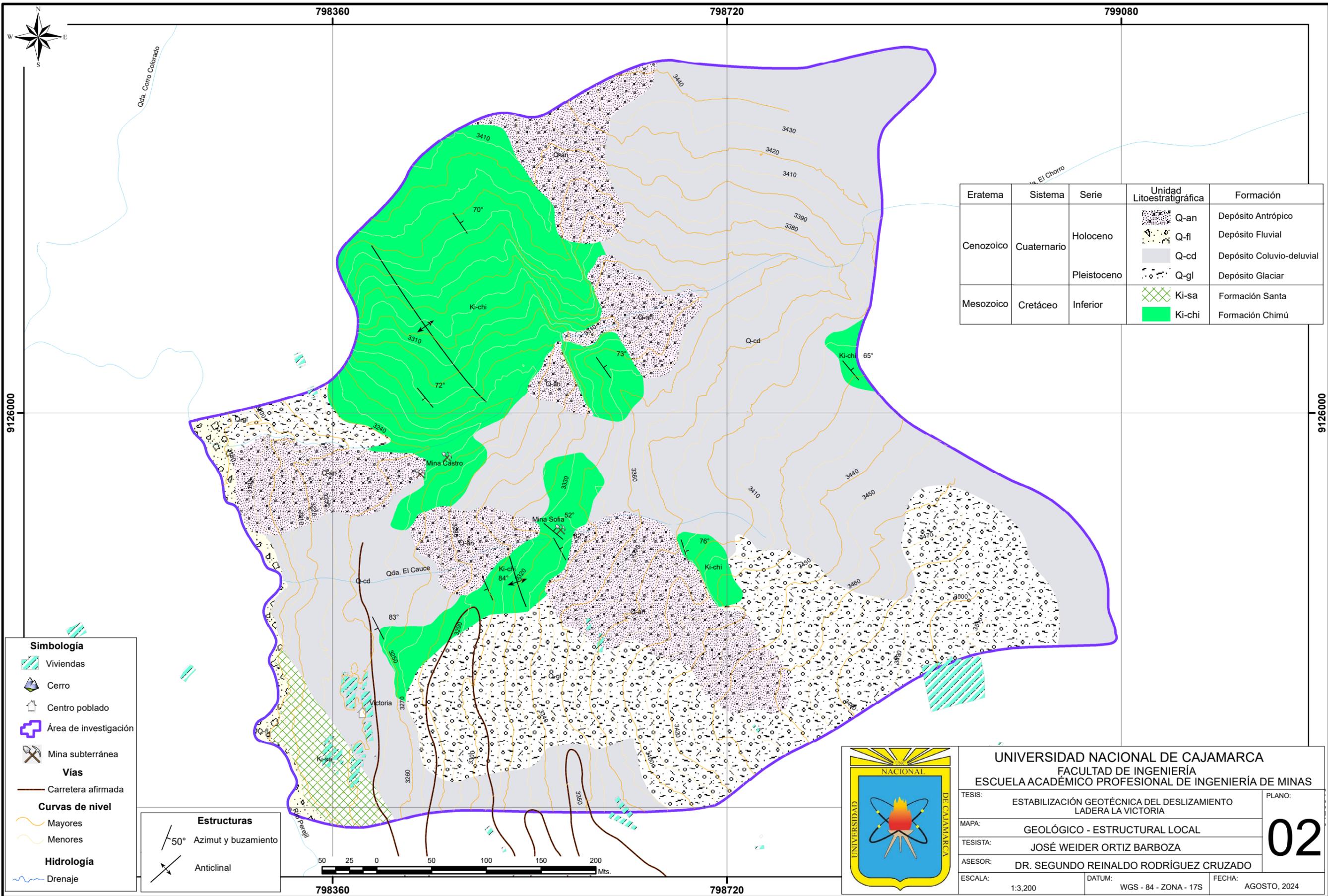
-  Mayores
-  Menores

Hidrología

-  Drenaje



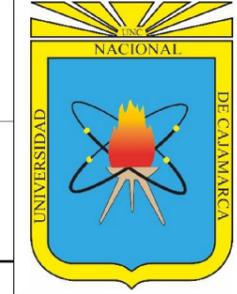
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA		
FACULTAD DE INGENIERÍA		
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS		
TESIS:	ESTABILIZACIÓN GEOTÉCNICA DEL DESLIZAMIENTO LADERA LA VICTORIA	PLANO:
MAPA:	IMAGEN SATELITAL SASPLANET - BING MAPS	01
TESISTA:	JOSÉ WEIDER ORTIZ BARBOZA	
ASESOR:	DR. SEGUNDO REINALDO RODRÍGUEZ CRUZADO	
ESCALA:	1:15,000	DATUM:
		WGS - 84 - ZONA - 17S
		FECHA:
		AGOSTO, 2024



