

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA**



**TESIS**

**COMPORTAMIENTO GEOLÓGICO – GEOTÉCNICO DE LADERAS  
Y TALUDES EN LOS ALREDEDORES DEL CANAL SENDAMAL – EL TORO  
PROGRESIVAS KM 0+650 – KM 1+410.  
CASERIO SENDAMAL DE HUASMIN – CELENDÍN**

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

**AUTOR:**

**Bach. Quiliche Peralta, Eduar**

**ASESOR:**

**Dr. Ing. Rodríguez Cruzado, Segundo Reinaldo**

**CAJAMARCA – PERÚ**

**2023**

## **AGRADECIMIENTO**

A mi alma mater, Universidad Nacional de Cajamarca, especialmente a la EAPIG. y sus docentes quienes impartieron sus conocimientos y valores a lo largo de mi carrera universitaria.

A mis padres y hermanas por el apoyo incondicional que me brindaron día a día para cumplir con mis metas y objetivos.

De manera especial al Dr. Reinaldo Rodríguez Cruzado, mi asesor de tesis.

Agradezco finalmente a mis compañeros con quien compartimos gratos recuerdos en el salón de clase, en especial al grupo los Churchiles.

## **DEDICATORIA**

A mis padres César, Marilú; quienes con sacrificio, perseverancia y dedicación lograron sacarme adelante a pesar de las dificultades más adversas de la vida, de quien aprendí a no decaer por más difíciles que sean los obstáculos, ellos son la fuente principal de inspiración para seguir luchando por mis metas y sueños.

A mis hermanas Liliana y Merly quien considero como unas madres, en especial a mis sobrinitos Anderson y Brunella, quienes con su llegada a este mundo me llenaron de ternura, el cual quiero ser un ejemplo para ellos en su vida futura.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
AGRADECIMIENTO.....	ii
DEDICATORIA.....	iii
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	iv
LISTA DE ABREVIATURAS.....	vii
LISTA DE TABLAS.....	viii
LISTA DE FIGURAS.....	x
LISTA DE FOTOS.....	xiii
LISTA DE PLANOS.....	xv
RESUMEN.....	xvi
ABSTRACT.....	xvii
CAPÍTULO I.....	1
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO II.....	3
MARCO TEÓRICO.....	3
2.1 ANTECEDENTES TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	3
2.1.1 Antecedentes Internacionales.....	3
2.1.2 Antecedentes Nacionales.....	4
2.1.3 Antecedentes Locales.....	4
2.2 BASES TEÓRICAS.....	5
2.2.1 Laderas y Taludes.....	5
2.2.2 Deslizamientos.....	5
2.2.3 Mecánica de Suelos.....	7
2.2.4 Mecánica de Rocas.....	16
2.2.5 Mecanismos de Rotura.....	16
2.2.6 Criterios de Rotura.....	16
2.2.7 Métodos de Clasificación de Macizos Rocosos.....	18
2.2.8 Mecanismos de Falla.....	22
2.2.9 Análisis de Estabilidad.....	26

	<b>Pág.</b>
2.2.10 Zonas Sísmicas del Perú .....	28
2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS.....	29
CAPÍTULO III.....	31
MATERIALES Y MÉTODOS.....	31
3.1 UBICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO.....	31
3.1.1 Ubicación Geográfica .....	31
3.1.2 Ubicación Política.....	31
3.2 ACCESIBILIDAD.....	31
3.3 CLIMA Y VEGETACIÓN.....	32
3.3.1 METODOLOGÍA.....	33
3.3.2 Tipo, Diseño y Método de Investigación.....	33
3.3.3 Población de Estudio .....	33
3.3.4 Muestra .....	33
3.3.5 Unidad de Análisis.....	34
3.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN .....	34
3.4.1 Técnicas .....	34
3.4.2 Instrumentos .....	35
3.4.3 Materiales .....	36
3.4.4 Instrumentos de Procesamiento de Datos.....	37
3.5 ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE DATOS.....	38
3.6 TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS .....	38
3.7 GEOLOGÍA LOCAL .....	39
3.7.1 Depósitos Cuaternarios Recientes .....	39
3.7.2 Formación Yumagual (Ks-yu) .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
3.7.3 Volcánico Huambos(Ts-vh).....	41
3.7.4 Dioritas del Neógeno Mioceno (Nm-di).....	41
3.8 GEOMORFOLOGÍA .....	42
3.8.1 Unidades Morfogenéticas .....	42
3.9 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL.....	45
3.9.1 Fallas .....	45

	<b>Pág.</b>
3.9.2	Diaclasas ..... 45
3.10	GEODINÁMICA..... 46
3.10.1	Deslizamientos Activos (Dz-A)..... 46
3.10.2	Paleodeslizamiento (P-Dz) ..... 47
3.11	HIDROLOGÍA ..... 47
3.11.1	Precipitación ..... 47
3.11.2	Infiltración ..... 48
3.12	ESTUDIO GEOTÉCNICO..... 49
3.12.1	Estación N° 01: ..... 50
3.12.2	Estación N° 02: ..... 55
3.12.3	Estación N° 03: ..... 58
3.12.4	Estación N° 04: ..... 61
3.12.5	Estación N° 05 ..... 66
3.12.6	Estación N° 06 ..... 70
3.12.7	Estación N° 07 ..... 74
CAPÍTULO IV	..... 78
ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	..... 78
4.1	ANÁLISIS ..... 78
4.2	CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS ..... 83
CAPÍTULO V	..... 84
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	..... 84
5.1	CONCLUSIONES..... 84
5.2	RECOMENDACIONES..... 85
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	..... 86
ANEXOS	..... 87

## LISTA DE ABREVIATURAS

ASSHTO	:	American Association of State Highway and Transportation Officials.
SUCS	:	Sistema Unificado de Clasificación de Suelos.
$\tau$	:	Tensión tangencial.
$\sigma_n$	:	Tensión normal.
$c$	:	Cohesión.
$\phi$	:	Ángulo de rozamiento.
$m_i$	:	Constante de roca intacta.
$m_b$	:	Valor reducido de la constante del material $m_i$ .
s, a	:	Constantes del macizo rocoso.
$\lambda$	:	Número promedio de discontinuidades por metro.
D	:	Factor de perturbación.
IP	:	Índice de Plasticidad.
LL	:	Límite Líquido.
LP	:	Límite Plástico.
CU	:	Coefficiente de uniformidad
CC	:	Coefficiente de gradación
RMR	:	Rock Mass Rating.
RQD	:	Rock Quality Designation.
GSI	:	Geological Strength Index.
FS.	:	Factor de Seguridad.
MPa	:	Mega pascal
UTM	:	Sistema de Coordenadas Universal Transversal de Mercator.
WGS-84	:	Sistema de Coordenadas Geográficas Mundial 1984.
TT	:	Tensiones Totales.
TE	:	Tensiones Efectivas.
TE+SIS	:	Tensiones Efectivas más Sismicidad.
SIS	:	Sismicidad.
DZ-A	:	Deslizamiento Activo.
P-DZ	:	Paleodeslizamiento.

## LISTA DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
<b>Tabla 1.</b> Sistema de Clasificación AASHTO para Materiales de Carreteras Subrasantes. .....	9
<b>Tabla 2.</b> Sistema Unificado de Clasificación de Suelo (Basado en el Material que pasa por el Tamiz Núm. 75)......	11
<b>Tabla 3.</b> Índice de la Calidad de RMR.....	18
<b>Tabla 4.</b> Parámetros de Clasificación RMR.....	19
<b>Tabla 5.</b> Clasificación Geomecánica de GSI. ....	21
<b>Tabla 6.</b> Clasificación del Índice de Calidad de la Roca (RQD). ....	21
<b>Tabla 7.</b> Factores Condicionantes y Detonantes en la Estabilidad de Taludes.....	22
<b>Tabla 8.</b> Métodos de Análisis de Estabilidad de Taludes. ....	26
<b>Tabla 9.</b> Método de Equilibrio Límite. ....	27
<b>Tabla 10.</b> Zonas Sísmicas en Función a la Región, Provincia y Distrito. ....	28
<b>Tabla 11.</b> Coeficientes Sísmicos. ....	29
<b>Tabla 12.</b> Delimitación de la Zona de Estudio.....	31
<b>Tabla 13.</b> Accesibilidad. ....	32
<b>Tabla 14.</b> Clasificación y Tipos de Investigación. ....	33
<b>Tabla 15.</b> Clasificación para Unidades Morfogénicas.....	42
<b>Tabla 16.</b> Estimación del Geological Strentgh Index (GSI) en la Estación N° 01.....	51
<b>Tabla 17.</b> Valoración del Macizo Rocoso de la Estación N° 01.....	51
<b>Tabla 18.</b> Estimación del Geological Strentgh Index (GSI) en la Estación N°02. ....	56
<b>Tabla 19.</b> Valoración del Macizo Rocoso de la Estación N°02.....	56
<b>Tabla 20.</b> Estimación del Geological Strentgh Index (GSI) en la Estación N° 03. ....	59
<b>Tabla 21.</b> Valoración del Macizo Rocoso de la Estación N° 03.....	59
<b>Tabla 22.</b> Estimación del Geological Strentgh Index (GSI) en la Estación N° 04. ....	62
<b>Tabla 23.</b> Valoración del Macizo Rocoso de la Estación N° 04.....	62
<b>Tabla 24.</b> Parámetros geomecánicas obtenidos de Bieniawski 1989 y RocData del Formación Yumagual (Ks-yu). ....	64
<b>Tabla 25.</b> Parámetros geomecánicas obtenidos de BIENIAWSKI 1989 y RocData de Diorita (Nm-di). ....	64
<b>Tabla 26.</b> Parámetros geomecánicas de suelos obtenidos en M1. ....	65
<b>Tabla 27.</b> Parámetros geomecánicas de suelos obtenidos en M2. ....	65

	<b>Pág.</b>
<b>Tabla 28.</b> Parámetros geomecánicas de suelos obtenidos en la M3. ....	65
<b>Tabla 29.</b> En los 4 puntos de control se muestra los resultados de las caracterizaciones geomecánicas en rocas. ....	79
<b>Tabla 30.</b> En los 3 puntos de control se muestra los resultados de las caracterizaciones geomecánicas en suelos. ....	79
<b>Tabla 31.</b> Resultados de los parámetros geomecánicas y Factor de Seguridad obtenidos con los métodos de Bishop simplificado, Jambu Simplificado, Spencer y Morgenstern-Price en el perfil A- A' .....	80
<b>Tabla 32.</b> Resultados de los parámetros geomecánicas y Factor de Seguridad obtenidos con los métodos de Bishop simplificado, Jambu Simplificado, Spencer y Morgenstern-Price en el perfil B- B' .....	81
<b>Tabla 33.</b> Resultados de los parámetros geomecánicas y Factor de Seguridad obtenidos con los métodos de Bishop simplificado, Jambu Simplificado, Spencer y Morgenstern-Price en el perfil C-C' .....	82

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
<b>Figura 1.</b> Nomenclatura en “a” de Talud Artificial en “b” de Ladera Natural (Suarez, 2007).....	5
<b>Figura 2.</b> Nomenclatura de las Partes que Conforman un Deslizamiento (Suarez, 2007). 7	7
<b>Figura 3.</b> Rango del Límite Líquido y del Índice de Plasticidad para Suelos en los Grupos A-2, A-4, A-5, A-6 y A-7 (Das, 2013). ....	10
<b>Figura 4.</b> Gráfica de Plasticidad (Das, 2013). ....	12
<b>Figura 5.</b> Diagrama de Flujo para los Nombres de los Grupos de Grava y Arena del Suelo (Reproducido con Permiso del Libro Anual de Normas ASTM, 2010). ....	13
<b>Figura 6.</b> Diagrama de Flujo de Nombres de los Grupos para Limo Inorgánico y Suelos Arcillosos (Reproducido con Permiso del Libro Anual de Normas ASTM 2010). ....	14
<b>Figura 7.</b> Diagrama de Flujo de Nombres de los Grupos para Limoso Orgánico y Suelos Arcillosos (Reproducido con Permiso del Libro Anual de Normas ASTM, 2010 Braja, 2013). ....	15
<b>Figura 8.</b> Cuantificación GSI Mediante las Condiciones de las Discontinuidades y el RQD (Hoek, 2013). ....	20
<b>Figura 9.</b> Tipos de Ruptura en Suelos (González de Vallejo, 2004). ....	23
<b>Figura 10.</b> Rotura Planar (González de Vallejo, 2004). ....	24
<b>Figura 11.</b> Rotura en Cuña (González de Vallejo, 2004). ....	24
<b>Figura 12.</b> Rotura por Pandeo (González de Vallejo, 2004). ....	25
<b>Figura 13.</b> Tipos de Ruptura en Roca y la Representación Estereográfica de los Planos de Discontinuidad (González de Vallejo, 2004).....	25
<b>Figura 14.</b> Técnicas de recolección de datos.....	35
<b>Figura 15.</b> Instrumentos de Recolección de Datos.....	36
<b>Figura 16.</b> Instrumentos de Análisis y Procesamiento de Datos.....	38
<b>Figura 17.</b> Representación gráfica de las precipitaciones en mm. (SENAMHI 2020-2021). ....	48
<b>Figura 18.</b> En el gráfico de la izquierda se representa los esfuerzos principales mayores y menores, en la derecha se representan los esfuerzos normales y cortantes en rocas carbonatadas del Formación Yumagual (Ks-yu) de la Estación N°1. ....	52

<b>Figura 19.</b> Análisis Cinemático de la Estación N° 01 para Falla del Tipo Planar, donde se puede observar que la probabilidad de falla es de un 0% dado que la orientación de las discontinuidades no la favorecen la formación de este tipo de fallas, con un ángulo de fricción de 35°.....	53
<b>Figura 20.</b> Análisis Cinemático de la Estación N° 01 para Falla de Tipo cuña, donde se puede observar la intersección entre las discontinuidades J3-estrato y J1-J2, con un ángulo de fricción de 35°, favoreciendo así la generación de este tipo de falla con un 34.21% de probabilidad. ....	54
<b>Figura 21.</b> En el gráfico de la izquierda se representa los esfuerzos principales mayores y menores, en la derecha se representan los esfuerzos normales y cortantes en rocas carbonatadas del Formación Yumagual (Ks-yu) de la Estación N° 02. ....	57
<b>Figura 22.</b> En el gráfico de la izquierda se representa los esfuerzos principales mayores y menores, en la derecha se representan los esfuerzos normales y cortantes en dioritas fuertemente fracturadas. ....	60
<b>Figura 23.</b> En el gráfico de la izquierda se representa los esfuerzos principales mayores y menores, en la derecha se representan los esfuerzos normales y cortantes en dioritas fuertemente fracturadas. ....	63
<b>Figura 24.</b> Cálculo realizado con el método de MORGENSTERN-PRICE en Tensiones Totales en la Estación N° 05.....	67
<b>Figura 25.</b> Cálculo realizado con el método de MORGENSTERN-PRICE en Tensiones Efectivas en la Estación N° 05.....	68
<b>Figura 26.</b> Cálculo realizado con el método de MORGENSTERN-PRICE en Tensiones Efectivas más Sismisidad en la Estación N° 05.....	69
<b>Figura 27.</b> Cálculo realizado con el método de MORGENSTERN-PRICE en Tensiones Totales en la Estación N° 06.....	71
<b>Figura 28.</b> Cálculo realizado con el método de MORGENSTERN-PRICE en Tensiones Efectivas en la Estación N° 06.....	72
<b>Figura 29.</b> Cálculo realizado con el método de MORGENSTERN-PRICE en Tensiones Efectivas más Sismisidad en la Estación N° 06.....	73
<b>Figura 30.</b> Cálculo realizado con el método de MORGENSTERN-PRICE en Tensiones Totales en la Estación N° 07.....	75

	<b>Pág.</b>
<b>Figura 31.</b> Cálculo realizado con el método de MORGENSTERN-PRICE en Tensiones Efectivas en la Estación N° 07.....	76
<b>Figura 32.</b> Cálculo realizado con el método de MORGENSTERN-PRICE en Tensiones Efectivas más Sismisidad en la Estación N° 07.....	77

## LISTA DE FOTOS

	<b>Pág.</b>
<b>Foto 1.</b> En la zona de estudio se observa los diferente tipos vegetación tales como alisos, quinales y raigrás. Ubicación E:805427 N:9226353 C:3146msnm.....	32
<b>Foto 2.</b> Depósitos Coluviales, Coluvio-Aluviales y Aluviales en la zona de estudio. Ubicación E:805583 N: 922623 C: 3123 msnm. ....	40
<b>Foto 3.</b> Afloramiento de Calizas de la Formación Yumagual. Ubicación E: 805920 N: 9226157 C:3163msnm. ....	41
<b>Foto 4.</b> Afloramiento de diques Dioríticos del Neógeno Mioceno. Ubicación E: 805688N: 9226237 C:3135msnm. ....	42
<b>Foto 5.</b> Planicies, Lomadas y Laderas. Ubicación E: 806125 N: 9226164 C: 3194 msnm. ....	43
<b>Foto 6.</b> Escarpas Bien Pronunciados del Grupo Pulluicana. Ubicación E:806229 N:9226058C: 3185m. ....	44
<b>Foto 7.</b> Dolinas en Rocas Carbonatadas de la Formación Yumagual. Ubicación E:805878 N:9226694 C: 3352msnm. ....	45
<b>Foto 8.</b> Deslizamientos activos en la Estación N°5 y en la Estación N°7. ....	46
<b>Foto 9.</b> Deslizamientos activos en la Estación N°5 y en la Estación N°7. ....	47
<b>Foto 10.</b> En “a” se observa dolinas donde se deposita agua de lluvia, en “b” filtración de agua en terrenos agrícolas y en “c” filtración de agua en deslizamientos activos. ....	48
<b>Foto 11.</b> Afloramiento de Ks-yu conformado por familias de discontinuidades y determinación del GSI en base a una descripción geológica del macizo en la Estación N°1.....	50
<b>Foto 12.</b> Afloramiento de Ks-yu conformado por familias de discontinuidades y determinación del GSI en base a una descripción geológica del macizo en la Estación N°2.....	55
<b>Foto 13.</b> Afloramiento de Nm-di conformado por familias de discontinuidades y determinación del GSI en base a una descripción geológica del macizo en la Estación N°3.....	58
<b>Foto 14.</b> Afloramiento de Nm-di conformado por familias de discontinuidades y determinación del GSI en base a una descripción geológica del macizo en la Estación N°4.....	61

	<b>Pág.</b>
<b>Foto 15.</b> Deslizamiento activo (D-A) en la Estación N°5 .....	66
<b>Foto 16.</b> Paleodeslizamiento (P-Dz) en la Estación N°6. Tomado de Google Earth Pro. .....	70
<b>Foto 17.</b> Deslizamiento activo (D-A) en la Estación N°7. ....	74

## **LISTA DE PLANOS**

- PLANO 01.** Plano de Ubicación
- PLANO 02.** Plano Satelital
- PLANO 03.** Plano MDE
- PLANO 04.** Plano de Unidades Morfogenéticas y Pendientes
- PLANO 05.** Plano Geológico Estructural
- PLANO 06.** Plano Geotécnico

## RESUMEN

La presente investigación está basada en estudiar el comportamiento geológico – geotécnico de laderas y taludes en los alrededores del Canal Sendamal – El Toro entre las progresivas km 0+650 – km 1+410 ubicado en el caserío Sendamal de Huasmin – Celendín, donde aflora depósitos Aluviales, Coluvio-Aluviales, Diorita (Nm-di), Volcánica Huambos (Ts-vh), Formación Yumagual (Ks-yu), donde se generan zonas críticas debido a la interacción con agentes geológicos como la precipitación, infiltración, sismicidad; alterando las propiedades físicas de cohesión y ángulo de fricción; siendo el objetivo principal analizar el comportamiento geotécnico de taludes y laderas en las zonas críticas; la investigación cuenta con varias etapas, como la recolección de información, recolección de datos de campo, cartografiado geoestructural; así mismo el proyecto cuenta con 7 estaciones; 4 estaciones en macizo rocoso, donde para realizar su caracterización geomecánica empleamos el Rock Mass Rating (RMR), Rock Quality Designation (RQD) y Geological Strength Index (GSI), y 3 estaciones en deslizamientos donde se realizaron sus respectivos perfiles, del mismo modo en el laboratorio se realizaron 3 análisis de suelo usando la clasificación SUCS y ASHSTO, el procesamiento de data se realizó en gabinete mediante el Software RocData el cual permitió obtener los parámetros geomecánicos que ingresados al Software Slide calculó los Factores de Seguridad en tensiones totales, tensiones efectivas y tensiones efectivas más sismicidad según los métodos de Bishop simplificado, Jambu Simplificado, Spencer y Morgenstern-Price, mostrando claramente las zonas más inestables. Finalmente se realizó el plano geotécnico de las zonas susceptibles a deslizamientos.