Eratema	Sistema	Serie	Unidad Litoestratigráfica	Formación
Cenozoico	Cuaternario	Holoceno	Q-an	Depósito Antrópico
			Q-fl	Depósito Fluvial
		Pleistoceno	Q-cd	Depósito Coluvio-deluvial
			Q-gl	Depósito Glaciar
Mesozoico	Cretáceo	Inferior	Ki-sa	Formación Santa
			Ki-chi	Formación Chimú

Simbología	
	Viviendas
	Cerro
	Centro poblado
	Área de investigación
	Mina subterránea
Vías	
	Carretera afirmada
Curvas de nivel	
	Mayores
	Menores
Hidrología	
	Drenaje

Estructuras	
	Azimut y buzamiento
	Anticlinal



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA		
FACULTAD DE INGENIERÍA		
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS		
TESIS:	ESTABILIZACIÓN GEOTÉCNICA DEL DESLIZAMIENTO LADERA LA VICTORIA	PLANO:
MAPA:	GEOLÓGICO - ESTRUCTURAL LOCAL	02
TESISTA:	JOSÉ WEIDER ORTIZ BARBOZA	
ASESOR:	DR. SEGUNDO REINALDO RODRÍGUEZ CRUZADO	
ESCALA:	1:3,200	DATUM:
		WGS - 84 - ZONA - 17S
		FECHA:
		AGOSTO, 2024