**Palabras Claves:** Geodinámica, Geología, Inestabilidad, Factor de Seguridad, Deslizamiento, Caracterización, Parámetros.

## **ABSTRACT**

The present investigation is based on studying the geological - geotechnical behavior of slopes and slopes in the surroundings of the Sendamal Canal - El Toro between the progressive km 0+650 - km 1+410 located in the Sendamal de Huasmin - Celendín hamlet, where deposits outcrop. Alluvial, Colluvial-Alluvial, Diorite (Nm-di), Huambos Volcanic (Ts-vh), Yumagual Formation (Ks-yu), where critical zones are generated due to interaction with geological agents such as precipitation, infiltration, seismicity; altering the physical properties of cohesion and angle of friction; the main objective being to analyze the geotechnical behavior of slopes and slopes in critical areas; The investigation has several stages, such as the collection of information, field data collection, geostructural mapping; Likewise, the project has 7 stations; 4 stations in rock mass, where to carry out its geomechanical characterization we used the Rock Mass Rating (RMR), Rock Quality Designation (RQD) and Geological Strength Index (GSI), and 3 stations in landslides where their respective profiles were made, in the same way In the laboratory, 3 soil analyzes were carried out using the SUCS and ASHSTO classification, the data processing was carried out in the office using the RocData Software, which allowed obtaining the geomechanical parameters that entered the Softwre Slide, calculated the Safety Factors in total stresses, stresses effective stresses and effective stresses plus seismicity according to the Simplified Bishop, Simplified Jambu, Spencer and Morgenstern-Price methods, clearly showing the most unstable zones. Finally, the geotechnical map of the areas susceptible to landslides was made.

Keywords: Geodynamics, Geology, Instability, Safety Factor, Landslide, Characterization, Parameters.

## **CAPÍTULO I.**

### **INTRODUCCIÓN**

El área de estudio se ubica en el Caserío Sendamal de Huasmin, Canal de Regadío Sendamal – El Toro, entre las progresivas Km 0+650 – Km 1+410; donde se evidencian problemas de inestabilidad de laderas y taludes en afloramientos de rocas carbonatadas de la Formación Yumagual fuertemente fracturadas, meteorizadas y en depósitos cuaternarios coluvio – aluviales; sobre los cuales se producen movimientos de masas como deslizamientos rotacionales, generando zonas críticas debido a la interacción de agentes geológicos extrínsecos como la precipitación, infiltración, sismicidad, alterando las propiedades físicas de cohesión y ángulo de fricción; además en la parte superior de los deslizamientos se evidencian fallas con dirección NO – SE y paleodeslizamientos en la misma dirección generando un alto índice de inestabilidad geotécnica en la zona de estudio.

Ante esta problemática surge la siguiente pregunta: ¿La precipitación, infiltración y sismicidad, son factores desencadenantes que influyen en la inestabilidad geotécnica de taludes y laderas sobre rocas y depósitos cuaternarios en el Canal de Regadío Sendamal – El Toro entre las progresivas Km 0+650 – Km 1+410? Para hipotéticamente inferir que, El Canal de Regadío Sendamal – El Toro se encuentra en rocas carbonatadas fuertemente fracturadas y meteorizadas y depósitos cuaternarios coluvio-aluviales formando taludes y laderas geodinámicamente inestables evidenciándose deslizamientos rotacionales debido a las variables desencadenantes como precipitación, infiltración y sismicidad.

Esta investigación se justificó debido a que el Canal de Regadío Sendamal – El Toro, siendo uno de los principales abastecedores de agua para la agricultura y ganadería en la provincia de Celendín beneficiando a más de 4,900 habitantes e irrigando más de 2,330 Ha en épocas de estiaje en los sectores de Meléndez, Maraypata, Molinopampa, Malcat, Cashacongá, Pilco, Pumarume Alto y Huañambra-Santa Rosa. Se observa que el flujo del canal se ve interrumpido por la inestabilidad de laderas y taludes que generan deslizamientos rotacionales dejando inhabilitado el sistema de regadío, por ello es necesario realizar la presente investigación con el objetivo general de analizar el comportamiento geotécnico de

taludes y laderas en las zonas críticas del Canal de Regadío Sendamal – El Toro entre las progresiva Km 0+650 – Km 1+410, de tal manera que permita generar los modelos geológico, geodinámico, geotécnico y calcular los factores de seguridad para la zonificación geotécnica de las zonas críticas. Es así, como las autoridades encargadas del estudio de preinversión a nivel de perfil “Mejoramiento del Sistema de Riego Sendamal – El Toro, Distrito Celendín” deben tener en cuenta la presente investigación para realizar estudios definitivos de peligros por deslizamientos en los alrededores del Canal Sendamal; además servirá como base de futuras investigaciones en proyectos geotécnicos con similares características.

El proyecto de investigación se organizó en cinco capítulos que permitieran un adecuado desarrollo secuencial y organizado. En Capítulo I se presenta una introducción sobre el tema de investigación, el Capítulo II presenta los antecedentes del tema a tratar, las bases teóricas y las definiciones de términos básicos. En el Capítulo III, se detalla los materiales y el método de trabajo utilizado para la investigación, el Capítulo IV presenta el análisis y la discusión de los resultados obtenidos, y el Capítulo V muestra las conclusiones y las recomendaciones del proyecto de investigación. Finalmente se presentan las Referencias Bibliográficas consultadas y los Anexos.

## **CAPÍTULO II.**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 ANTECEDENTES TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN**

##### **2.1.1 Antecedentes Internacionales**

**Fajardo (2016).** En su estudio “Evaluación Geológica, Geomorfológica y Geotécnica para la Determinación de Amenazas y Generación de Alertas Tempranas del Deslizamiento el Cairo en el Municipio de San Luis de Gaceno en la Jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional de Chivor (Corpochivor)”. Concluye que geotécnicamente se logró determinar que las areniscas encontradas en el talud rocoso en el sector suroriental del área de estudio, debe su inestabilidad a la disposición de las discontinuidades encontradas y a las propiedades mecánicas de la roca, cuyos valores de resistencia son bajos, encontrándose en promedio un valor de compresión simple de 1,94 MPa, y los sectores correspondientes a los movimientos en masa, al encontrarse sobre depósitos de tipo coluvial, adquieren comportamientos muy heterogéneos, haciendo difícil determinar un parámetro de resistencia general para todo el movimiento, por lo que se hace necesario promediar los valores resultantes de los diferentes ensayos realizados en dichos lugares.

**Zuluaga (2016).** En su tesis “Análisis de estabilidad de taludes 3D considerando el efecto de la infiltración por precipitación”. Plantea implementar metodologías para realizar análisis acoplados de flujo transitorios y de estabilidad de taludes en dos y tres dimensiones, con el fin de determinar el efecto de la infiltración por precipitación en la disminución del factor de seguridad en un talud o una ladera.

### **2.1.2 Antecedentes Nacionales**

**Concha y García (2019).** En su informe técnico Nro. A6865 denominado “Evaluación geológica-geodinámica del deslizamiento de San Bernardo de Colpa (distrito de Huari, provincia de Huari, departamento de Ancash)” concluyen que el factor detonante, para la reactivación del deslizamiento de Colpa, fueron las intensas lluvias asociadas al fenómeno de “El Niño Costero”, registradas en marzo del 2017, a pesar de que en años anteriores ya se venían observando deformaciones locales.

**Gómez (2017).** En su investigación denominada “Evaluación Geodinámica y Modelamiento Geotécnico del Deslizamiento de Madrigal – Arequipa”. Concluye que la geodinámica en la localidad de Madrigal tiene como antecedente la ocurrencia de un evento geológico extremo que cambió la configuración morfológica del valle del río Colca, la avalancha de escombros por el colapso de la ladera Norte del Volcán Hualca Hualca. Sobre estos suelos se han originado deslizamientos recurrentes, de tipo rotacional. La escarpa principal muestra un salto promedio de 20 a 25 m y una longitud aproximada de 2100 m.

### **2.1.3 Antecedentes Locales**

**Rodríguez (2016).** En su investigación denominada “Método de Investigación Geológico-Geotécnico para el Análisis de Inestabilidad de Laderas por Deslizamientos Zona Ronquillo – Corisorgona” concluye 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.

**Carrasco (2017).** En su tesis denominada “Influencia de los parámetros condicionantes y desencadenantes en el deslizamiento de masas de suelos en la quebrada Huayllapampa” los resultados de esta investigación reflejaron el hecho de que los parámetros desencadenantes tienen mayor influencia sobre los parámetros condicionantes, debido a que la hidrología y los eventos sísmicos afectan directamente la estructura interna de la quebrada Huayllapampa, y concluye que la influencia de los eventos sísmicos e hidrológicos provoca el deslizamiento.

## 2.2 BASES TEÓRICAS

### 2.2.1 Laderas y Taludes

Según Suarez (2007) los taludes y laderas son masa de tierras que no son planas estos presentan pendientes y cambios significativos en altura. Técnicamente fue definida como “laderas” cuando su conformación actual fue de origen natural, mientras que “talud” cuando tiene un origen antrópico. Tanto laderas como taludes que permanecieron en el tiempo pueden fallar debido a que factores naturales y artificiales pueden cambiar la resistencia del suelo y la topografía original convirtiéndose en deslizamientos.

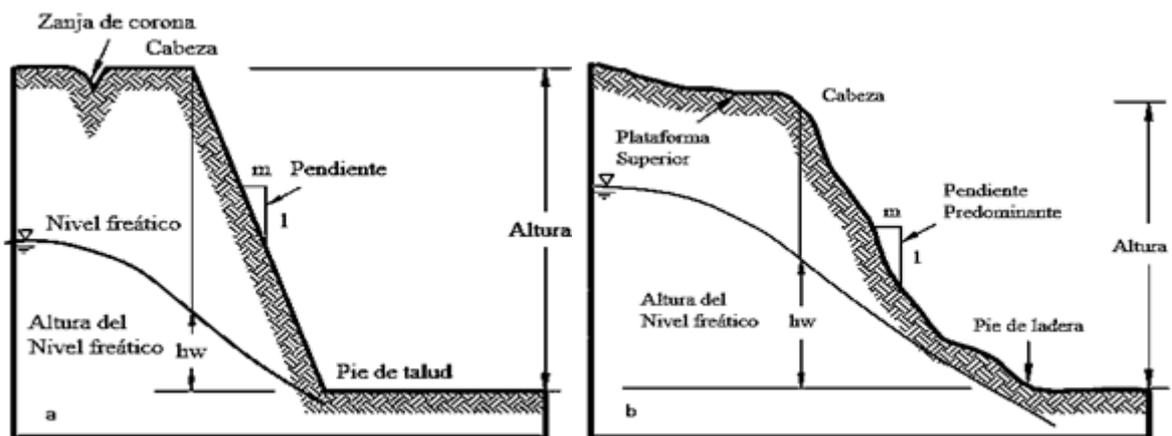


Figura 1. Nomenclatura en “a” de Talud Artificial en “b” de Ladera Natural (Suarez, 2007).

### 2.2.2 Deslizamientos

Movimientos hacia abajo de masas de rocas y tierra debido a la acción gravitacional e hidráulicas, ocurriendo generalmente a lo largo de la superficie de falla. Los fenómenos de inestabilidad es producto de la combinación de procesos erosionales y denudaciones, los procesos erosionales actúan generalmente en capas subsuperficiales mientras que las denudaciones activan procesos erosionales afectando a una profundidad considerable del perfil (Suarez, 2007). Las partes de un deslizamiento según Suarez (2007), son las siguientes:

**Cabeza:** parte superior del deslizamiento, la cabeza del deslizamiento no corresponde necesariamente a la cabeza del talud.

**Costado o flanco:** lado derecho o izquierdo del deslizamiento.

**Cima:** parte más alta de la cabeza, es el contacto entre el material no perturbado y el escarpe principal.

**Corona:** parte más alta del escarpe principal, por encima de la cabeza es el material inalterado

**Escarpe principal:** superficie muy inclinada a lo largo de la parte posterior del deslizamiento, producto del desplazamiento de material.

**Escarpe secundario:** superficie inclinada producto del desplazamiento diferenciado, dentro de un deslizamiento puede formarse varios escarpes secundario.

**Superficie de falla:** superficie por debajo del deslizamiento, límite entre la masa desplazada y la masa estática.

**Pie de la superficie de falla:** límite entre la parte inferior de la superficie de falla y el terreno original.

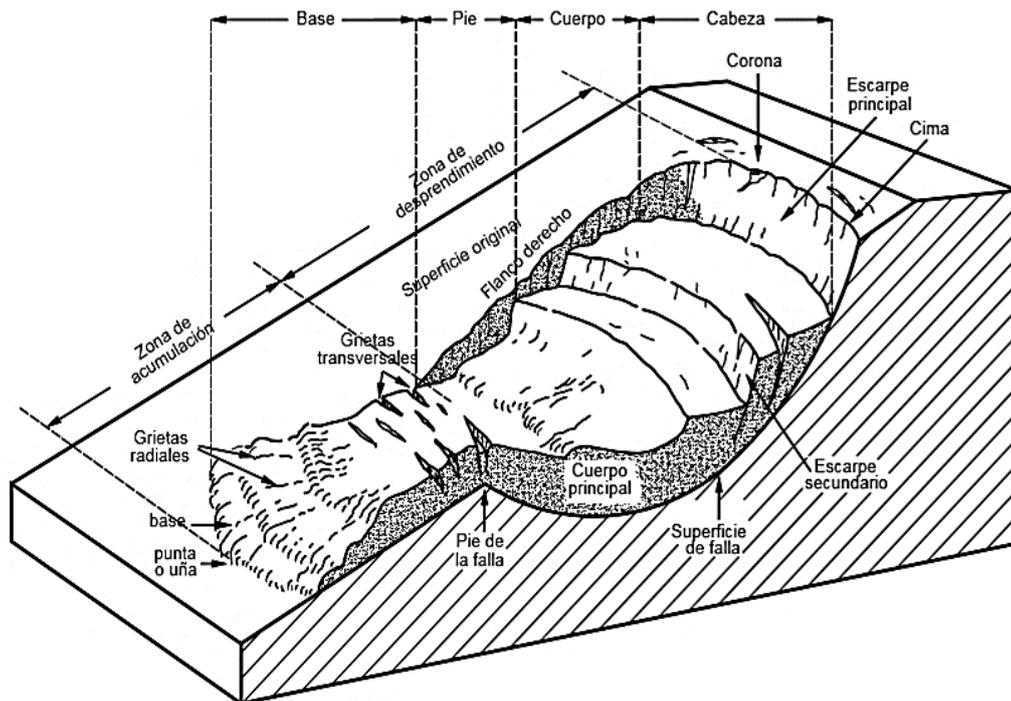
**Base:** superficie por debajo del pie de la superficie de falla cubierta por el material perturbado.

**Punta o uña:** Punto extremo de la base que se encuentra a más distancia de la cima.

**Cuerpo principal del deslizamiento:** masa de tierra o roca que se encuentra desplazado por encima de la superficie de falla.

**Superficie original del terreno:** Área original antes que suceda el deslizamiento.

**Derecha e izquierda:** es recomendable describir un deslizamiento con las coordenadas geográficas ya sea Norte, Sur, Este, Oeste; si se utiliza derecha o izquierda se debe describir observando desde la corona hacia el pie.



**Figura 2.** Nomenclatura de las Partes que Conforman un Deslizamiento (Suarez, 2007).

### 2.2.3 Mecánica de Suelos

Mecánica de suelos es el estudio de las propiedades y leyes de los materiales no consolidados para entender su comportamiento y a partir de ellos generar obras de ingeniería, los suelos son clasificados teniendo en cuenta los sistemas AASHTO - SUCS.

#### Sistema de Clasificación AASHTO

Desarrollado como el Sistema de Clasificación de Administración de Carreteras en 1929, clasificándolo al suelo en siete grupos: A-1, A2, A3 como materiales granulares (gravas, arenas) donde  $\leq 35\%$  pasan por el tamiz N°200; los suelos que pasan más de 35% en el tamiz N°200 se clasifican en A-4, A-5, A-6, A-7 principalmente son limos y arcillas (Das, 2013).

Clasificación de acuerdo al tamaño de grano:

- **Grava:** % pasa tamiz 75 mm y retenido en el tamiz N°10 (2mm).
- **Arena:** % pasa tamiz N°10 y retenido en el tamiz N°200.
- **Limo y arcilla:** % pasa tamiz N°200.

Clasificación de acuerdo a la plasticidad:

- **Limoso:** índice de plasticidad de 10 o menor.
- **Arcillosos:** índice de plasticidad de 11 a más.

Los cantos y guijarros (tamaño >75mm) presentes en la muestra de suelo son excluidas durante la clasificación. No obstante, se registra el contenido (en %) de estos materiales.

La Tabla 1, muestra la clasificación de suelos en el Sistema AASHTO, cuya aplicación se basa en un proceso de eliminación de izquierda a derecha, donde el primer grupo de la izquierda donde los datos de la prueba quepan es la clasificación del suelo.

**Tabla 1.** Sistema de Clasificación AASHTO para Materiales de Carreteras Subrasantes.

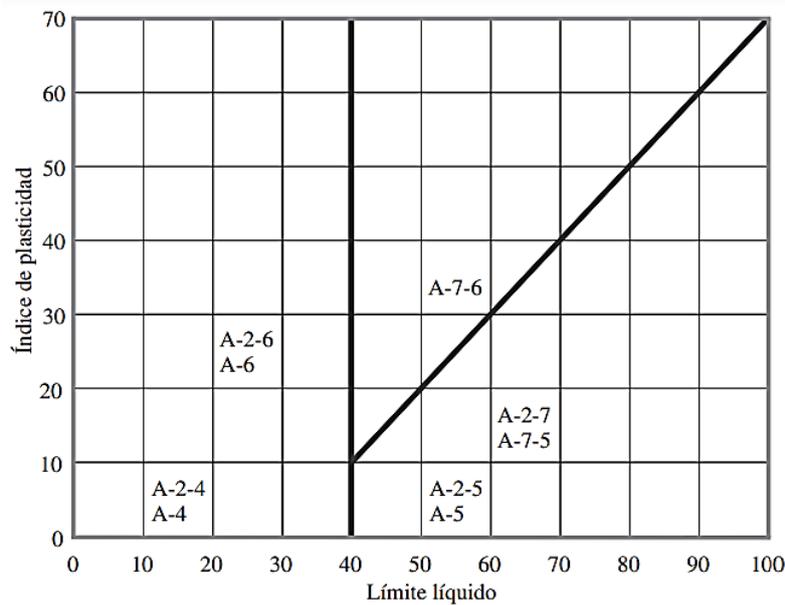
Clasificación general	Materiales granulares (35% o menos del total de la muestra pasada por el núm. 200)						
	A-1		A-3	A-2			
Grupo de clasificación	A-1-a	A-1-b			A-2-4	A-2-5	A-2-6
Análisis de tamiz (porcentaje de paso)							
Núm. 10	50 máx.						
Núm. 40	30 máx.	50 máx.	51 mín.				
Núm. 200	15 máx.	25 máx.	10 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.
Características de la fracción de paso núm. 40							
Límite Líquido				40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.
Índice de plasticidad	6 máx.		NP	10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.
Tipos comunes de material	Fragmentos de roca. Grava y arena		Arena fina	Limo o grava arcillosa y arena			
Significativos Constituyentes							
Clasificación general de la subrasante	Excelente a bueno						

Clasificación general	Materiales granulares (35% o menos del total de la muestra pasado por el núm. 200)				
Grupo de clasificación					A-7
Análisis de tamiz (porcentaje de paso)					A-7-5*
Núm. 10					A-7-6†
Núm. 40					
Núm. 200			36 mín.	36 mín.	36 mín.
Características de la fracción de paso					
Núm. 40					
Límite Líquido			40 máx.	41 mín.	40 máx.
Índice de plasticidad			10 máx.	10 máx.	11 mín.
Tipos comunes de materiales significativos constituyentes			Suelos limosos		Suelos arcillosos
Clasificación general de la subrasante	Regular a malo				

- Para A-7-5,  $PI \leq LL - 30$
- Para A-7-6,  $PI > LL - 30$

**Fuente:** Tomado de Das, (2013).

La siguiente figura presenta un gráfico del índice de plasticidad vs límite líquido de los suelos que dividen a los grupos A-2, A-4, A-5, A-6 y A-7.