Unidades geomorfológicas de la cerro La Victoria

798720

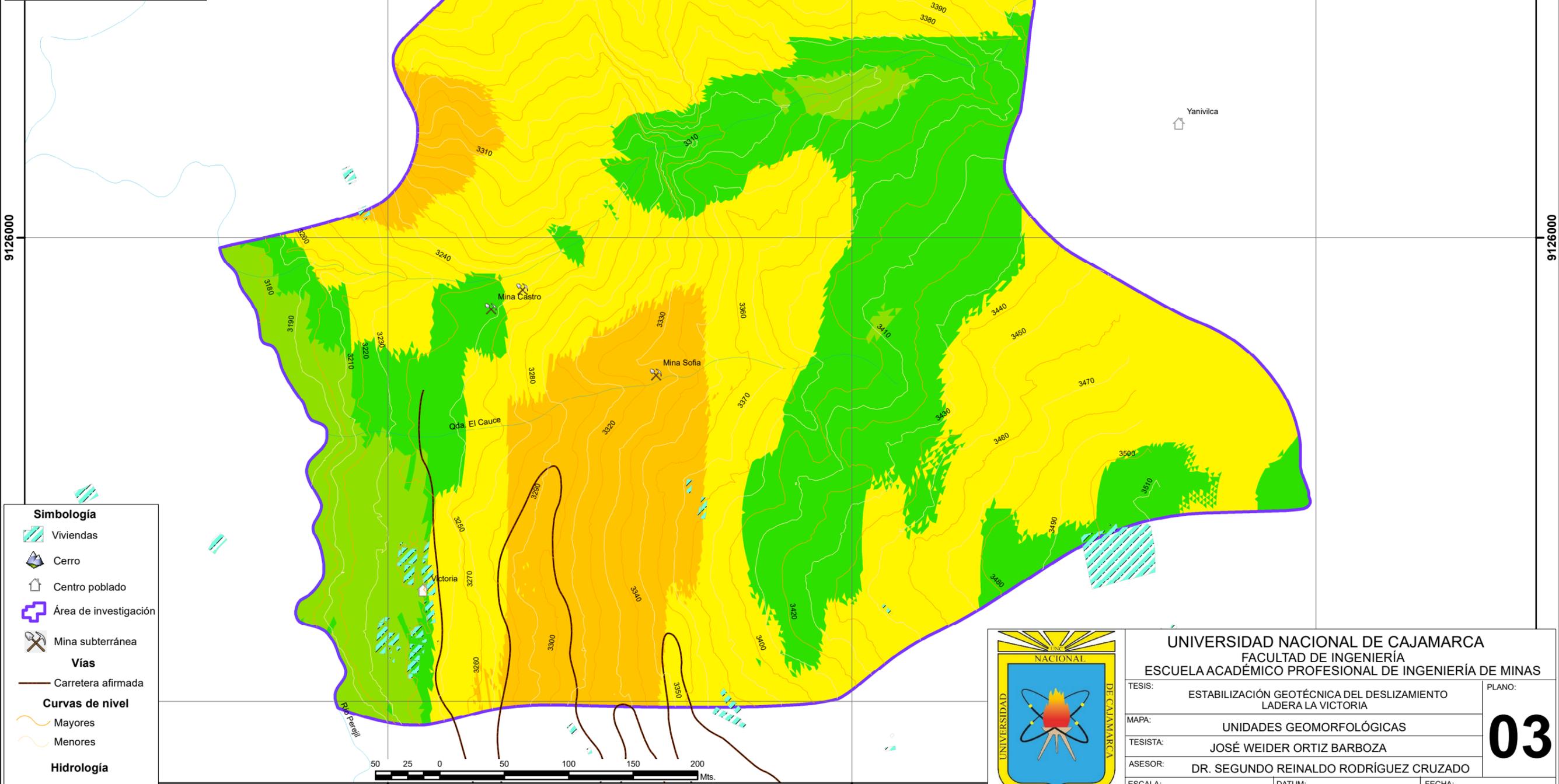
799080

Zona	Área de investigación		Planicie		Lomada		Ladera		Escarpa	
	Área (m2.)	%	Área (m2.)	%	Área (m2.)	%	Área (m2.)	%	Área (m2.)	%
La Victoria	376,008.76	9.65	36,289.78	29.12	109,506.27	47.32	177,938.87	52,318.13	13.91	



Unidades morfo-genéticas

Simbología	Codigo	Unidad
	0° - 8°	Planicie
	8° - 20°	Lomada
	20° - 50°	Ladera
	> 50°	Escarpa