**Figura 3.** Rango del Límite Líquido y del Índice de Plasticidad para Suelos en los Grupos A-2, A-4, A-5, A-6 y A-7 (Das, 2013).

### Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS)

El sistema SUCS clasifica los suelos en dos categorías suelos de grano grueso y suelos de grano fino.

- **Suelos de grano grueso:** arena y grava menos del 50% pasan por la malla N°200, empiezan con los prefijos G que significa grava o suelo gravoso y S que significa arena o suelo arenoso (Das, 2013).
- **Suelos de grano fino:** limos, arcillas y suelo orgánico, más del 50% pasan por la malla N°200, empiezan con los prefijos M que significa limo inorgánico, C para arcilla inorgánica, O para limo y arcilla orgánicos y Pt para turbas, lodos y suelos altamente orgánicos (Das, 2013).

Símbolos adicionales utilizados para la clasificación:

- **W:** bien graduado
- **P:** mal graduado
- **L:** baja plasticidad (límite líquido menor que 50)
- **H:** alta plasticidad (límite líquido mayor que 50).

**Tabla 2.** Sistema Unificado de Clasificación de Suelo (Basado en el Material que pasa por el Tamiz Núm. 75).

Criterios para la asignación de símbolos de grupo				Símbolo del grupo	
Suelos de grano grueso <b>Más de 50% retenido en el tamiz núm. 200</b>	<b>Gravas</b> Más de 50% de fracción gruesa retenida en el tamiz núm. 4	Gravas limpias	$C_u > 4$ y $1 < C_c < 3^c$	GW	
		Menos de 5% finos <sup>a</sup>	$C_u < 4$ y/o $1 > C_c > 3^c$	GP	
		Gravas con finos	$PI < 4$ o gráficos por debajo de línea "A" (Figura 4)	GM	
		Más de 12% finos <sup>c,d</sup>	$PI > 7$ y gráficos en o por encima de línea "A" (Figura 4)	GC	
	<b>Arenas</b> 50% o más de la fracción gruesa pasa a tamiz núm. 4	Arenas limpias	$C_u \geq 6$ y $1 \leq C_c \leq 3^c$	SO	
		Menos de 5% finos <sup>b</sup>	$C_u < 6$ y/o $1 > C_c > 3^c$	SP	
		Arenas con finos	$PI < 4$ o gráficos por debajo de línea "A" (Figura 4)	SM	
		Más de 12% finos <sup>b,d</sup>	$PI > 7$ y gráficos en o por encima de línea "A" (Figura 4)	SC	
	Suelos de grano fino <b>50% o más pasa a través de tamiz núm. 200</b>	<b>Limos y arcillas</b> Límite líquido menos que 50	Inorgánico	$PI < 4$ o gráficos por debajo de línea "A" (Figura 4) <sup>e</sup>	CL
			Orgánico	$PI > 7$ y gráficos en o por encima de línea "A" (Figura 4) <sup>e</sup>	ML
		Orgánico	$\frac{\text{Límite Líquido: secado}}{\text{Límite líquido: no secado}} < 0.75$ ; vea la Figura 4, Zona OL	OL	
		Inorgánico	Gráficos PI en o por encima de línea A" (Figura 4) Gráficos PI por debajo de línea A" (Figura 4)	CH MH	
<b>Limos y arcillas</b> Límite líquido 50 o más		Orgánico	$\frac{\text{Límite Líquido: secado}}{\text{Límite líquido: no secado}} < 0.75$ , vea la Figura 4, Zona OH	OH	
<b>Suelos altamente orgánicos</b>		Materia orgánica principalmente, color oscuro y orgánico			Pt

<sup>a</sup> Gravas con 5 a 12 % de finos requieren símbolos dobles: GW-GM, GW-GC, GP-GM, GP-GC.

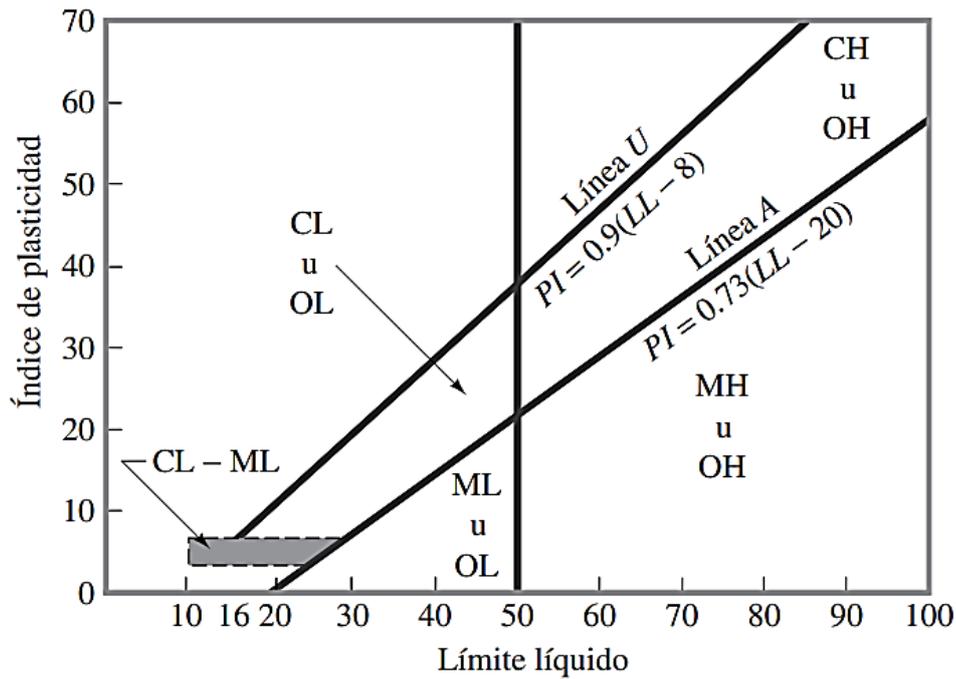
<sup>b</sup> Arenas con 5 a 12 % de finos requieren símbolos dobles: SO-SM, SO-SC, SP-SM, SP-SC.

$$^c C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} ; C_c = \frac{D_{30}}{D_{60} \times D_{10}}$$

<sup>d</sup> Si  $4 \leq PI \leq 7$  y gráficos en la zona rayada en la Figura 4; se usa doble símbolo GC-GM o SC-SM.

<sup>e</sup> Si  $4 < PI < 7$  y gráficos en la zona rayada en la Figura 4; se usa doble símbolo CL-ML.

**Fuente:** Tomado de Das, (2013).



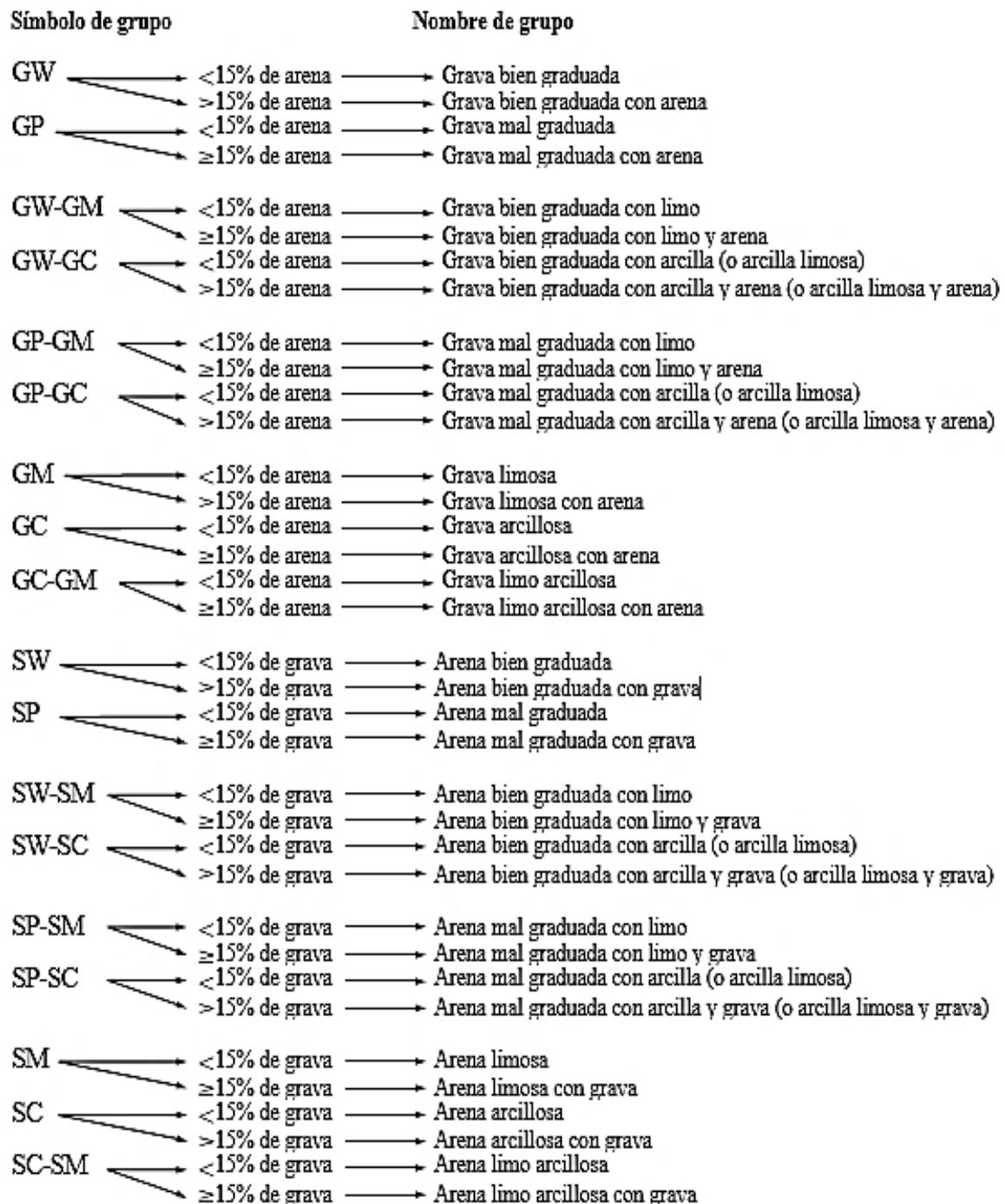
**Figura 4.** Gráfica de Plasticidad (Das, 2013).

Para una clasificación adecuada debe conocerse lo siguiente:

- **Grava:** % que pasa por el de 72.2mm y retenido en el tamiz N°4 (4.75 mm).
- **Arena:** % que pasa por el tamiz N°4 y retenido en el tamiz N°200 (0.075mm).
- **Limo y Arcilla:** % que pasa el tamiz N°200.
- **Coefficiente de uniformidad ( $C_U$ )**
- **Coefficiente de gradación ( $C_c$ )**
- **Índice de plasticidad y límite líquido:** de la porción de suelo que pasa el tamiz N°40.

La clasificación y nomenclatura en SUCS, para los grupos de los distintos suelos se pueden determinar haciendo uso de las figuras 5, 6 y 7. El uso de estas figuras requiere tener en cuenta las siguientes consideraciones.

- **Fracción fina:** % que pasa el tamiz núm. 200
- **Fracción gruesa:** % retenido en el tamiz núm. 200
- **Fracción grava:** % retenido en el tamiz núm. 4
- **Fracción arena:** (% retenido en el tamiz núm. 200) - (% retenido en tamiz núm. 4)



**Figura 5.** Diagrama de Flujo para los Nombres de los Grupos de Grava y Arena del Suelo (Reproducido con Permiso del Libro Anual de Normas ASTM, 2010).

**Fuente:** Tomado de Das, (2013).



Símbolo de grupo

Nombre de grupo

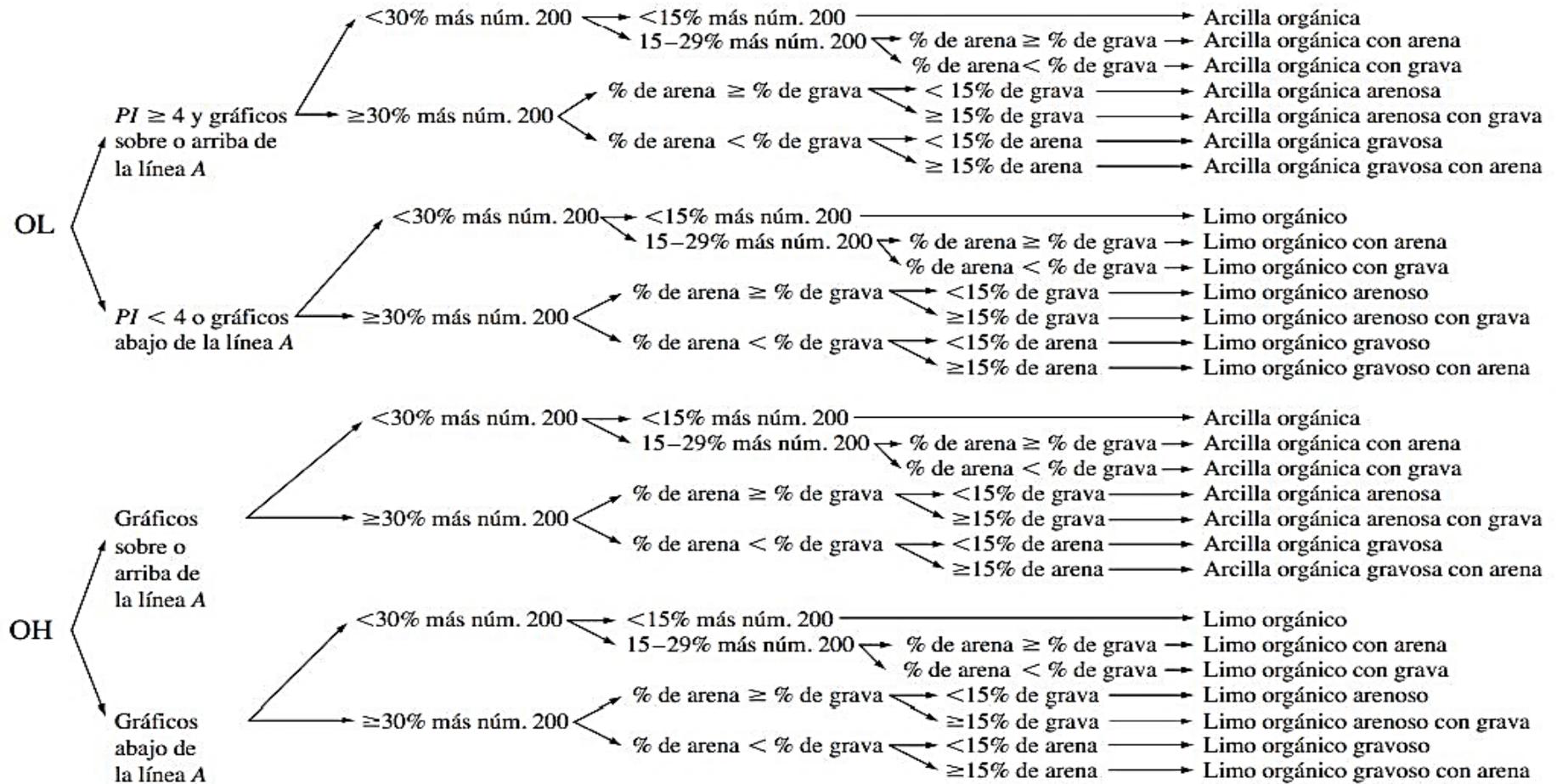


Figura 7. Diagrama de Flujo de Nombres de los Grupos para Limoso Orgánico y Suelos Arcillosos (Reproducido con Permiso del Libro Anual de Normas ASTM, 2010 Braja, 2013).

Fuente: Tomado de Das, (2013).

#### 2.2.4 Mecánica de Rocas

La mecánica de rocas estudia el comportamiento del macizo rocoso ante las fuerzas externas e internas que se ejercen sobre ellos, la relación entre las tensiones y deformaciones describen el comportamiento de los diferentes tipos de rocas, siendo las discontinuidades y los planos de debilidad los que controlan los procesos de deformación y rotura (González de Vallejo, 2004).

#### 2.2.5 Mecanismos de Rotura

Según González de Vallejo (2004) menciona que los mecanismos de rotura agrupan varios factores haciéndolo muy complejo como:

- **Rotura por esfuerzo cortante:** cuando una cara de la superficie de la roca desliza con respecto a la otra debido a que determinada superficie está sometida a esfuerzos cortantes.
- **Rotura por compresión:** cuando el esfuerzo compresivo crea grietas de tracción microscópicas y planos de corte en el interior de la roca.
- **Rotura por Flexión:** cuando una sección de la roca está sometida a fuerzas tensionales normales y se rompe por donde se acumula las tracciones.
- **Rotura por tracción:** cuando una sección de la roca está sometida a fuerzas de tracción pura.
- **Rotura por colapso:** cuando la roca recibe compresiones en todas direcciones transformándolo en un material pulvulento.

#### 2.2.6 Criterios de Rotura

##### **Criterio de Mohor -Coulomb**

El Criterio de rotura de Mohor – Coulomb es utilizado para materiales no consolidados (suelos) que fallan debido a una combinación crítica de esfuerzos normales y esfuerzos cortantes (Das, 2013); según González de Vallejo (2004) es un criterio lineal de rotura, utilizado para evaluar la resistencia de la matriz rocosa causado por esfuerzos normales y tangenciales, siendo la relación:

$$\tau = c + \sigma_n \tan \phi$$

$\tau$ : tensión tangencial

$\sigma_n$ : tensión normal

$c$ : cohesión

$\phi$ : ángulo de rozamiento

### **Criterio de Hoek-Brown Generalizado**

Criterio que se utiliza para evaluar la resistencia de la matriz rocosa en condiciones isotrópicas, criterio de rotura no lineal cuya representación gráfica en una curva cóncava (González de Vallejo, 2004).

Al inicio el criterio se utilizó para macizos rocosos extensos frágiles e inalterados, el criterio partía de las propiedades de las rocas intactas luego se fueron introduciendo factores reductores de estas propiedades para la caracterización de un macizo rocoso diaclasado (Hoek, Carranza-Torres y Corkum, 2002).

Criterio expresado como:

$$\sigma_1' = \sigma_3' + \sigma_{ci} \left( m_b \frac{\sigma_3'}{\sigma_{ci}} + s \right)^a$$

$m_b$  valor reducido de la constante del material  $m_i$  y está dado por:

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

$s$  y  $a$  son constantes del macizo rocoso, se expresan como:

$$s = \exp\left(\frac{GSI - 100}{9 - 3D}\right)$$

$$a = \frac{1}{2} + \frac{1}{6} \left( e^{-GSI/15} - e^{-20/3} \right)$$

Para roca intacta, las constantes del material se indican con  $m_i$ ;  $s = 1$  y  $a = 0.5$ ; donde  $D$  es un factor que depende del grado de perturbación del macizo rocoso que ha sido sometido por la explosión o relajación de esfuerzos, va desde 0 para macizos rocosos inalterados hasta 1 para macizos rocosos muy alterados (Hoek-Brown, 2018).

### 2.2.7 Métodos de Clasificación de Macizos Rocosos

Existen numerosos métodos de clasificación geomecánica que se emplean para el diseño de proyectos ingenieriles, la finalidad es la obtención de los parámetros geomecánicas empleados para la caracterización de macizos rocosos.

#### RMR – Bieniawski (1989).

Propuesta por Bieniawski en 1976 y finalmente modificado por él mismo en 1989, esta clasificación permite relacionar índices de calidad con parámetros geotécnicos del macizo rocoso tanto en excavaciones y sostenimiento en túneles, los índices de calidad de los parámetros en un macizo rocoso varían de 0 a 100, el cálculo del índice RMR permite estimar los diferentes parámetros de resistencia y deformabilidad del macizo el cual establece el posible comportamiento frente a excavaciones (González de Vallejo, 2004).

El RMR cuenta con los siguientes parámetros:

- Resistencia uniaxial de la matriz rocosa.
- Grado de fracturación en términos de RQD.
- Espaciado de las discontinuidades.
- Condiciones de las discontinuidades.
- Condiciones hidrogeológicas.
- Orientación de las discontinuidades con respecto a la excavación.