Simbología

- Viviendas
- Cerro
- Centro poblado
- Área de investigación
- Mina subterránea

Vías

- Carretera afirmada

Curvas de nivel

- Mayores
- Menores

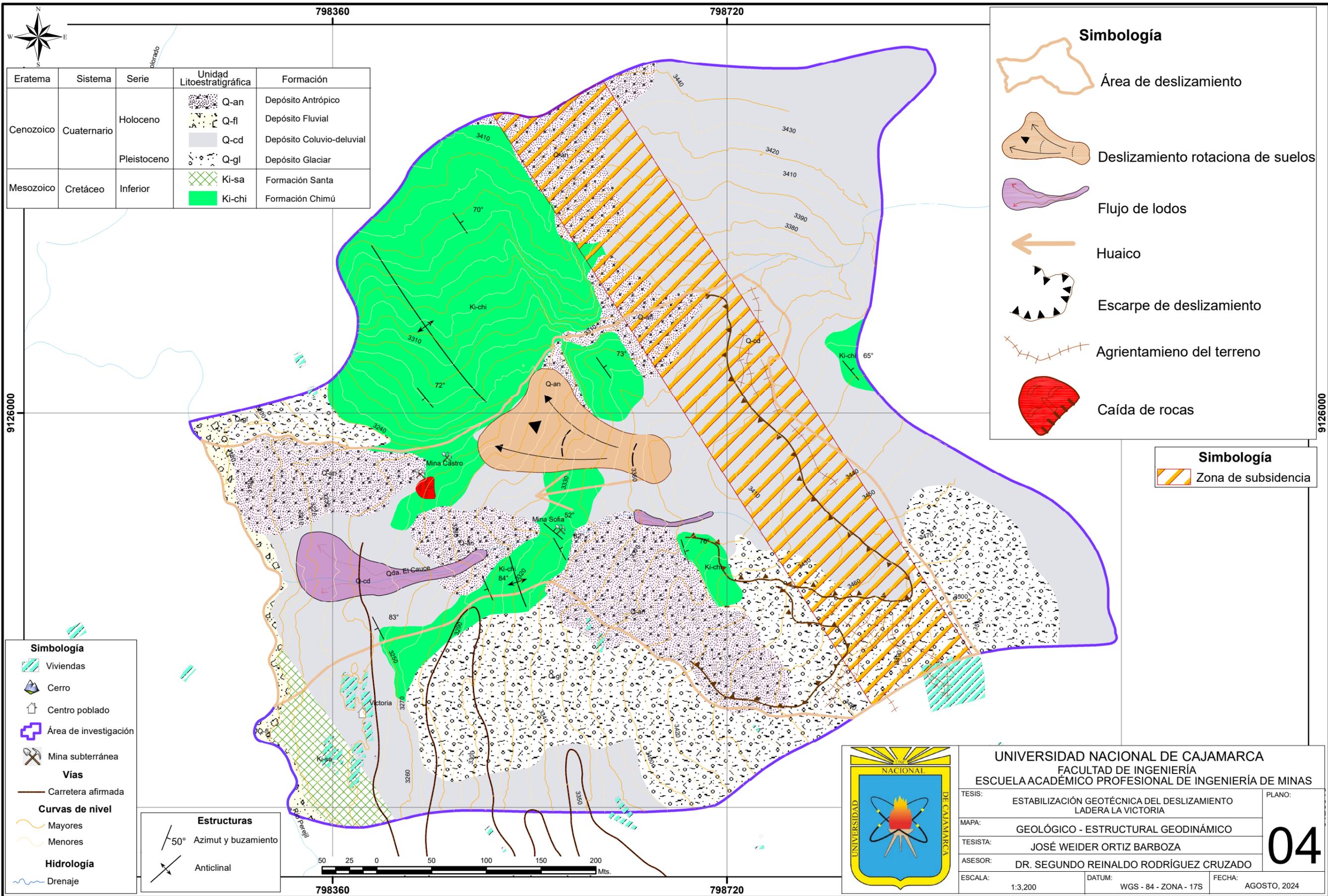
Hidrología

- Drenaje



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS

TESIS:	ESTABILIZACIÓN GEOTÉCNICA DEL DESLIZAMIENTO LADERA LA VICTORIA	PLANO:	03
MAPA:	UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS		
TESISTA:	JOSÉ WEIDER ORTIZ BARBOZA		
ASESOR:	DR. SEGUNDO REINALDO RODRÍGUEZ CRUZADO		
ESCALA:	1:3,200	DATUM:	WGS - 84 - ZONA - 17S
		FECHA:	AGOSTO, 2024



Eratema	Sistema	Serie	Unidad Litoestratigráfica	Formación
Cenozoico	Cuaternario	Holoceno	Q-an	Depósito Antrópico
			Q-fl	Depósito Fluvial
			Q-cd	Depósito Coluvio-deluvial
		Pleistoceno	Q-gl	Depósito Glaciar
Mesozoico	Cretáceo	Inferior	Ki-sa	Formación Santa
			Ki-chi	Formación Chimú

Simbología	
	Área de deslizamiento
	Deslizamiento rotacional de suelos
	Flujo de lodos
	Huaico
	Escarpe de deslizamiento
	Agrietamiento del terreno
	Caída de rocas

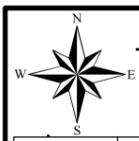
Simbología	
	Zona de subsidencia

Simbología	
	Viviendas
	Cerro
	Centro poblado
	Área de investigación
	Mina subterránea
Vías	
	Carretera afirmada
Curvas de nivel	
	Mayores
	Menores
Hidrología	
	Drenaje

Estructuras	
	50° Azimut y buzamiento
	Anticlinal



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA		
FACULTAD DE INGENIERÍA		
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS		
TESIS:	ESTABILIZACIÓN GEOTÉCNICA DEL DESLIZAMIENTO LADERA LA VICTORIA	PLANO:
MAPA:	GEOLÓGICO - ESTRUCTURAL GEODINÁMICO	04
TESISTA:	JOSÉ WEIDER ORTIZ BARBOZA	
ASESOR:	DR. SEGUNDO REINALDO RODRÍGUEZ CRUZADO	
ESCALA:	1:3,200	DATUM:
		WGS - 84 - ZONA - 17S
		FECHA:
		AGOSTO, 2024



798360

798720

Eratema	Sistema	Serie	Unidad Litoestratigráfica	Formación
Cenozoico	Cuaternario	Holoceno	Q-an	Depósito Antrópico
			Q-fl	Depósito Fluvial
			Q-cd	Depósito Coluvio-deluvial
		Pleistoceno	Q-gl	Depósito Glaciar
Mesozoico	Cretáceo	Inferior	Ki-sa	Formación Santa
			Ki-chi	Formación Chimú