**Tabla 3.** Índice de la Calidad de RMR

Clase	Calidad	Valoración (RMR)	Cohesión	Ángulo de rozamiento
I	Muy Buena	100 - 81	>4 Kg/cm <sup>2</sup>	<45°
II	Buena	80 - 61	3-4 Kg/cm <sup>2</sup>	35°-45°
III	Media	60 - 41	2-3 Kg/ cm <sup>2</sup>	25°-35°
IV	Mala	40 - 21	1-2 Kg/cm <sup>2</sup>	15°-25
V	Muy Mala	<20	<1 Kg/cm <sup>2</sup>	<15°

**Fuente:** Tomado de González de Vallejo, (2004).

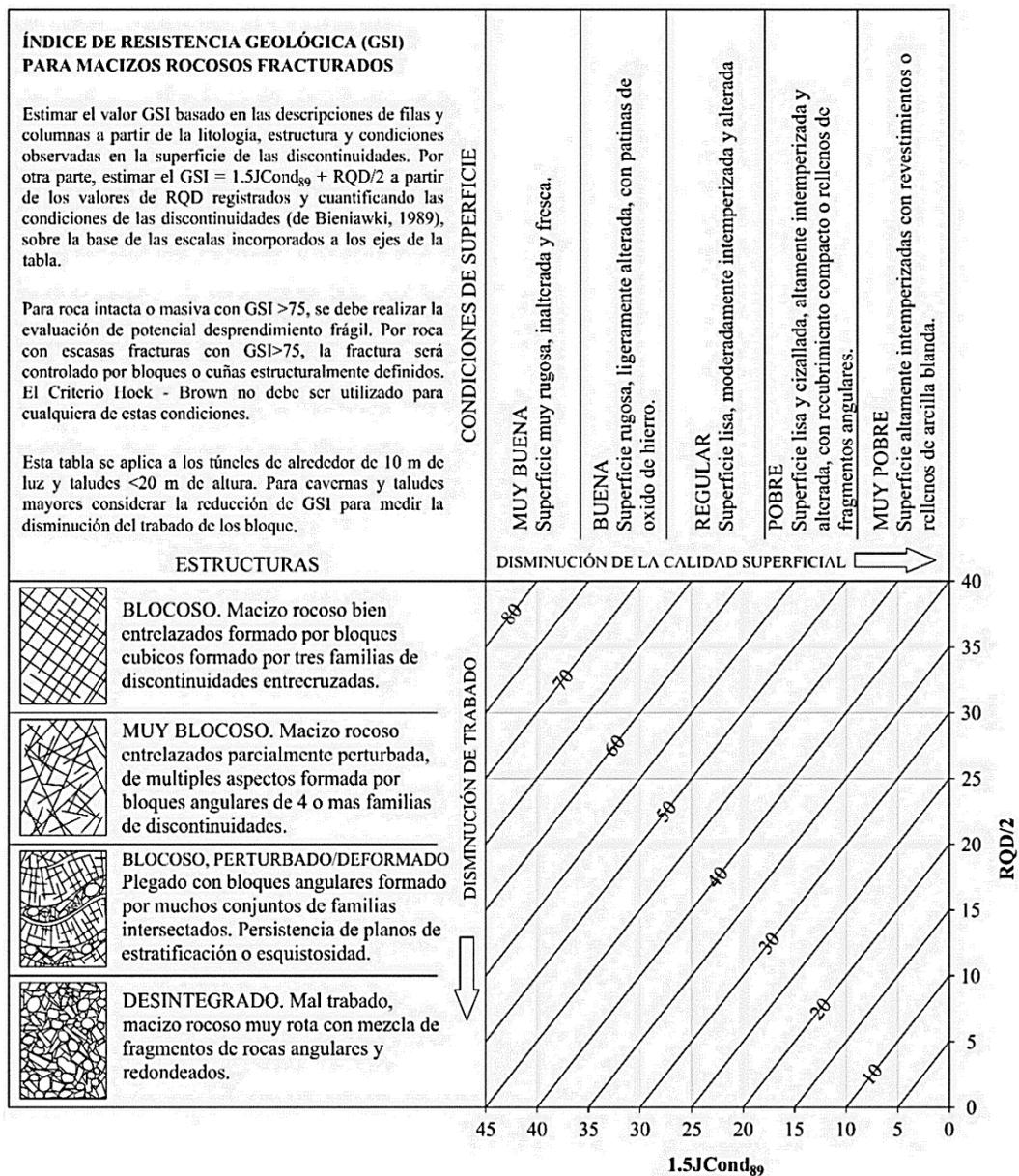
**Tabla 4.** Parámetros de Clasificación RMR.

Parámetros de clasificación RMR (Bieniawski, 1989)							
1	Resistencia de la matriz rocosa (MPa)	Ensayo de carga puntual	>10	10-4	4-2	2-1	Compresión simple (MPa)
		Compresión simple	> 250	250-100	100-50	50-25	25-5 5-1 <1
	<b>Puntuación</b>		<b>15</b>	<b>12</b>	<b>7</b>	<b>4</b>	<b>2 1 0</b>
2	RQD		90% - 100%	75% - 90%	50% - 75%	25% - 50%	< 25%
	<b>Puntuación</b>		<b>20</b>	<b>17</b>	<b>13</b>	<b>6</b>	<b>3</b>
3	Separación entre diaclasas		> 2 m	0.6-2 m	0.2-0.6 m	0.06-0.2 m	<0.06 m
	<b>Puntuación</b>		<b>20</b>	<b>15</b>	<b>10</b>	<b>8</b>	<b>5</b>
4	Estado de las discontinuidades	Longitud de la discontinuidad	< 1 m	1-3 m	3-10 m	10-20 m	>20 m
		<b>Puntuación</b>	<b>6</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>0</b>
		Abertura	Nada	< 0.1 mm	0.1-1.0 mm	1-5 mm	> 5 mm
		<b>Puntuación</b>	<b>6</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>0</b>
		Rugosidad	Muy rugosa	Rugosa	Ligeramente rugosa	Ondulada	Suave
		<b>Puntuación</b>	<b>6</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>0</b>
		Relleno	Ninguno	Relleno duro < 5 mm	Relleno duro > 5 mm	Relleno blando < 5 mm	Relleno blando > 5 mm
		<b>Puntuación</b>	<b>6</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>0</b>
		Alteración	Inalterada	Ligeramente alterada	Moderadamente alterada	Muy alterada	Descompuesta
		<b>Puntuación</b>	<b>6</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>0</b>
5	Agua freática	Caudal por 10 m de túnel	Nulo	<10 litros/min	10-25 litros/min	10-125 litros/min	> 125 litros/min
		Presión de Agua/Tensión principal mayor	0	0-0.1	0.1-0.2	0.2-0.5	> 0.5
		Estado general	Seco	Ligeramente húmedo	Húmedo	Goteando	Agua Fluyendo
		<b>Puntuación</b>	<b>15</b>	<b>10</b>	<b>7</b>	<b>4</b>	<b>0</b>

**Fuente:** Tomado de Gavilanes y Andrade, (2004).

## Geological Strength Index (GSI)

El Geological Strength Index (GSI) fue desarrollado para tratar macizos rocosos compuestos por bloques angulares fallados por varias familias de discontinuidades pudiendo fallar en cualquier dirección, se utiliza para estimar las constantes  $m_i$ ,  $s$  y  $a$  en el criterio de Hoek-Brown. La clasificación GSI se estableció para abordar los dos factores principales, es decir, la estructura y el estado de las juntas, teniendo una influencia importante en las propiedades mecánicas de un macizo rocoso (Hoek-Brown, 2018).



**Figura 8.** Cuantificación GSI Mediante las Condiciones de las Discontinuidades y el RQD (Hoek, 2013).

**Tabla 5.** Clasificación Geomecánica de GSI.

Calidad del Macizo	Tipo	GSI
Muy mala	V	0-20
Mala	IV	21-40
Regular	III	41-60
Buena	II	61-80
Muy Buena	I	80-100

**Fuente:** Tomado de Hoek, (2013).

### Rock Quality Designation (RQD)

El RQD es uno de los sistemas más empleados para caracterizar el macizo rocoso, el valor del RQD es la relación que existe entre la suma de todo el fragmento de longitud mayor a 10cm entre el total del tramo tomado. (González de Vallejo, 2004).

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

Donde  $\lambda$  es el número promedio de discontinuidades por metro.

$$\lambda = \frac{N^{\circ} \text{ discontinuidades}}{(L)m}$$

**Tabla 6.** Clasificación del Índice de Calidad de la Roca (RQD).

Índice De Calidad R.Q.D (%)	Calidad	Clase	Valoración
100-90	Muy Buena	V	20
90-75	Buena	IV	17
75-50	Mediana	III	13
50-25	Mala	II	6
25-0	Muy Mala	I	3

**Fuente:** Tomado de González de Vallejo, (2004).

### 2.2.8 Mecanismos de Falla

El fallamiento es el producto de la combinación de diferentes factores tanto externos como internos que afectan la estabilidad, muchos de estos factores son los detonantes para la ocurrencia de deslizamientos en taludes y laderas.

#### **Factores condicionantes y detonantes en la estabilidad de taludes**

Según González de Vallejo (2004) la estabilidad de los taludes dependerá de factores geométricos, geológicos, hidrogeológicos y geotécnicos, o de aquellos relacionados con el comportamiento mecánico del terreno como: la resistencia y deformabilidad.

Los factores detonantes son los que activan los deslizamientos en forma instantánea o en forma progresiva, como la actividad antrópica, lluvias intensas, sismos, sobrecarga del talud, etc. (Suárez, 2009).

**Tabla 7.** Factores Condicionantes y Detonantes en la Estabilidad de Taludes

<b>Factores Condicionantes</b>	<b>Factores Detonantes</b>
- Estratigrafía y litología.	- Cargas dinámicas.
- Estructura geológica.	- Cambios en las condiciones hidrogeológicas
- Condiciones hidrogeológicas y comportamiento hidrogeológico de los materiales.	- Factores climáticos
- Propiedades físicas, resistentes y deformacionales.	- Variaciones en la geometría.
- Tensiones naturales y estado tensodeformacional.	- Reducción de parámetros resistentes

**Fuente:** Tomado de González de Vallejo, (2004).

#### **Rotura en Suelos**

Generalmente fallan a favor de las superficies curvas, existiendo deslizamientos de pie; formados por terrenos homogéneos, deslizamientos profundos; cuya rotura pasa por debajo del talud, rotura a favor de una superficie poligonal; cuando existen estratificaciones con diferente litología, rotura a favor del plano del talud; en laderas naturales con recubrimiento de suelo sobre roca (González de Vallejo, 2004).

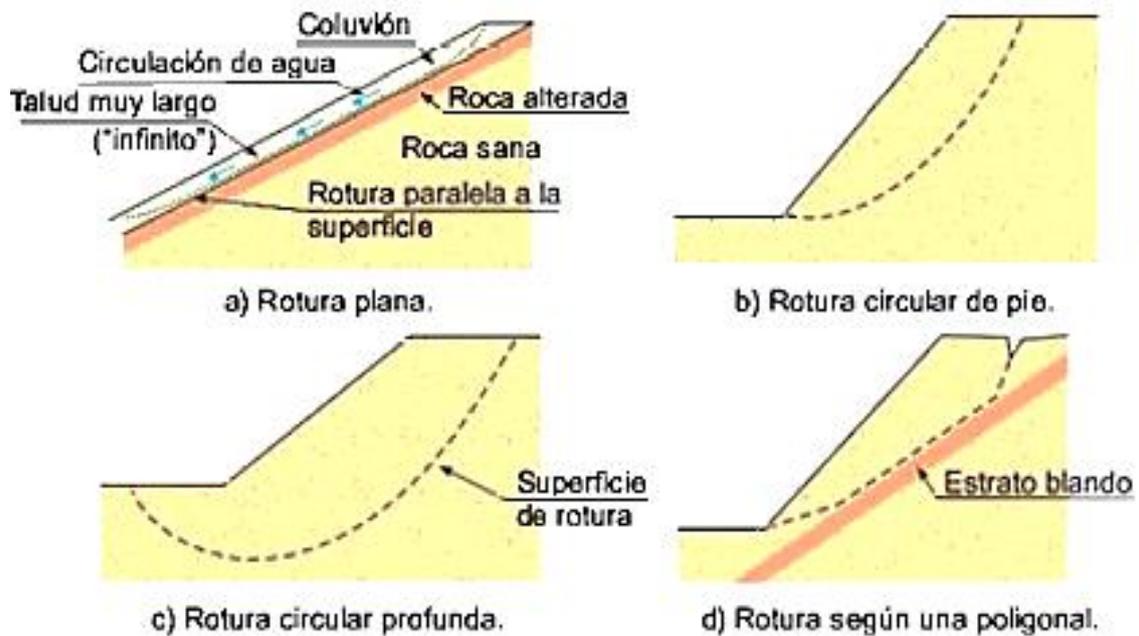


Figura 9. Tipos de Ruptura en Suelos (González de Vallejo, 2004).

### Rotura en Rocas

Los tipos de roturas en rocas depende del grado de fracturación del macizo rocoso, así como de la orientación y distribución de las discontinuidades con respecto al talud. Por ello, la estabilidad en taludes está en función de los parámetros resistentes de las discontinuidades y de la matriz rocosa.

- **Rotura planar:** el deslizamiento se realiza en dirección del buzamiento de las discontinuidades que buzan a favor del talud, el buzamiento es mayor que el ángulo de fricción.

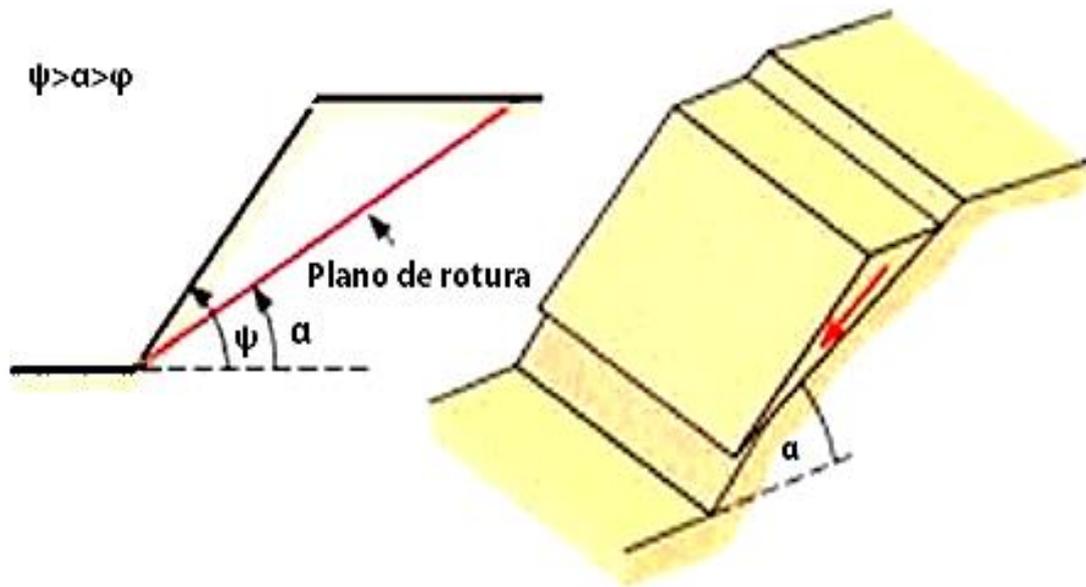


Figura 10. Rotura Planar (González de Vallejo, 2004).

- **Rotura en cuña:** la cuña se forma por dos planos de discontinuidades a favor de una línea de intersección, las discontinuidades deben estar aflorando en la superficie del talud para que ocurra el deslizamiento cumpliendo con las mismas condiciones que la rotura planar.

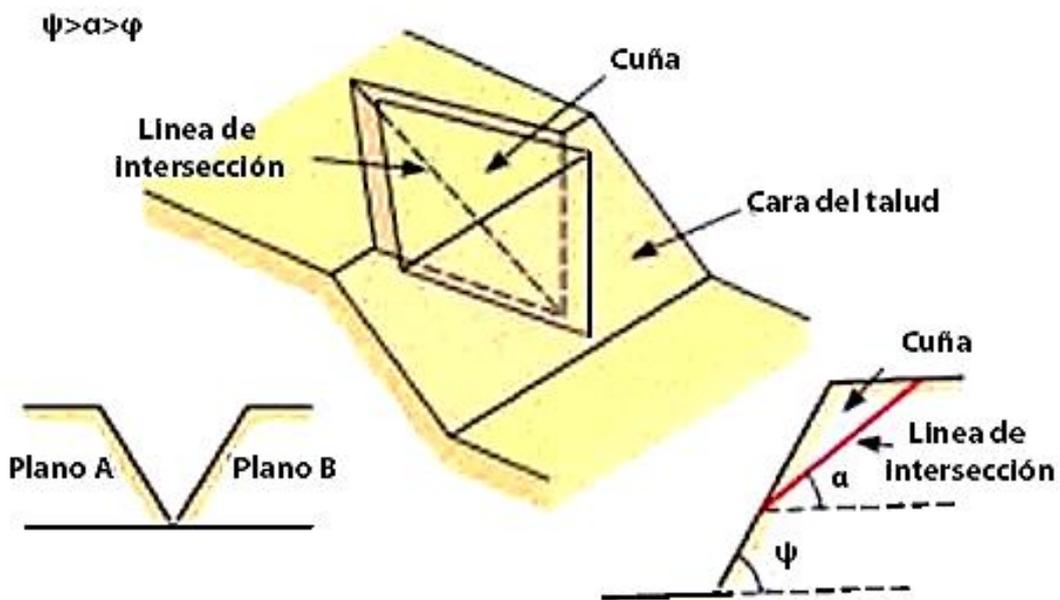
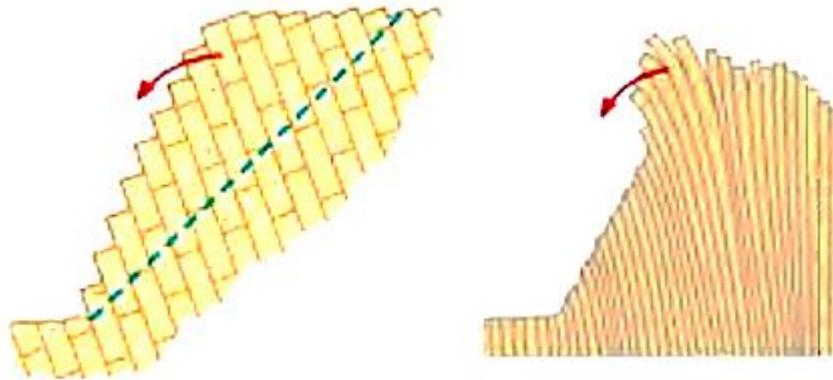


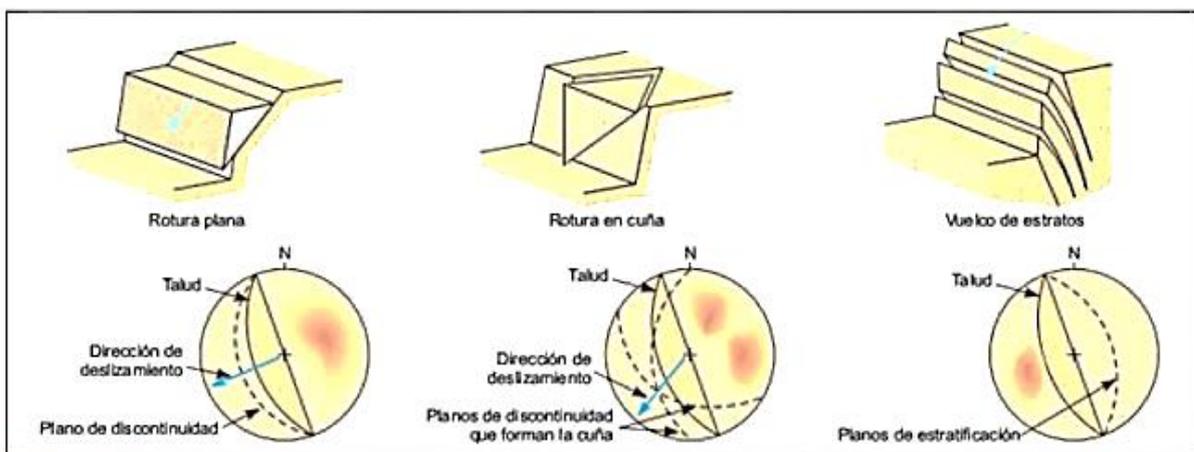
Figura 11. Rotura en Cuña (González de Vallejo, 2004).

- **Rotura por pandeo (toppling):** se produce cuando el buzamiento de los estratos es contrario a la inclinación del talud, la rotura se produce a favor de los planos de estratificación paralelos al talud, el buzamiento es mayor al ángulo de rozamiento interno.



**Figura 12.** Rotura por Pandeo (González de Vallejo, 2004).

La situación de los planos de rotura, en el caso de taludes sobre macizos rocosos competentes o resistentes, son determinados por las discontinuidades. En el caso de taludes sobre rocas poco competentes o blandas, la matriz rocosa es de gran importancia en el mecanismo y la generación de los planos de rotura.



**Figura 13.** Tipos de Ruptura en Roca y la Representación Estereográfica de los Planos de Discontinuidad (González de Vallejo, 2004).

## 2.2.9 Análisis de Estabilidad

El análisis se aplica a taludes que presentan problemas de inestabilidad, permitiendo determinar las medidas correctivas de estabilización para evitar nuevos movimientos; hay diversos métodos de análisis de estabilidad que permiten calcular el factor de seguridad, la elección del método dependerá de las características geológicas y geomecánicas de suelos y rocas (González de Vallejo, 2004).

La siguiente tabla muestra los principales métodos utilizados en el análisis de la estabilidad de taludes.

**Tabla 8.** Métodos de Análisis de Estabilidad de Taludes.

Método	Superficie de Falla	Equilibrio	Características
Talud infinito	Rectas	Fuerzas	Bloque delgado con nivel freático, falla paralela a la superficie.
Bloques o cuñas	Cuñas con tramos rectos	Fuerzas	Cuñas simples, dobles o triples, analizando las fuerzas que actúan sobre cada cuña.
Espiral logarítmica (Frohlich, 1953)	Espiral logarítmica	Fuerzas y momentos	Superficie de falla en espiral logarítmica. El radio de la espiral varía con el ángulo de rotación.
Arco circular, (Fellenius, 1922)	Circulares	Momentos	Círculo de falla, el cual es analizado como un solo bloque. Se requiere que el suelo sea cohesivo ( $\phi = 0$ ).
Ordinario o de Fellenius (Fellenius 1927)	Circulares	Fuerzas	No tiene en cuenta las fuerzas entre dovelas.
Bishop simplificado (Bishop 1955)	Circulares	Momentos	Asume que todas las fuerzas de cortante, entre dovelas, son cero.
Janbú Simplificado (Janbú 1968)	Cualquier forma	Fuerzas	Asume que no hay fuerza de cortante entre dovelas.
Sueco Modificado. U.S. Army Corps of Engineers (1970)	Cualquier forma	Fuerzas	Las fuerzas entre dovelas tienen la misma dirección que la superficie del terreno.
Lowe y Karafiath (1960)	Cualquier forma	Fuerzas	Las fuerzas entre dovelas están inclinadas en un ángulo igual al promedio de la superficie del terreno y las bases de las dovelas.
Spencer (1967)	Cualquier forma	Momentos y fuerzas	La inclinación de las fuerzas laterales son las mismas para cada tajada, pero son desconocidas.
Morgenstern y Price (1965)	Cualquier forma	Momentos y fuerzas	Las fuerzas entre dovelas, sea asume, que varían de acuerdo con una función arbitraria.
Sarma (1973)	Cualquier forma	Momentos y fuerzas	Utiliza el método de las dovelas en el cálculo de la magnitud de un coeficiente sísmico requerido para producir la falla.

**Fuente:** Tomado de Suárez, (2009).

## Método de equilibrio límite

Método más sencillo de utilizar que permite calcular el factor de seguridad y las propiedades de la resistencia al corte del suelo y el talud, permite analizar las fallas traslacionales, rotacionales, toppling y en cuñas.

**Tabla 9.** Método de Equilibrio Límite.

Método	Parámetros utilizados	Ventajas	Limitaciones
Límite de equilibrio	Topografía del talud, estratigrafía, ángulo de fricción, cohesión, peso unitario, nivel freático y cargas externas.	Existe una gran cantidad de paquetes de software. Se obtiene un número de factor de seguridad. Analiza superficies curvas, rectas, cuñas, inclinaciones, etc. Análisis, en dos o tres dimensiones con muchos materiales, refuerzos y condiciones de nivel de agua.	Genera un número único de factor de seguridad sin tener en cuenta el mecanismo de estabilidad. El resultado difiere de acuerdo con el método que se utilice, no incluye análisis de las deformaciones.

**Fuente:** Tomado de Suárez, (2009).

## Factor de seguridad (F.S.)

Factor de amenaza para que un talud falle en las peores condiciones, según Fellenius (1922) es la relación que existe entre la resistencia al corte real y los esfuerzos de corte actuantes (críticos).

$$F.S. = \frac{\text{Resistencia al corte disponible}}{\text{Esfuerzo al corte actuante}}$$

Se expresa también en momentos resistentes y actuantes:

$$F.S. = \frac{\text{Momento resistente disponible}}{\text{Momento actuante}}$$

Haciendo el uso de las técnicas de equilibrio límite analizamos los movimientos de taludes y laderas, este método supone que tanto las fuerzas actuantes y resistentes son iguales a lo largo de una superficie de falla con un factor de seguridad igual 1.0 (Suárez, 2009).

### 2.2.10 Zonas Sísmicas del Perú

El Perú se divide en 4 zonas basándose en la distribución espacial de la sismicidad observada. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2018).

**Tabla 10.** Zonas Sísmicas en Función a la Región, Provincia y Distrito.

The map shows four seismic zones across Peru: ZONA 1 (light green), ZONA 2 (green), ZONA 3 (yellow), and ZONA 4 (red). A legend indicates the following values for each zone:

ZONA	Color	Value
4	Red	0.45
3	Yellow	0.35
2	Green	0.25
1	Light Green	0.10

REGIÓN	PROVINCIA	DISTRITO	ZONA SÍSMICA	AMBITO
Cajamarca	Celendín	Celendín	3	Todos los distritos
		Chumuch		
		Cortegana		
		<b>Huasmín</b>		
		Jorge Chávez		
		José Gálvez		
		La Libertad de Pallan		
		Miguel Iglesias		
		Oxamarca		
		Sorochuco		
		Utco		

**Fuente:** Tomado de Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, (2018).

**Tabla 11.** Coeficientes Sísmicos.

a: Zonas sísmicas del Perú	b: Coeficiente de ampliación topográfica	c: Categoría de perfil estratigráfico
1= 0.10	1: Laderas y taludes con pendientes menores a 15°.	0: <b>S1</b> (Depósitos con niveles de más de 10m de arcillas/limos blandos con un índice de plasticidad alto (IP>40) y alto contenido de agua. <b>S2</b> (Depósitos de suelos licuefactables, arcillas sensibles)
2= 0.25		
3= 0.35	1.2: Laderas y taludes aislados con pendientes mayores a 15°.	1: <b>A</b> (Roca u otra formación geológica similar a roca, incluyendo como máximo 5 m de material más débil en superficie)
4= 0.45		
	1.4: Taludes y laderas con pendiente significativa menor grosor de cresta que de base, con pendientes mayores a 30°	1.25: <b>B</b> (Depósitos de arena muy densa, gravas, o arcilla muy dura, de decenas de metros de espesor caracterizado por un incremento de las propiedades mecánicas en profundidad). <b>C</b> (Depósitos de arena densa o media, grava o arcilla dura con un espesor de unas decenas hasta centenares de metros). <b>E</b> (Un perfil de suelo formado por una capa aluvial superficial.
		1.35: <b>D</b> (Depósitos de suelo suelto de cohesión media a no cohesivo, con o sin capas de débil cohesión, o de ligera a gran cohesión predominantemente).

**Fuente:** Tomado de LoadCap, (2014).

## 2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

**Deslizamiento:** movimiento de tierras, rocas o desmonte por acción de la gravedad, produciendo cambios en la morfología del terreno y diversos daños tanto ambientales como en obras de construcción civil (Suárez, 2009).

**Talud:** masa de tierra no plana que presenta pendientes o cambios significativos de altura, talud se define cuando se ha realizado de forma artificial (Suárez, 2009).

**Laderas:** masa de tierra no plana que presenta pendientes o cambios significativos de altura, ladera se define cuando se ha realizado de forma natural (Suárez, 2009).

**Macizos Rocosos:** son bloques de matriz rocosa que han sido separados por discontinuidades, mecánicamente se define macizos rocosos como medios discontinuos, anisótropos y discontinuos (González de Vallejo, 2004).

**Factor de seguridad:** es la relación entre las fuerzas resistentes y las fuerzas actuantes que tratan de producir una rotura a lo largo de una superficie de falla (Suárez, 2009).

**Falla:** movimiento de uno bloque con respecto a otro a través de un plano de falla producido por esfuerzos tectónicos, epirogenesis, orogenia, diastrofismo; generando discontinuidades en estructuras geológicas (Dávila, 2011).

**Geodinámica:** rama de la geología que estudia los fenómenos geológicos que causan las modificaciones en la superficie terrestre, producto de esfuerzos tectónicos internos y externos (Dávila, 2011).

**Geomorfología:** rama de la geología que estudia la forma del relieve terrestre causado por factores endógenos y exógenos, estos factores constructores modifican el paisaje en un largo periodo de tiempo geológico (Dávila, 2011).

**Estructuras:** disposición y arreglo de los materiales constituyentes de un determinado cuerpo rocoso, que determina las características del relieve de una determinada región (Dávila, 2011).

## **CAPÍTULO III.**

### **MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1 UBICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO**

##### **3.1.1 Ubicación Geográfica**

Geográficamente se encuentra ubicada en la cordillera occidental, flanco oriental de los Andes, al NE de la ciudad de Cajamarca a una altitud media de 3100 m.s.n.m. Las coordenadas de las progresivas que delimitan la zona de estudio en el Sistema UTM (Sistema de coordenadas universal), Datum WGS – 84 (Sistema de Coordenadas geográficas Mundial - 84) y zona 17S, se muestran en la siguiente tabla.

**Tabla 12.** Delimitación de la Zona de Estudio.

<b>Progresiva</b>	<b>Coordenadas UTM - WGS84</b>	
	<b>Norte</b>	<b>Este</b>
<b>Km 0+650</b>	9226064	806218
<b>Km 1+410</b>	9226374	805489

##### **3.1.2 Ubicación Política**

Políticamente, se encuentra ubicada en la región de Cajamarca, provincia de Celendín, entre los distritos de Huasmin y Sucre; específicamente a la margen derecha de la Quebrada Chahuayacu agua abajo a los alrededores del canal Sendamal – El Toro entre las progresivas del Km 0+650 al Km 1+410 (Ver Plano N°.1 de Ubicación).

#### **3.2 ACCESIBILIDAD**

La vía de acceso principal, a la zona de estudio, es la carretera asfaltada de Cajamarca – Celendín. Desde la ciudad de Cajamarca pasando por el distrito de La Encañada hasta aproximadamente el km 65 de la carretera anteriormente mencionada, en este punto se toma

un desvío por una trocha carrozable hasta recorrer aproximadamente 7 km para llegar al área de estudio.

**Tabla 13.** Accesibilidad.

Tramo	Tipo de vía	Distancia (Km)	Tiempo (min)
Cajamarca – km 65 de la Carretera a Celendín	Asfaltada	65	90
km 65 de la Carretera a Celendín – Zona de estudio	Trocha Carrozable	7	25

### 3.3 CLIMA Y VEGETACIÓN

EL área de estudio posee un clima templado, con una temperatura media anual de 13.7°. Donde las temperaturas generalmente varían de 5 °C a 21°C y rara vez baja a menos de 3°C o sube a más de 24°C. Los meses más lluviosos se presentan de octubre-abril, mientras que los meses de mayo-septiembre son con ausencia de lluvias.

La vegetación es diversa en su gran mayoría con árboles de aliso común, arbustos de todo tamaño, quinales, raigrás; en cuanto a sembríos: papa, olluco, oca, haba.



**Foto 1.** En la zona de estudio se observa los diferentes tipos de vegetación tales como alisos, quinales y raigrás. Ubicación E:805427 N:9226353 C:3146msnm.

### 3.3.1 METODOLOGÍA

#### 3.3.2 Tipo, Diseño y Método de Investigación

Considerando principalmente las características de Hernández Sampieri (2016) definimos la metodología a realizar en el proyecto de investigación.

**Tipo de investigación:** No experimental, dado que se pretende observar directamente la problemática del área de estudio, tal y como se da en su contexto natural, para la recolección de datos y su posterior análisis.

**Diseño de investigación:** Transversal, debido que el propósito de la presente investigación es describir las variables y analizar su incidencia e interrelación en un momento dado.

**Método de investigación:** Deductivo – inductivo, dado que tanto el método inductivo como el deductivo son estrategias de razonamiento lógico, que permiten utilizar premisas particulares o generales para llegar a una conclusión general o a una conclusión específica.

**Tabla 14.** Clasificación y Tipos de Investigación.

Clasificación	Tipo de Investigación
Según el nivel	No experimental
Según el diseño	Transversal
Método de investigación	Deductivo – inductivo

**Fuente:** Modificado de Sampieri, (2016).

#### 3.3.3 Población de Estudio

Laderas y taludes en los alrededores del canal Sendamal – El Toro entre las progresivas Km 0+650 – Km 1+410.

#### 3.3.4 Muestra

Puntos de control en laderas y taludes en zonas inestables cercanas a el canal Sendamal – El Toro entre las progresiva Km 0+650 – Km 1+410.

### 3.3.5 Unidad de Análisis

Las unidades litomorfoestructurales y factores desencadenantes de precipitación, infiltración y sismicidad.

## 3.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN

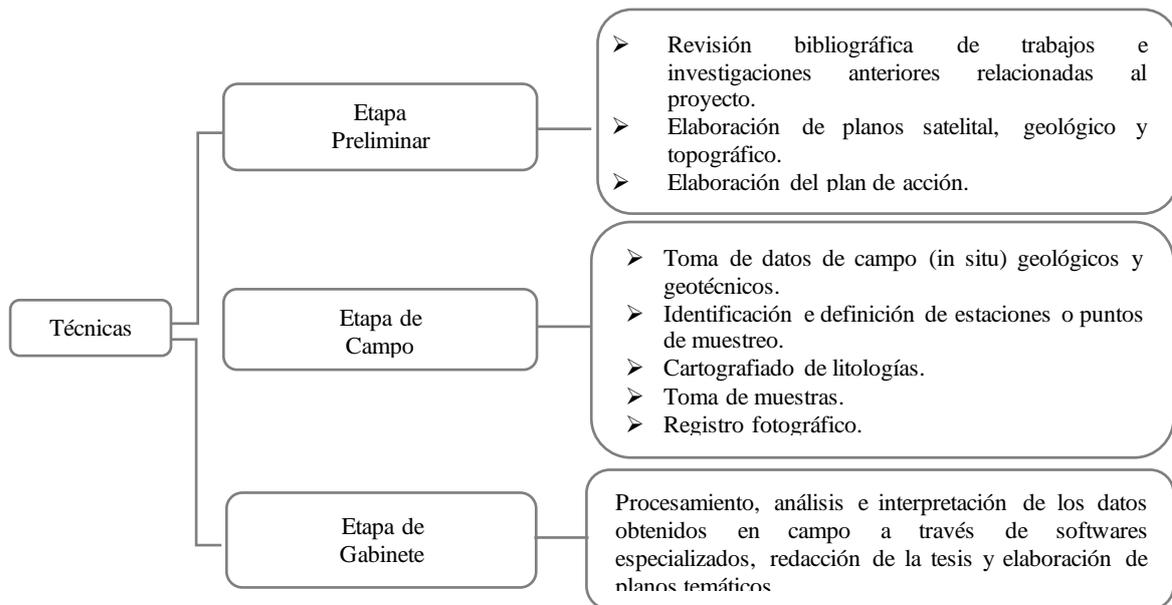
### 3.4.1 Técnicas

Para la realización del presente trabajo de investigación, se dividió en tres etapas que permitieran un adecuado desarrollo.

**Etapa preliminar:** orientada a la recolección de información bibliográfica relacionada al área de estudio y la problemática del trabajo de investigación (papers, tesis, revistas, cartas geológicas y boletines). Así mismo se elabora un plan de acción que permita una adecuada distribución del tiempo para las actividades de campo y de gabinete.

**Etapa de campo:** en esta etapa se realizan las salidas a campo para la recolección de datos, cartografiado, toma de muestras y fotografías; haciendo uso de fichas de Registro Geológico-Geotécnico (Rodríguez, 2016). GPS navegador, brújula geotécnica, protactor 1/1000, rayador, colores, libreta de campo, cámara fotográfica y bolsas para muestras.

**Etapa de Gabinete:** en esta etapa se realiza el procesamiento, análisis e interpretación de datos obtenidos en la etapa de campo y la posterior redacción de la tesis.



**Figura 14.** Técnicas de recolección de datos.

### 3.4.2 Instrumentos

**Brújula tipo Geotécnica:** instrumento empleado para la toma de datos de las orientaciones e inclinaciones de estructuras (fallas, fracturas, discontinuidades, juntas, foliaciones, etc.).

**GPS Garmin:** instrumento empleado para determinar la posición de todas las estaciones de investigación geotécnica y estructuras identificadas en campo, a través de coordenadas UTM (Universal Transversal de Mercator) en el sistema WGS-84.

**Picota o martillo de geólogo:** empleado para extraer muestras de rocas y suelos, así como para estimar de forma preliminar la resistencia de los macizos rocosos.

**Rayador y lupa:** instrumentos empleados para la identificación de minerales y rocas.

**Flexómetro de 5 m y Wincha de 50 m:** instrumentos usados para medir la longitud de las líneas de mapeo, potencia de estratos, espaciamiento y persistencia de las juntas.

**Cámara fotográfica digital:** empleado para la toma de fotografías de las estaciones de estudio o puntos de muestreo que permitan ilustrar gráficamente las características del macizo rocoso.



**Figura 15.** Instrumentos de Recolección de Datos.

### 3.4.3 Materiales

**Plano Satelital:** utilizado para el reconocimiento de posibles estructuras e identificación de zonas inestables y accesos del área de estudio.

**Plano Geológico:** proporciona una noción preliminar de los tipos de roca que afloran en la zona de estudio, así como de las estructuras tectónicas, contactos, etc.

**Plano Topográfico:** utilizado para el cartografiado de la geología local, y ubicar las estaciones de investigación geotécnicas y obtener cortes o secciones.

**Matriz para el Registro geológico – geotécnico (Rodríguez, 2016):** empleado para registrar la toma de datos de las estaciones de investigación geotécnica.

**Bolsas de polietileno para muestras:** empleadas para el almacenamiento y transporte de muestras representativas de suelos y rocas.

**Tablas y ábacos geomecánicos:** utilizados como guía para la estimación de las propiedades de la matriz rocosa y discontinuidades.

**Libreta de campo, lapiceros, plumones y colores:** materiales empleados registrar o dibujar las observaciones y medidas hechas en campo.



**Figura 3.3** Materiales de Recolección de Datos.

#### 3.4.4 Instrumentos de Procesamiento de Datos

**Software ArcGIS 10.8:** utilizado para la elaboración de los planos geológicos, geomecánicos y de investigaciones geotécnicas.

**Software SAS. Planet:** empleado para la obtención de imágenes satelitales de alta resolución del área de investigación.

**Software DIPS v.6.0:** utilizado para el análisis cinemático de la probabilidad de falla tipo planar, en cuña o vuelco de taludes.

**Software RocData v.5.0:** empleado para la determinación de las propiedades y parámetros de resistencia de la roca intacta, discontinuidades, macizos rocosos y suelos, de acuerdo al criterio de rotura Generalizado de Hoek-Brown.

**Software RocPlane v.3.0:** empleado en el análisis de estabilidad de fallas planares de taludes en distintos escenarios.

**Software SOedge v5.0:** usado en el análisis de estabilidad de cuñas superficiales en taludes.

**Software Slide v6.0:** software empleado para el análisis de estabilidad de taludes estático y pseudoestático mediante métodos de equilibrio límite.



**Figura 16.** Instrumentos de Análisis y Procesamiento de Datos.

### 3.5 ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE DATOS

El análisis y la interpretación de los datos se realizó en base a los resultados obtenidos durante el procesamiento de estos. Estos resultados, como el factor de seguridad y la calidad de las rocas, nos permitirán analizar el comportamiento geológico – geotécnico de la laderas y taludes, y así poder identificar aquellas áreas de mayor inestabilidad a lo largo del canal Sendamal – El Toro y alrededores.