Constantes elásticas: Hoek-Brown y Mohr-Coulomb

Estación	Criterio Hoek - Brown						Criterio Mohr - Coulomb		
	mi	D	Ei (MPa.)	mb	s	Em (MPa.)	a	c(MPa.)	ϕ°
E-1	21	1.00	18,600	1.99	0.0041	3,401.88	0.50	0.54	57.13
E-2	18	0.70	20,800	1.03	0.00053	1,964.21	0.51	0.39	50.73
E-3	17	0.70	14,500	2.23	0.0047	3,455.44	0.50	0.58	56.69
E-4	15	1.00	9,200	0.13	0.000017	292.07	0.52	0.15	28.58

Calidad de roca mediante los criterios empíricos

Estación	σ_{ci} (MPa)	Clasificaciones empíricas					Calidad
		RDQ	Calidad	RMR	Calidad	GSI	
E-1	60	85.69	Buena	72	Buena	67	Buena
E-2	65	69.64	Regular	53	Media	48	Regular
E-3	58	73.58	Regular	58	Media	53	Regular
E-4	40	41.48	Mala	39	Mala	34	Mala

Simbología

- Área de deslizamiento
- Deslizamiento rotacional de suelos
- Flujo de lodos
- Huaco
- Escarpe de deslizamiento
- Agrietamiento del terreno
- Caída de rocas

Simbología

- Zona de subsidencia

Análisis cinemático en relación de probabilidad de fallamiento

Estación	Fallamiento	Probabilidad de falla (%)	Número de juntas		Inestabilidad de junta
			Criticas	Total	
E-1	Planar	22	9	45	D-1
	Cuña	15.66	155	990	E y D-1
	Vuelco	33.33	15	45	E
E-2	Planar	20	9	45	E
	Cuña	7.17	71	990	E y D-2
	Vuelco	20	9	45	E
E-3	Planar	17.78	8	45	D-1
	Cuña	24.95	247	990	E y D-2
	Vuelco	26.67	12	45	D-1
E-4	Planar	31.11	14	45	D-2
	Cuña	23.91	236	987	E, D-1 y D-2
	Vuelco	33.33	15	45	D-2

Simbología

- Estación geotécnica
- Viviendas
- Cerro
- Centro poblado
- Área de investigación
- Mina subterránea
- Vías
- Carretera afirmada
- Curvas de nivel
- Mayores
- Menores
- Hidrología
- Drenaje