### 3.6 TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS

El procesamiento y el análisis de datos se realizó en la etapa de Gabinete, a partir de los datos obtenidos en campo y ensayos de laboratorio. Los datos fueron procesados en una primera instancia en los softwares de Ms Excel y RocData, con el fin de evaluar la calidad de los macizos rocosos y parámetros de resistencia de la roca, posteriormente se utilizó los softwares Dips, SOedge, RocPlane y Slide, en el análisis cinemático de probabilidad de falla y la estabilidad de taludes. Finalmente, a partir de los resultados obtenidos se procedió a la

elaboración de planos a través del uso del software ArcGIS 10.8, así como la redacción del informe y presentación final con el uso de Microsoft Word y PowerPoint respectivamente.

### **3.7 GEOLOGÍA LOCAL**

Las unidades litológicas identificadas en el área de interés del proyecto se describen a continuación:

#### **3.7.1 Depósitos Cuaternarios Recientes**

##### **Depósitos Coluviales (Q-co)**

Constituidos por sedimentos de litología homogénea distribuidos sobre laderas y cubiertos por vegetación. Estos depósitos se componen de gravas angulosas soportadas en una matriz medianamente compactada.

##### **Depósitos Coluvio-Aluviales (Q-co-al)**

Depósitos constituidos por material proveniente de los deslizamientos progresivos de las laderas adyacentes a la Quebrada Chalhuayacu. Formado por material transportado y acumulado por acción de las precipitaciones y la gravedad en las partes inferiores de laderas. Consiste en gravas que van desde angulares a subredondeadas en una matriz de arcilla fina arenosa, poco consolidadas y de clastos de tamaño heterogéneo.

##### **Depósitos Aluviales (Q-al)**

Depósitos situados a largo de los márgenes de la Quebrada Chalhuayacu. Formados a partir de material con poco transporte y acumulado por acción de las precipitaciones y la gravedad. Consistente de gravas subredondeadas en una matriz arenosa y arcillosa, poco consolidados y clastos de tamaño heterogéneo.



**Foto 2.** Depósitos Coluviales, Coluvio-Aluviales y Aluviales en la zona de estudio.  
Ubicación E:805583 N: 922623 C: 3123 msnm.

### 3.7.2 Formación Yumagual (Ks-yu)

Constituido principalmente por cientos de metros de margas, calizas gris parduscas en bancos regularmente uniformes. Aflora en algunas partes del norte del Perú donde la Formaciones Yumagual es claramente divisible en la zona de estudio. Las características de los afloramientos rocosos de la Formación dependen de la litología local y por lo tanto es bastante variable, presenta escarpas más o menos pronunciadas, así como también terrenos ondulados. El efecto del intemperismo en las litologías de la Formación genera coloraciones que van desde crema a marrón claro (Wilson, 1984).

#### **Formación Yumagual (Ks-yu)**

En la zona de estudio la Formación Yumagual está litológicamente constituido por calizas grises en bancos regularmente uniformes, los espesores de los estratos varían entre 30 a 90cm, cubierto por depósitos cuaternarios y vegetación en las partes superiores de sus afloramientos.



**Foto 3.** Afloramiento de Calizas de la Formación Yumagual.  
Ubicación E: 805920 N: 9226157 C:3163msnm.

### **3.7.3 Volcánico Huambos (Ts-vh)**

Las rocas volcánicas de la zona de estudio corresponden al Volcánico Huambos pertenecientes al Terciario Superior, Dentro de la zona de estudio aflora secuencias de rocas piroclásticas, tobas, dacitas, traquiandesitas de color blanco amarillento que se encuentran erosionados por los procesos exógenos.

### **3.7.4 Dioritas del Neógeno Mioceno (Nm-di)**

Se encuentran intruyendo las litologías del Grupo Pulluicana, presentando un fuerte fracturamiento. En la zona de estudio estas dioritas del Neógeno Mioceno son equigranulares, gris verdosas, con cristales de plagioclasa y anfíbol.



**Foto 4.** Afloramiento de diques Dioríticos del Neógeno Mioceno.  
Ubicación E: 805688N: 9226237 C:31 35msnm.

### 3.8 GEOMORFOLOGÍA

#### 3.8.1 Unidades Morfogenéticas

Las unidades morfológicas identificadas en la zona de estudio fueron clasificadas tomando como referencia la altura y la pendiente de dichas unidades, es así que teniendo en cuenta la clasificación propuesta por Tapia-Varela y López-Blanco (2001) y el modificado de Rodríguez (2016), se determinaron las siguientes unidades: planicies, lomadas, laderas y escarpas (ver Tabla).

**Tabla 15.** Clasificación para Unidades Morfogenéticas

Pendiente	Descripción
0° - 8°	Planicies
8° - 20°	Lomadas
20° - 50°	Laderas
50°-90°	Escarpas

**Fuente:** Tomado de Rodríguez, (2016).

### **Planicies (0° - 8°)**

Conformadas por superficies homogéneas, ligeramente onduladas, con poca erosión y cubiertas por vegetación. Constituidas principalmente por depósitos aluviales y son usadas generalmente para actividades agrícolas y ganaderas. Representan el 4.477 % del área de estudio.

### **Lomadas (8° - 20°)**

Representadas por superficies homogéneas de pendientes suaves, con elevaciones de bajo ángulo de entre 10° a 17° y con geformas de tendencia cómica, Constituyendo el 28.973 % del área de estudio.

### **Laderas (20° - 50°)**

Representan el 58.381 % de la zona de estudio, conformadas por superficies relativamente inclinadas, constituidas litológicamente por rocas calcáreas cubiertas por depósitos coluviales y suelos eluviales producto de la meteorización.



**Foto 5.** Planicies, Lomadas y Laderas. Ubicación E: 806125 N: 9226164 C: 3194 msnm.

## Escarpas (50° - 90°)

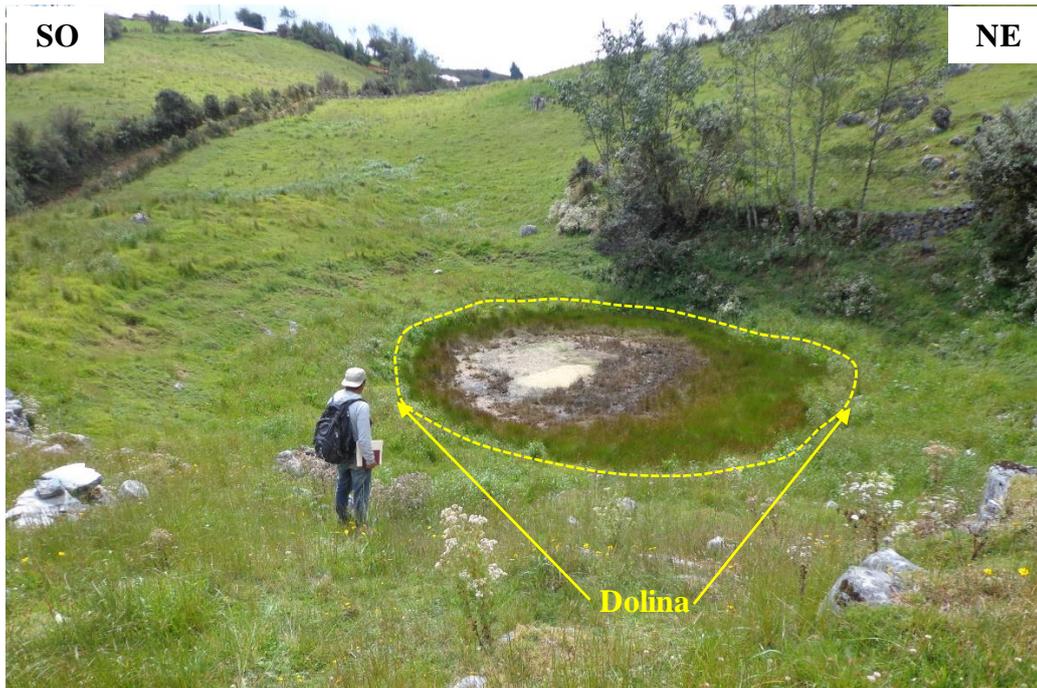
Conformadas por superficies fuertemente inclinadas y pendientes de 50° a más. Estas representan el 8.169 % del área de estudio. Son las unidades generadoras de inestabilidad y se encuentran cubriendo estratos del Grupo Pulluicana que en algunos sectores se encuentran con un alto grado de fracturamiento y meteorización.



**Foto 6.** Escarpas Bien Pronunciados del Grupo Pulluicana.  
Ubicación E:806229 N:9226058C: 3185m.

## Dolinas

Depresiones geológicas formadas por la acción de la meteorización química sobre las litologías de carácter cársticos. La zona de estudio presenta estas geoformas producto de la meteorización provocada por las precipitaciones sobre las rocas carbonatadas (calizas) del Grupo Pulluicana.



**Foto 7.** Dolinas en Rocas Carbonatadas de la Formación Yumagual.  
Ubicación E:805878 N:9226694 C: 3352msnm.

### 3.9 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

#### 3.9.1 Fallas

En la zona de estudio se observa una falla principal de tipo inversa con orientaciones de NO-SE, que influye directamente en el comportamiento de los deslizamientos que ocurren en la zona de estudio.

Los depósitos cuaternarios se encuentran afectados por fallas secundarias rotacionales siguiendo el mismo alineamiento que la falla principal (Ver Plano N°.5 Geológico-Estructural).

#### 3.9.2 Diaclasas

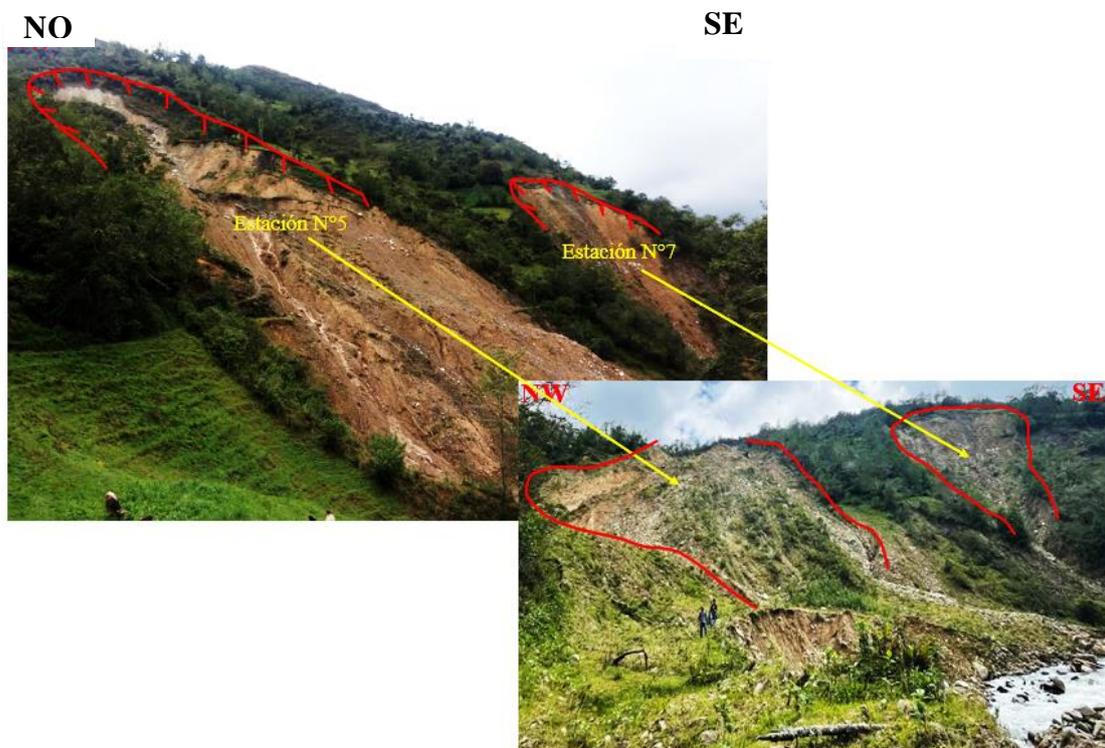
Los afloramientos rocosos del Grupo Pulluicana presentan diaclasamientos, formados en respuesta a la fatiga generada por los esfuerzos tectónicos. Estas estructuras son visibles en los taludes y laderas constituidas litológicamente por calizas del Grupo Pulluicana.

### 3.10 GEODINÁMICA

En la zona de estudio se evidencia deslizamientos activos (Dz-A), paleodeslizamientos (P-Dz), generando inestabilidad.

#### 3.10.1 Deslizamientos Activos (Dz-A)

En la zona de estudio se evidencia 5 deslizamientos activos (Dz-A), dos de ellos son de gran magnitud el cual son los puntos de análisis, la dirección de movimiento son de NE-SO, el deslizamiento de la Estación N°5, cuenta con una planicie intermedia, así mismos su longitud promedio es de 391 m, con un ancho promedio de 105 m, con una profundidad promedio de 12m en el escarpe principal, mientras que el deslizamiento de la Estación N°7, cuenta con una longitud promedio de 183m, con un ancho promedio de 66m, con una profundidad promedio de 10m en el escarpe principal, cabe resaltar que estos eventos tienen lugar en depósitos Cuaternario-Coluviales (Q-cl).



**Foto 8.** Deslizamientos activos en la Estación N°5 y en la Estación N°7.

### 3.10.2 Paleodeslizamiento (P-Dz)

En la zona de estudio se evidencia 3 deslizamientos rotacionales antiguos, la evidencia es clara por el escarpe que a lo largo del tiempo ha sido erosionado, las pendientes son menores a los deslizamientos activos debido a las acciones antrópicas realizadas en la zona y a la gran vegetación que cubre por completo las áreas en mención, el paleodeslizamiento en la Estación N°6, cuenta con una longitud promedio de 314m, con un ancho promedio de 150m, con una profundidad promedio de 5 a 6m, de igual forma estos eventos tienen lugar en estos eventos tienen lugar en depósitos Cuaternario-Coluviales (Q-cl).

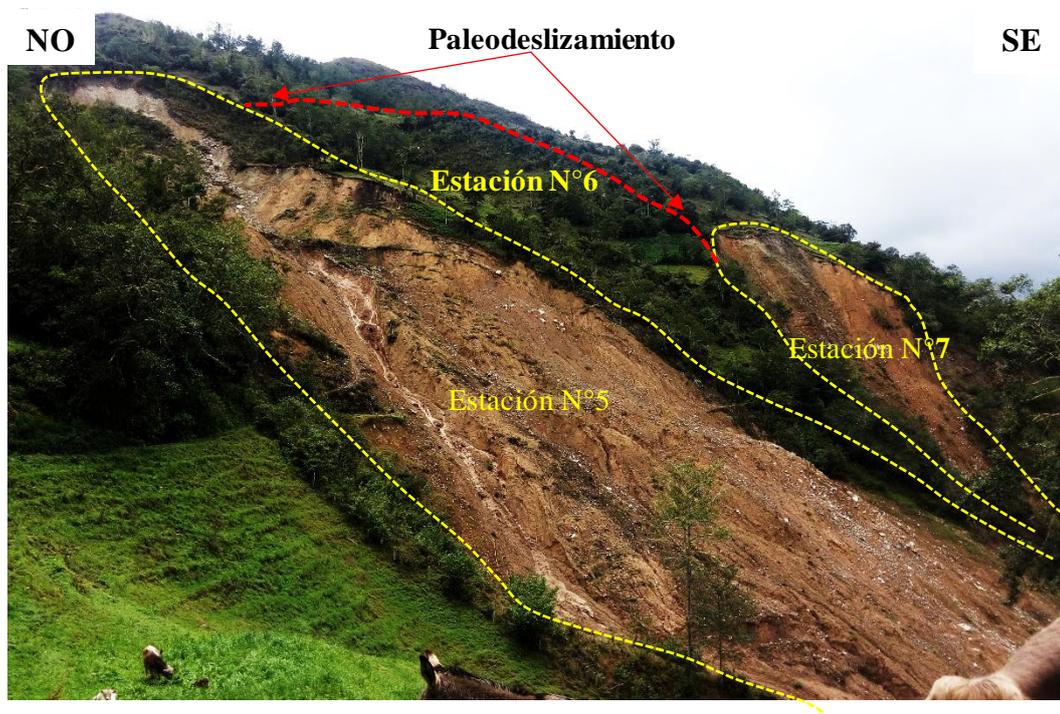
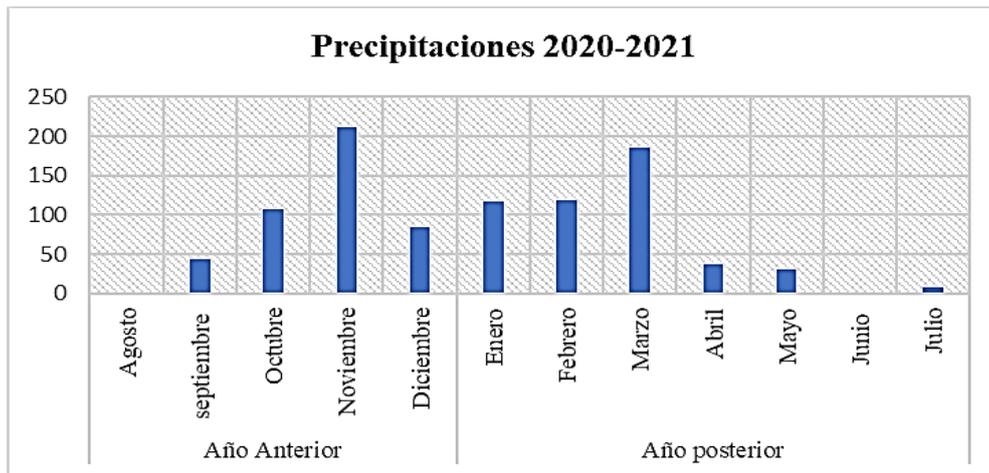


Foto 9. Paleodeslizamientos en la Estación N°6.

## 3.11 HIDROLOGÍA

### 3.11.1 Precipitación

Según SENAMHI la precipitación media anual es de 915 mm, con un periodo de lluvias que inicia en el mes de setiembre y aumenta entre los meses de diciembre a marzo y posteriormente descienden entre abril y mayo; las cuales afectan las condiciones geomecánicas de rocas y suelos que se encuentran en los taludes, laderas, definiendo el comportamiento geológico geotécnico en los alrededores del canal Sendamal el Toro.



**Figura 17.** Representación gráfica de las precipitaciones en mm. (SENAMHI 2020-2021).

### 3.11.2 Infiltración

En la parte superior de los deslizamientos se observa dolinas en rocas carbonatadas fuertemente fracturadas donde en época de lluvia se deposita gran cantidad de agua, el cual infiltra a través de las fracturas y poros de las rocas apareciendo en la base de los escarpes, afectando los parámetros geomecánicos como la cohesión y ángulo de fricción, siendo evidentemente los responsables de la inestabilidad de taludes y laderas en la zona de estudio.



**Foto 10.** En “a” se observa dolinas donde se deposita agua de lluvia, en “b” filtración de agua en terrenos agrícolas y en “c” filtración de agua en deslizamientos activos.

### 3.12 ESTUDIO GEOTÉCNICO

Para realizar el análisis de inestabilidad de laderas y taludes se ha identificado en campo las variables Geoestructurales, Geomorfológicas, Geodinámicas, Geomecánicas e Hidrogeológicas cual se asocian e interaccionan para generar factores desencadenadas y crear inestabilidad en los alrededores del Canal Sendamal el Toro.