Estructuras

- 50° Azimut y buzamiento
- Anticlinal



798360

798720



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS

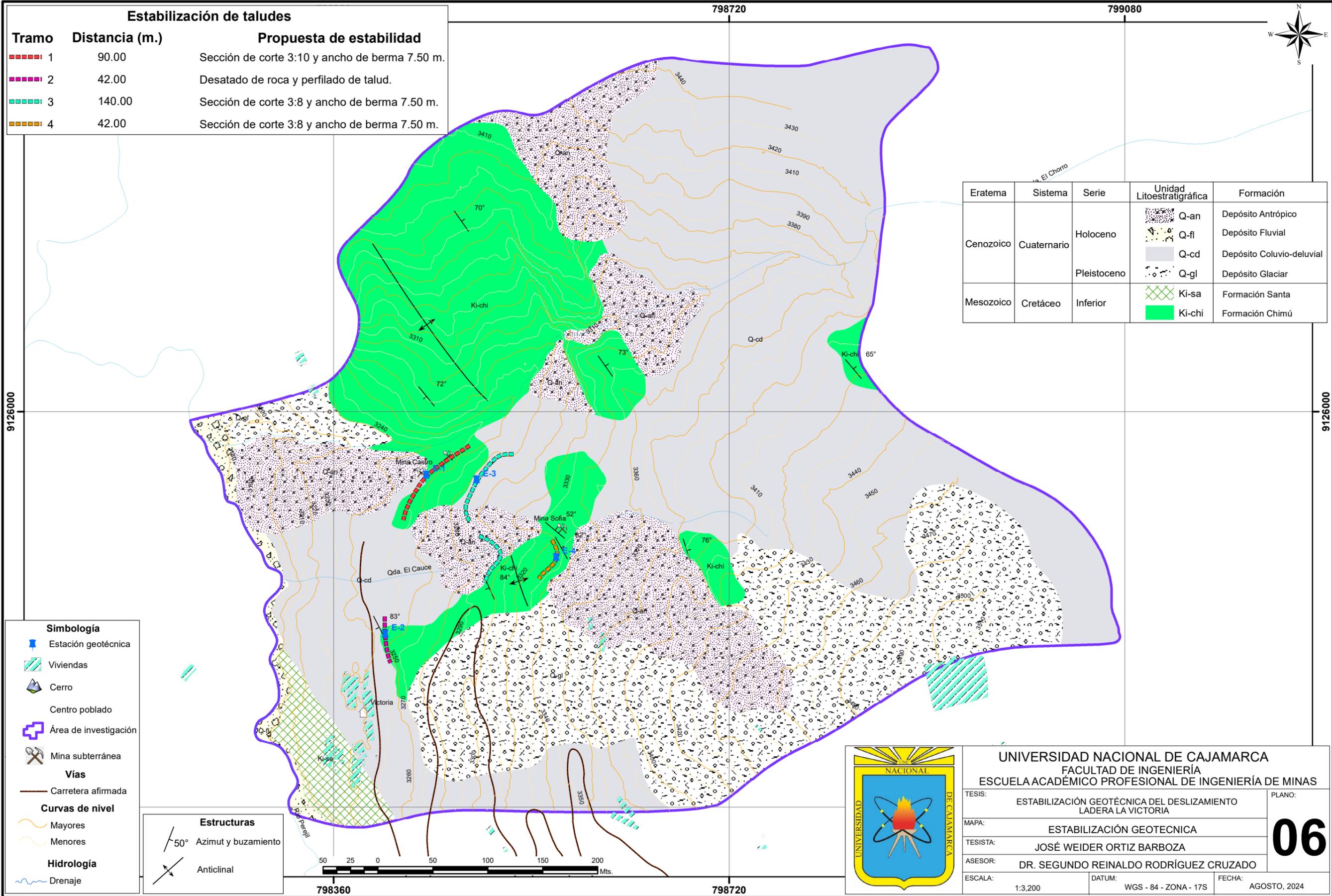
TESIS: ESTABILIZACIÓN GEOTÉCNICA DEL DESLIZAMIENTO LADERA LA VICTORIA PLANO: 05

MAPA: GEOTÉCNICO

TESISTA: JOSÉ WEIDER ORTIZ BARBOZA

ASESOR: DR. SEGUNDO REINALDO RODRÍGUEZ CRUZADO

ESCALA: 1:3,200 DATUM: WGS - 84 - ZONA - 17S FECHA: AGOSTO, 2024

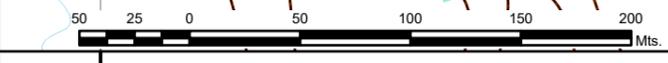
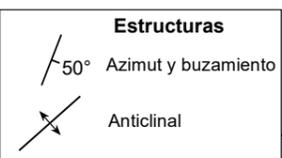


Estabilización de taludes

Tramo	Distancia (m.)	Propuesta de estabilidad
1	90.00	Sección de corte 3:10 y ancho de berma 7.50 m.
2	42.00	Desatado de roca y perfilado de talud.
3	140.00	Sección de corte 3:8 y ancho de berma 7.50 m.
4	42.00	Sección de corte 3:8 y ancho de berma 7.50 m.

Eratema	Sistema	Serie	Unidad Litoestratigráfica	Formación
Cenozoico	Cuaternario	Holoceno	Q-an	Depósito Antrópico
			Q-fl	Depósito Fluvial
		Pleistoceno	Q-cd	Depósito Coluvio-deluvial
			Q-gl	Depósito Glaciar
Mesozoico	Cretáceo	Inferior	Ki-sa	Formación Santa
			Ki-chi	Formación Chimú

- Simbología**
- Estación geotécnica
 - Viviendas
 - Cerro
 - Centro poblado
 - Área de investigación
 - Mina subterránea
 - Vías**
 - Carretera afirmada
 - Curvas de nivel**
 - Mayores
 - Menores
 - Hidrología**
 - Drenaje



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS

TESIS:	ESTABILIZACIÓN GEOTÉCNICA DEL DESLIZAMIENTO LADERA LA VICTORIA	PLANO:	06
MAPA:	ESTABILIZACIÓN GEOTECNICA		
TESISTA:	JOSÉ WEIDER ORTIZ BARBOZA		
ASESOR:	DR. SEGUNDO REINALDO RODRÍGUEZ CRUZADO		
ESCALA:	1:3,200	DATUM:	WGS - 84 - ZONA - 17S
		FECHA:	AGOSTO, 2024