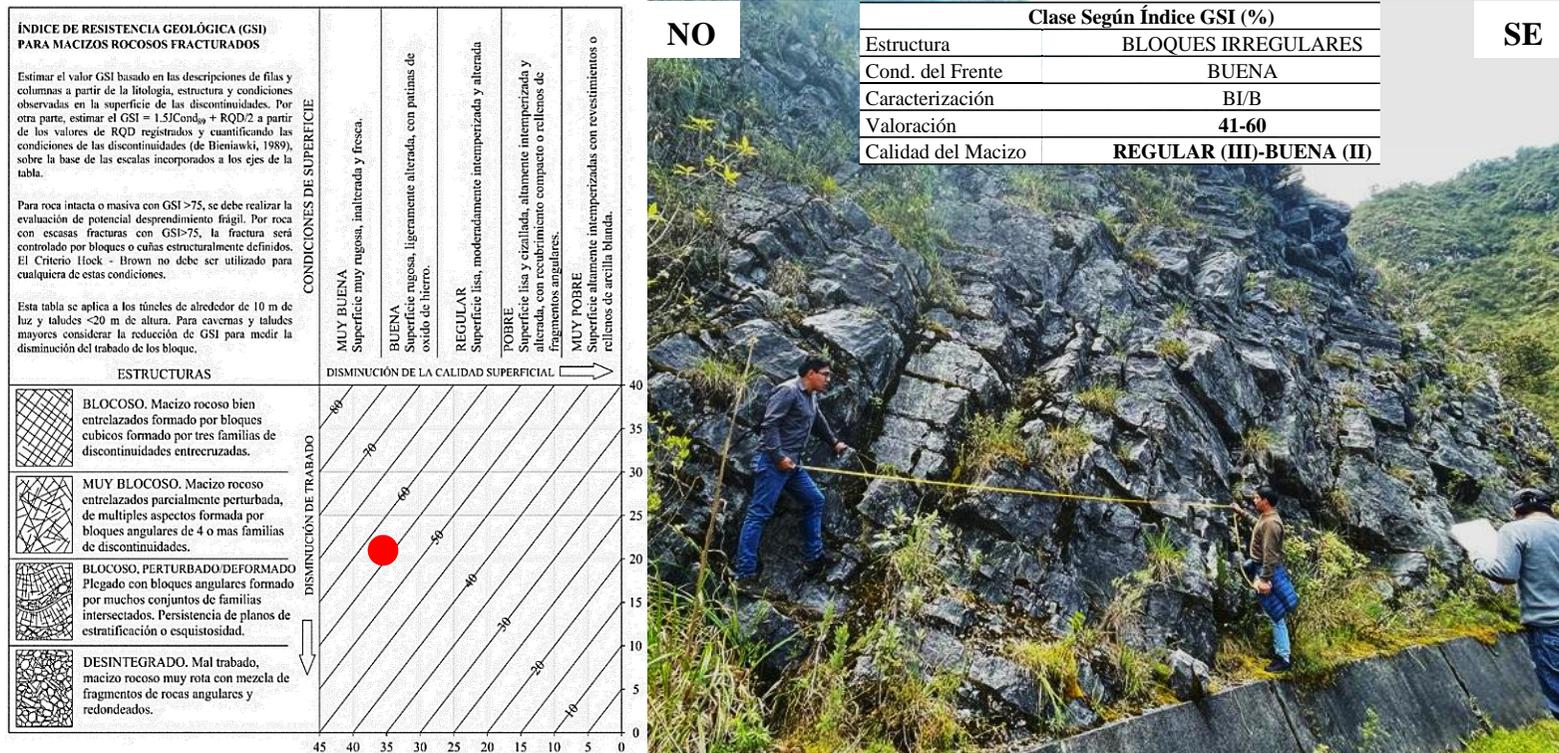
Para obtener los valores numéricos del factor de seguridad se tomó en cuenta lo siguiente:

- Parámetros recalculados del Software RocData.
- Parámetros obtenidos de los ensayos de suelos.
- El nivel freático.
- Coeficiente de aceleración sísmica.

De acuerdo con la zonificación sísmica del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2019), la región Cajamarca se encuentra en la zona 3 con una aceleración máxima de 0.35, y la investigación se encuentra en la misma zona; Para el cálculo del coeficiente de Aceleración Sísmica Horizontal y Vertical se tomó el criterio de Rodríguez (2016), coeficiente de aceleración sísmica horizontal: 0.175, coeficiente de aceleración sísmica vertical: 0.088.

### 3.12.1 Estación N° 01:

El macizo rocoso se ubica en la Progresiva Km 1+000 a la margen derecha del Canal Sendamal El Toro, encontrándose tres familias de discontinuidades. Litológicamente está conformado por rocas carbonatadas del Formación Yumagual (Ks-yu), con espesores que varían entre 30 a 90 centímetros, levemente meteorizadas, fracturadas, donde la estratificación posee una orientación N 85° con una inclinación promedio de 35° y cubiertas por depósitos cuaternarios en las partes superiores del talud.



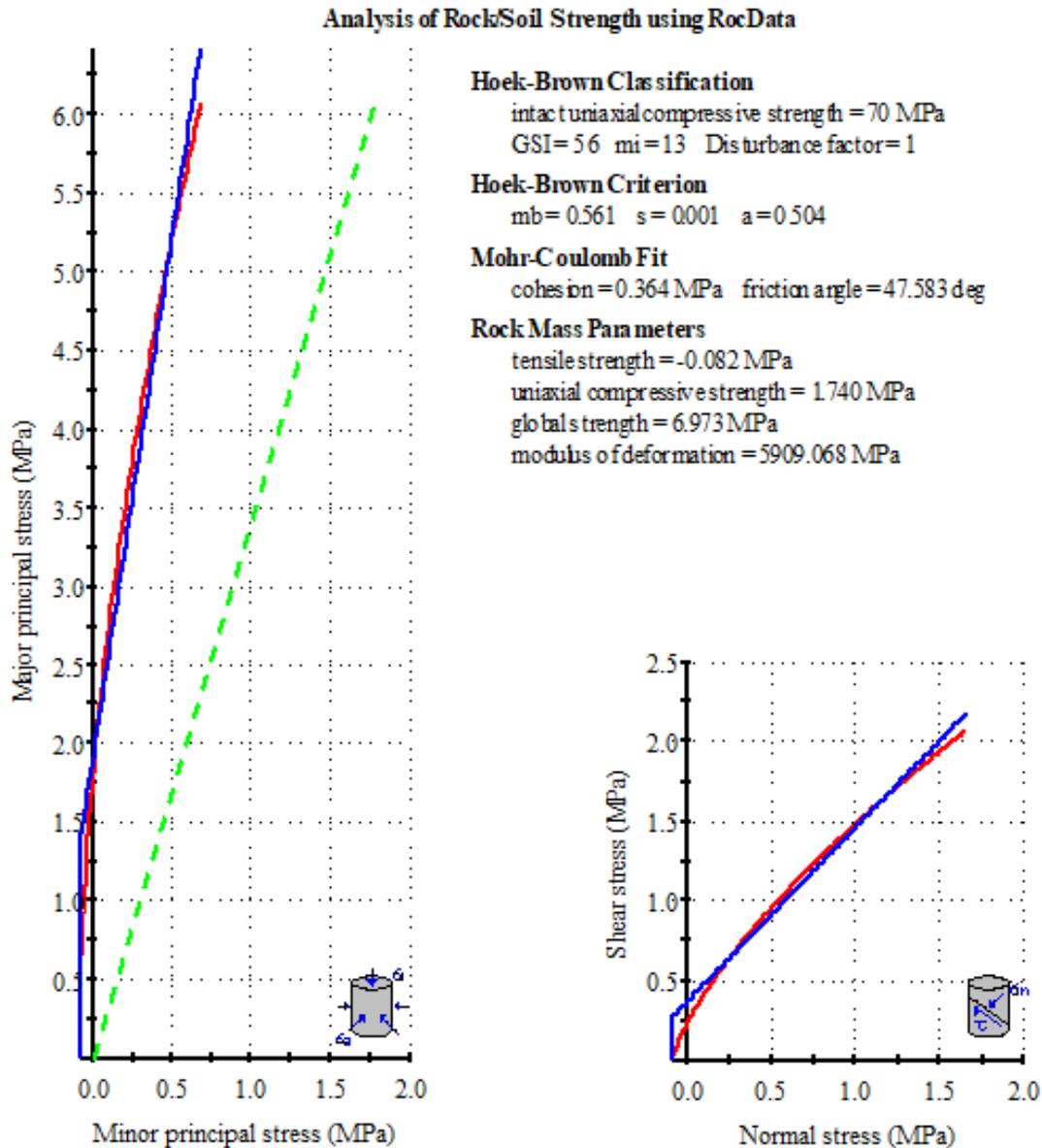
**Foto 11.** Afloramiento de Ks-yu conformado por familias de discontinuidades y determinación del GSI en base a una descripción geológica del macizo en la Estación N°1.

**Tabla 16.** Estimación del Geological Strentgh Index (GSI) en la Estación N° 01

<b>Cálculo del RQD</b>					
RQD=100*e <sup>(-0.1λ)</sup> *(0.1λ+1)	LONGITUD	(ND)	λ	RQD (%)	
	3.5	48	13.7	<b>60.2-MEDIA III</b>	
<b>Clasificación de Condiciones de las Discontinuidades BIENIAWSKI (1989)</b>					
Longitud de la Discontinuidades	Abertura	Rugosidad	Relleno	Alteración	Valoración JCond <sub>89</sub>
2.67	3.67	3	2.67	5	<b>17.01</b>
<b>GSI = 1.5JCond<sub>89</sub> + RQD/2 = 55.6 - REGULAR</b>					

**Tabla 17.** Valoración del Macizo Rocoso de la Estación N° 01.

<b>Clasificación Promedio RMR de Bieniawski (1989)</b>			
PARÁMETRO	RANGOS	VALOR	
RESIST.COMP. UNIAXIAL (Mpa)	100-50	7	
RQD (%)	50%-75%	13	
SEPARACIÓN ENTRE DIACLASAS (m)	0.2-0.6 m	10	
CONDICIONES DE JUNTAS	PERSISTENCIA	1-3 m, 10-20 m	2.67
	ABERTURA	< 0.1 mm, 1-5 mm	3.67
	RUGOSIDAD	Rugoso	5
	RELLENO	Rell.Blan< 5 mm	2.67
	ALTERACION	Mod.Alte	5
AGUA SUBTERRANEA	Lig.Hum	10	
<b>VALOR TOTAL RMR</b>		<b>59.01</b>	
<b>CALIDAD DE MACIZO ROCOSO</b>		<b>MEDIA-III</b>	

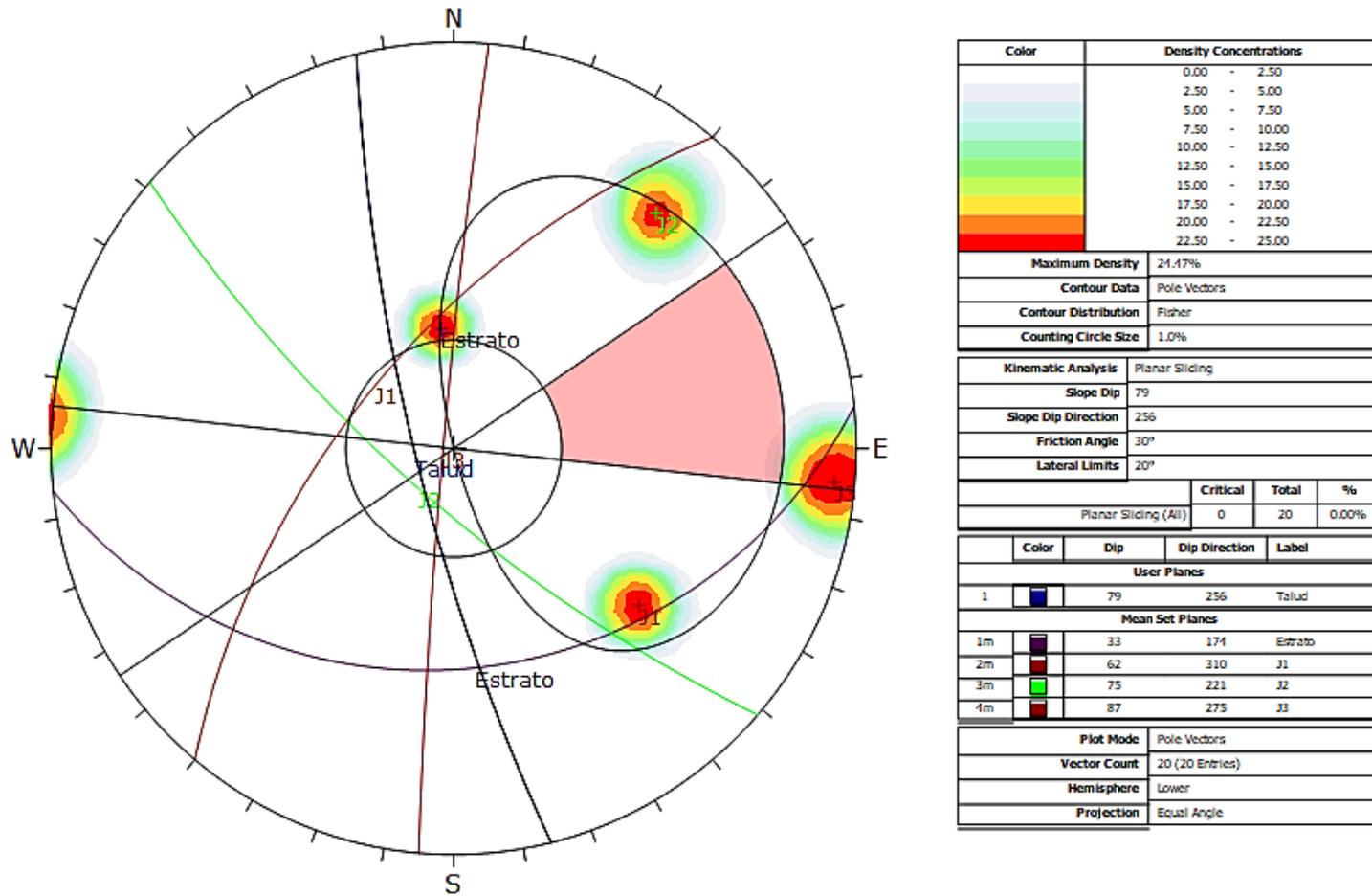


**Figura 18.** En el gráfico de la izquierda se representa los esfuerzos principales mayores y menores, en la derecha se representan los esfuerzos normales y cortantes en rocas carbonatadas del Formación Yumagual (Ks-yu) de la Estación N°1.

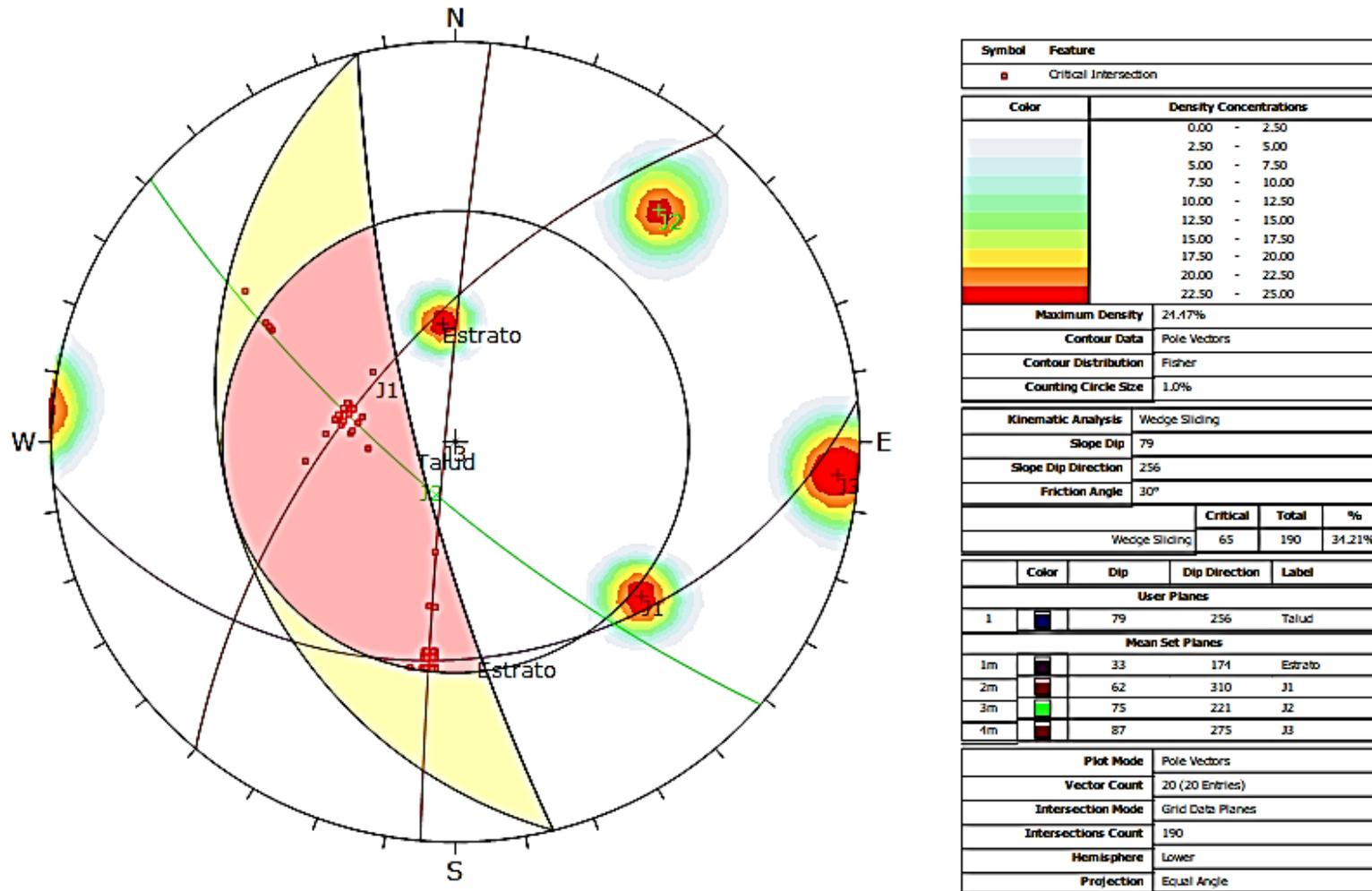
Utilizando el software RocData determinamos las propiedades geomecánicas del macizo rocoso el cual nos muestra los parámetros de Hoek-Brown,  $m_b = 0.561$ ,  $s = 0.001$  y Mohr Coulomb, Angulo de fricción = 47.583°, cohesión = 0.364Mpa.

La envolvente de color azul representa la línea de Morh Coulomb y la curva de color rojo representa la gráfica de Hoek-Brown, la línea Mogi de color verde se encuentra por debajo de la envolvente de las tenciones principales que nos indica comportamiento frágil.

## Análisis Cinemático



**Figura 19.** Análisis Cinemático de la Estación N° 01 para Falla del Tipo Planar, donde se puede observar que la probabilidad de falla es de un 0% dado que la orientación de las discontinuidades no la favorecen la formación de este tipo de fallas, con un ángulo de fricción de 35°.



**Figura 20.** Análisis Cinemático de la Estación N° 01 para Falla de Tipo cuña, donde se puede observar la intersección entre las discontinuidades J3-estrato y J1-J2, con un ángulo de fricción de 35°, favoreciendo así la generación de este tipo de falla con un 34.21% de probabilidad.

### 3.12.2 Estación N° 02:

El macizo rocoso se ubica en la Progresiva Km 1+095 a la margen derecha del Canal Sendamal el Toro, conformado por tres familias de discontinuidades. Litológicamente está conformado por rocas carbonatadas del Formación Yumagual (Ks-yu).

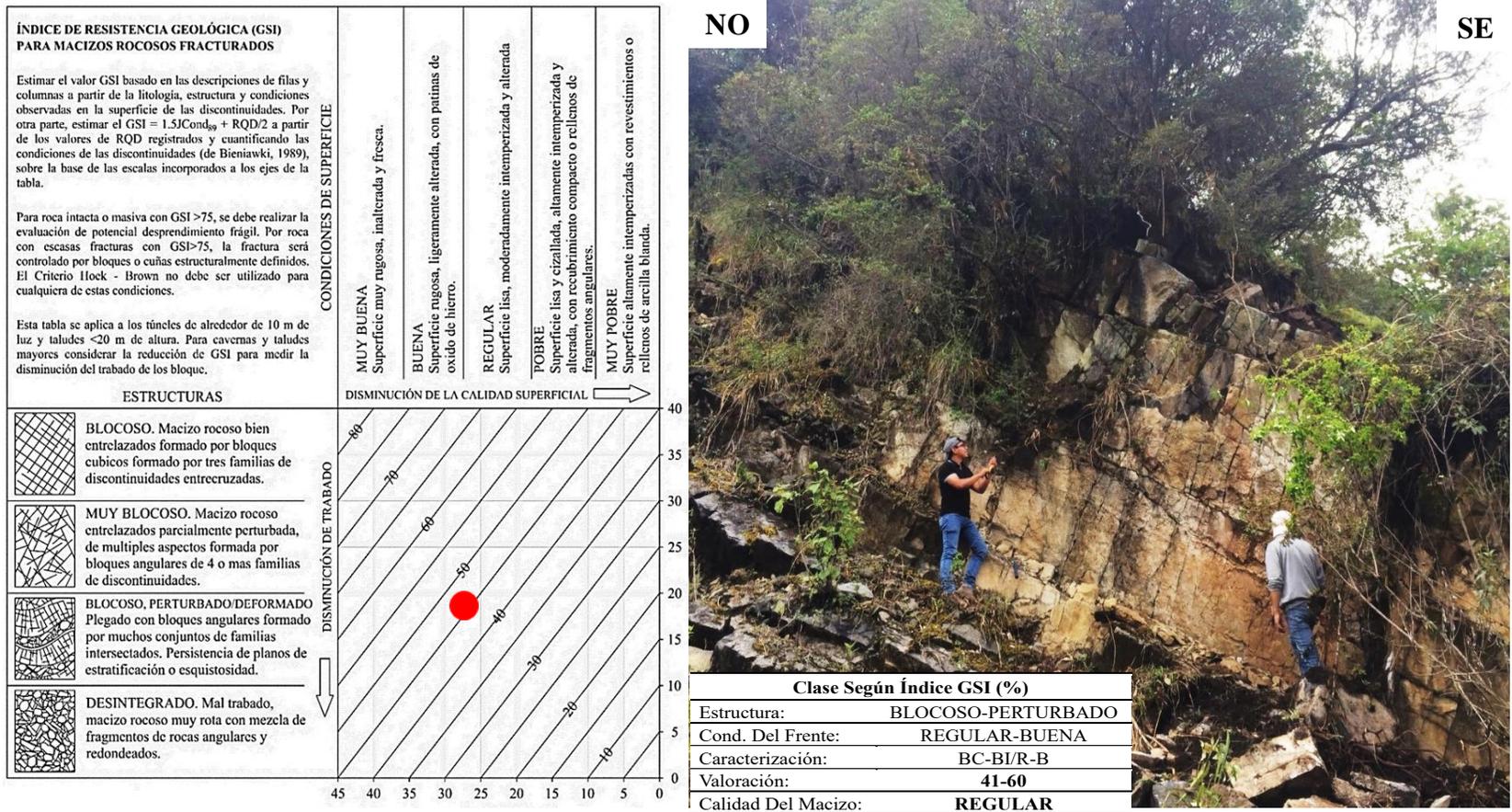


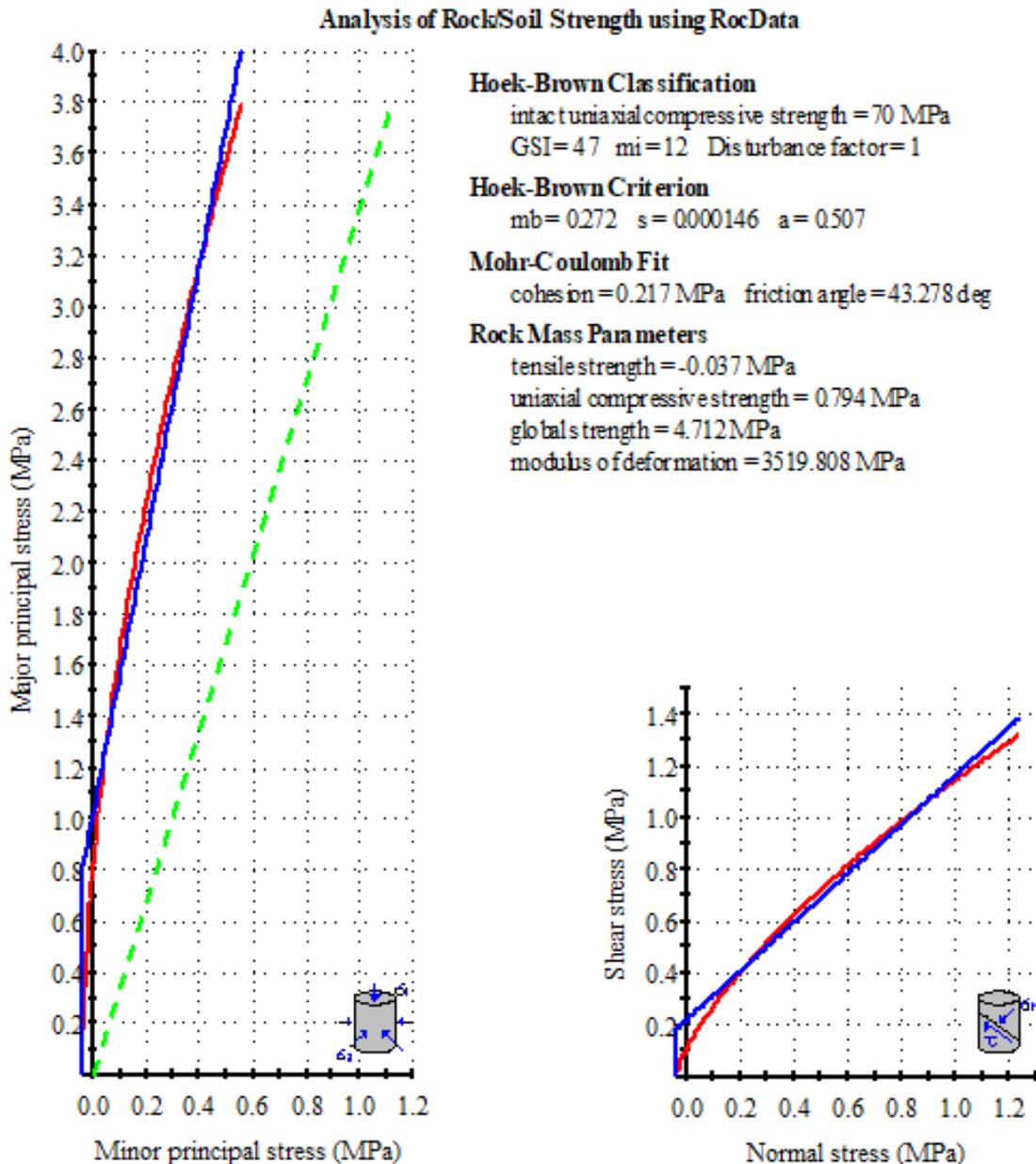
Foto 12. Afloramiento de Ks-yu conformado por familias de discontinuidades y determinación del GSI en base a una descripción geológica del macizo en la Estación N°2.

**Tabla 18.** Estimación del Geological Strength Index (GSI) en la Estación N°02.

<b>Cálculo del RQD</b>					
$RQD=100 * e^{(-0.1\lambda)} * (0.1\lambda + 1)$	LONGITUD	(ND)	$\lambda$	RQD (%)	
	2.5	42	16.8	<b>49.9-MEDIA III</b>	
<b>Clasificación de Condiciones de las Discontinuidades BIENIAWSKI (1989)</b>					
Longitud de la Discontinuidades	Abertura	Rugosidad	Relleno	Alteración	Valoración JCond <sub>89</sub>
2	3	3	2	5	<b>15</b>
<b>GSI = 1.5JCond<sub>89</sub> + RQD/2 = 47.45- REGULAR</b>					

**Tabla 19.** Valoración del Macizo Rocoso de la Estación N°02.

<b>Clasificación Promedio RMR de Bieniawski (1989)</b>			
PARÁMETRO	RANGOS	VALOR	
RESIST.COMP. UNIAXIAL (Mpa)	100-50	7	
RQD (%)	50%-75%	13	
SEPARACIÓN ENTRE DIACLASAS (m)	0.2-0.6 m	10	
<b>CONDICIONES DE JUNTAS</b>	PERSISTENCIA	1-3 m, 10-20 m	2
	ABERTURA	< 0.1 mm, 1-5 mm	3
	RUGOSIDAD	Rugoso	5
	RELLENO	Rell.Blan < 5 mm	2
	ALTERACION	Mod.Alte	5
AGUA SUBTERRANEA	Hum.	7	
<b>VALOR TOTAL RMR</b>		<b>54</b>	
<b>CALIDAD DE MACIZO ROCOSO</b>		<b>MEDIA-III</b>	



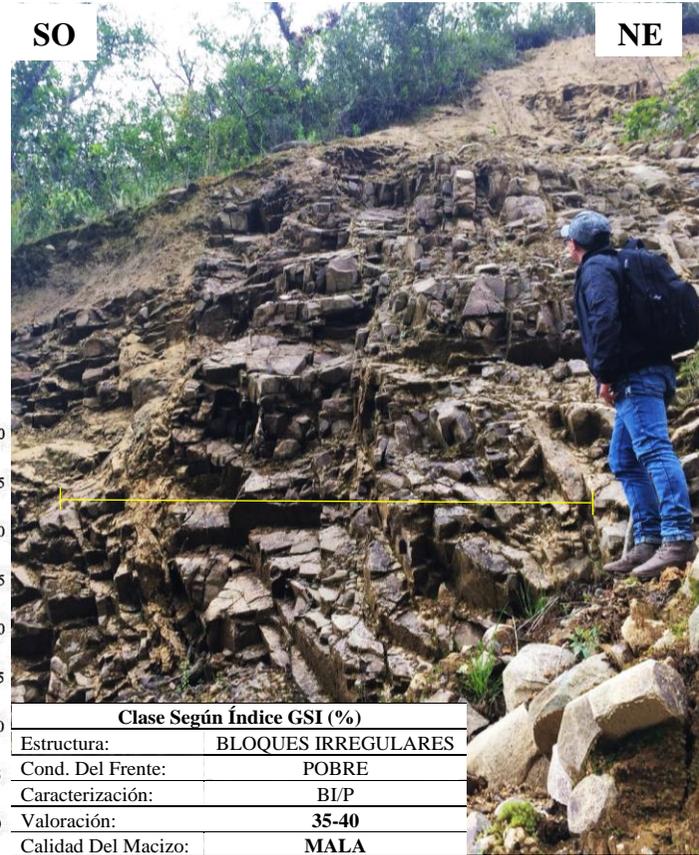
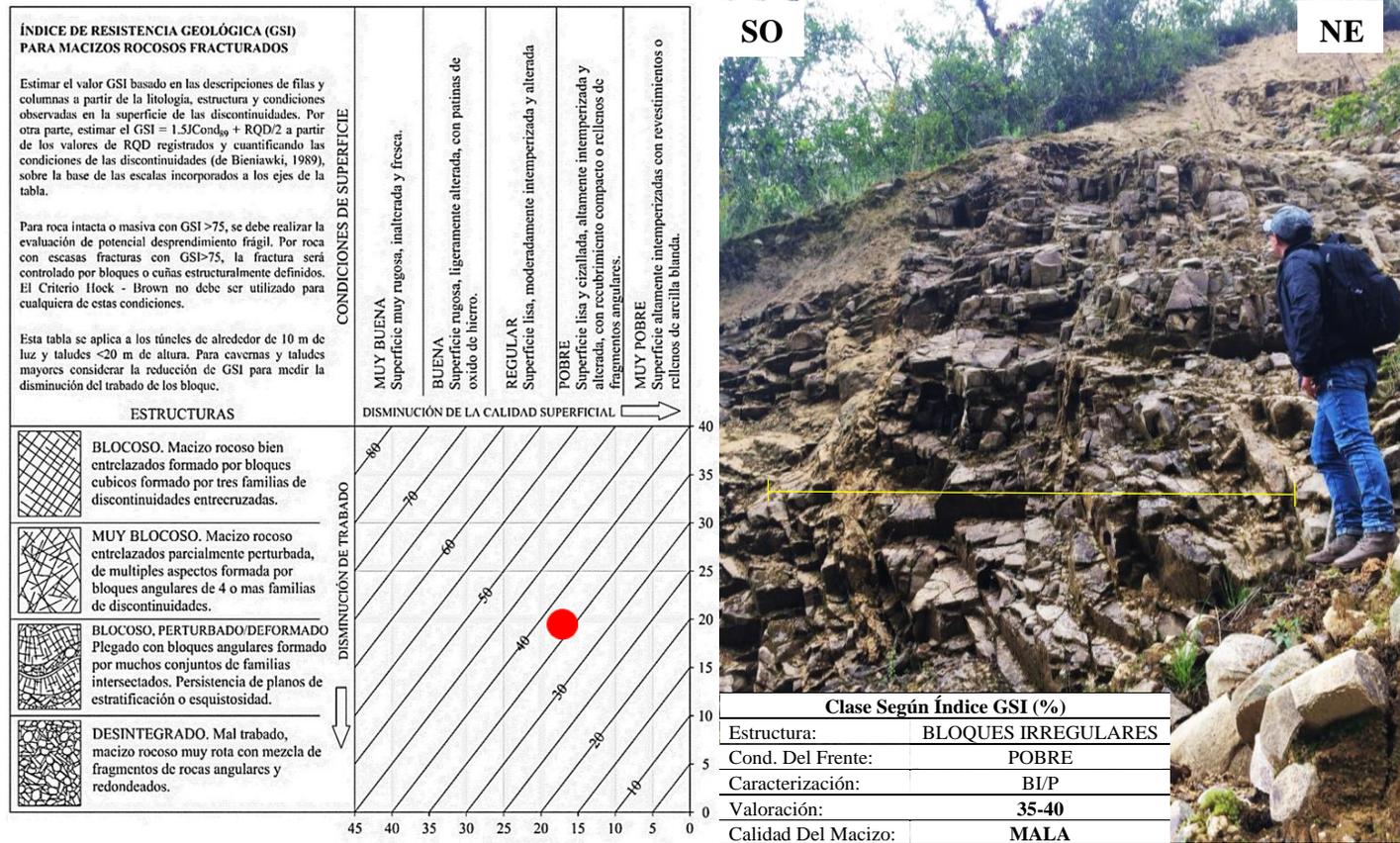
**Figura 21.** En el gráfico de la izquierda se representa los esfuerzos principales mayores y menores, en la derecha se representan los esfuerzos normales y cortantes en rocas carbonatadas del Formación Yumagual (Ks-yu) de la Estación N° 02.

Utilizando el software RocData determinamos las propiedades geomecánicas del macizo rocoso el cual nos muestra los parámetros de Hoek-Brown,  $m_b = 0.272$ ,  $s = 0.000146$  y Mohr Coulomb, Angulo de fricción =  $43.278^\circ$ , cohesión =  $0.217\text{MPa}$ .

La envolvente de color azul representa la línea de Mohr Coulomb y la curva de color rojo representa la gráfica de Hoek-Brown, la línea Mogi de color verde se encuentra por debajo de la envolvente de las tensiones principales que nos indica comportamiento frágil.

### 3.12.3 Estación N° 03:

El macizo rocoso se ubica en la Progresiva Km 1+190 a la margen derecha del Canal Sendamal el Toro a la derecha del D2. Litológicamente está conformado por rocas dioríticas (Nm-di).



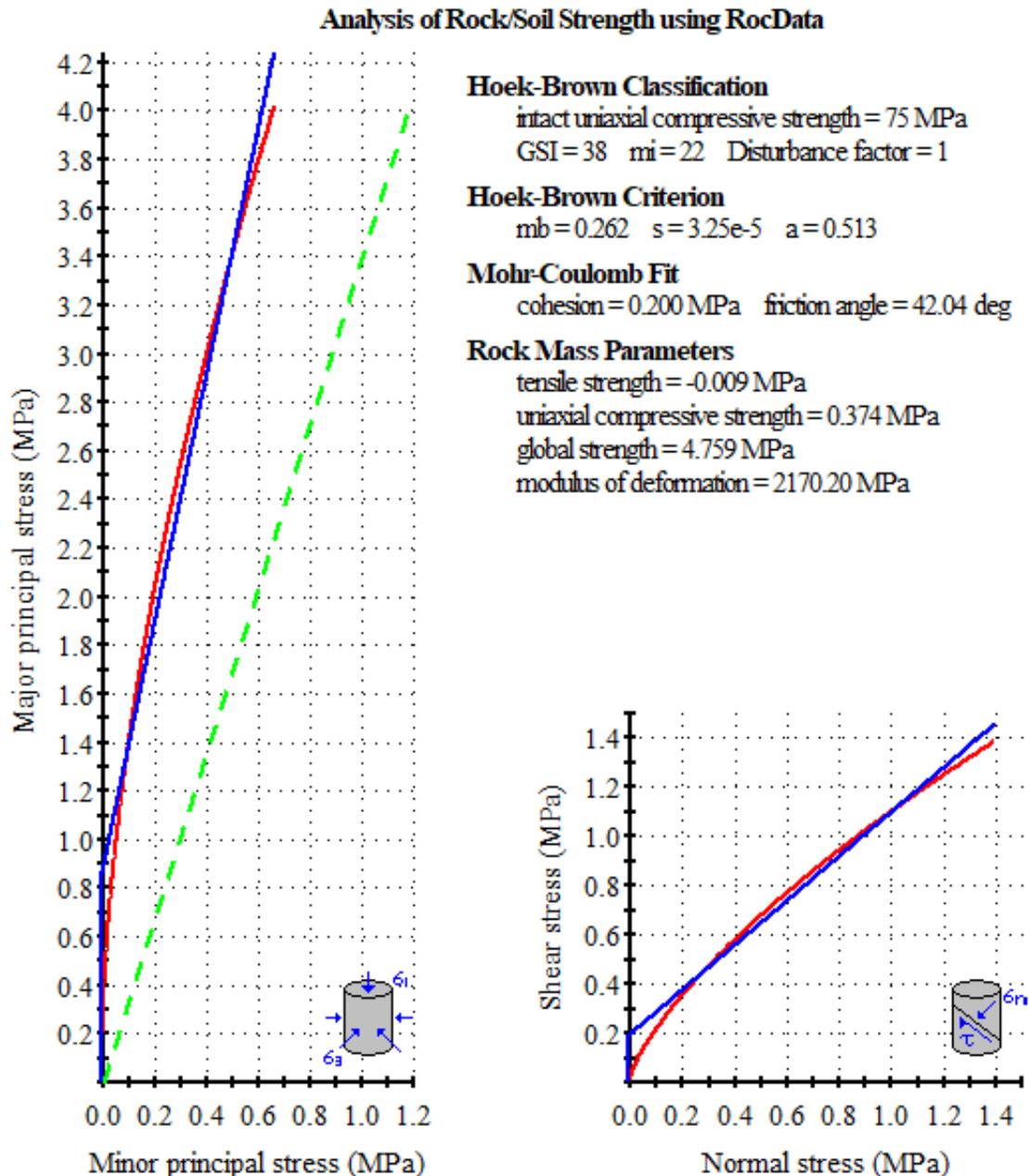
**Foto 13.** Afloramiento de Nm-di conformado por familias de discontinuidades y determinación del GSI en base a una descripción geológica del macizo en la Estación N°3.

**Tabla 20.** Estimación del Geological Strength Index (GSI) en la Estación N° 03.

<b>Cálculo del RQD</b>					
$RQD=100 * e^{(-0.1\lambda)} * (0.1\lambda + 1)$	LONGITUD (ND)	$\lambda$	RQD (%)		
	2,4	52	23,2	<b>32,60</b>	
<b>Clasificación de Condiciones de las Discontinuidades BIENIAWSKI (1989)</b>					
Longitud de la Discontinuidades	Abertura	Rugosidad	Relleno	Alteración	Valoración JCond <sub>89</sub>
4	1	3	2	3	<b>13</b>
<b>GSI = 1.5JCond<sub>89</sub> + RQD/2 = 35.8</b>					

**Tabla 21.** Valoración del Macizo Rocoso de la Estación N° 03.

<b>Clasificación RMR de Bieniawski (1989)</b>			
PARÁMETRO	RANGOS	VALOR	
RESIST.COMP. UNIAXIAL (Mpa)	100-50	7	
RQD (%)	25% -50%	6	
SEPARACIÓN ENTRE DIACLASAS (m)	0.06-0.2 m	8	
CONDICIONES DE JUNTAS	PERSISTENCIA	1-3 m	4
	ABERTURA	1-5 mm	1
	RUGOSIDAD	Lig.rug	3
	RELLENO	Rell.Blan < 5 mm	2
	ALTERACION	Mod.Alte	3
AGUA SUBTERRANEA	Lig.Hum	10	
<b>VALOR TOTAL RMR</b>		<b>44</b>	
<b>CALIDAD DE MACIZO ROCOSO</b>		<b>MEDIA-III</b>	



**Figura 22.** En el gráfico de la izquierda se representa los esfuerzos principales mayores y menores, en la derecha se representan los esfuerzos normales y cortantes en dioritas fuertemente fracturadas.

Utilizando el software RocData determinamos las propiedades geomecánicas del macizo rocoso el cual nos muestra los parámetros de Hoek-Brown,  $m_b = 0.262$ ,  $s = 3.25e-5$  y Mohr Coulomb, Angulo de fricción =  $42.04^\circ$ , cohesión = 0.200Mpa.

La envolvente de color azul representa la línea de Morh Coulomb y la curva de color rojo representa la gráfica de Hoek-Brown, la línea Mogi de color verde se encuentra por debajo de la envolvente de las tenciones principales que nos indica comportamiento frágil.

### 3.12.4 Estación N° 04:

El macizo rocoso se ubica en la Progresiva Km 1+250 a la margen derecha del Canal Sendamal. Litológicamente está conformado por rocas dioríticas (Nm-di).

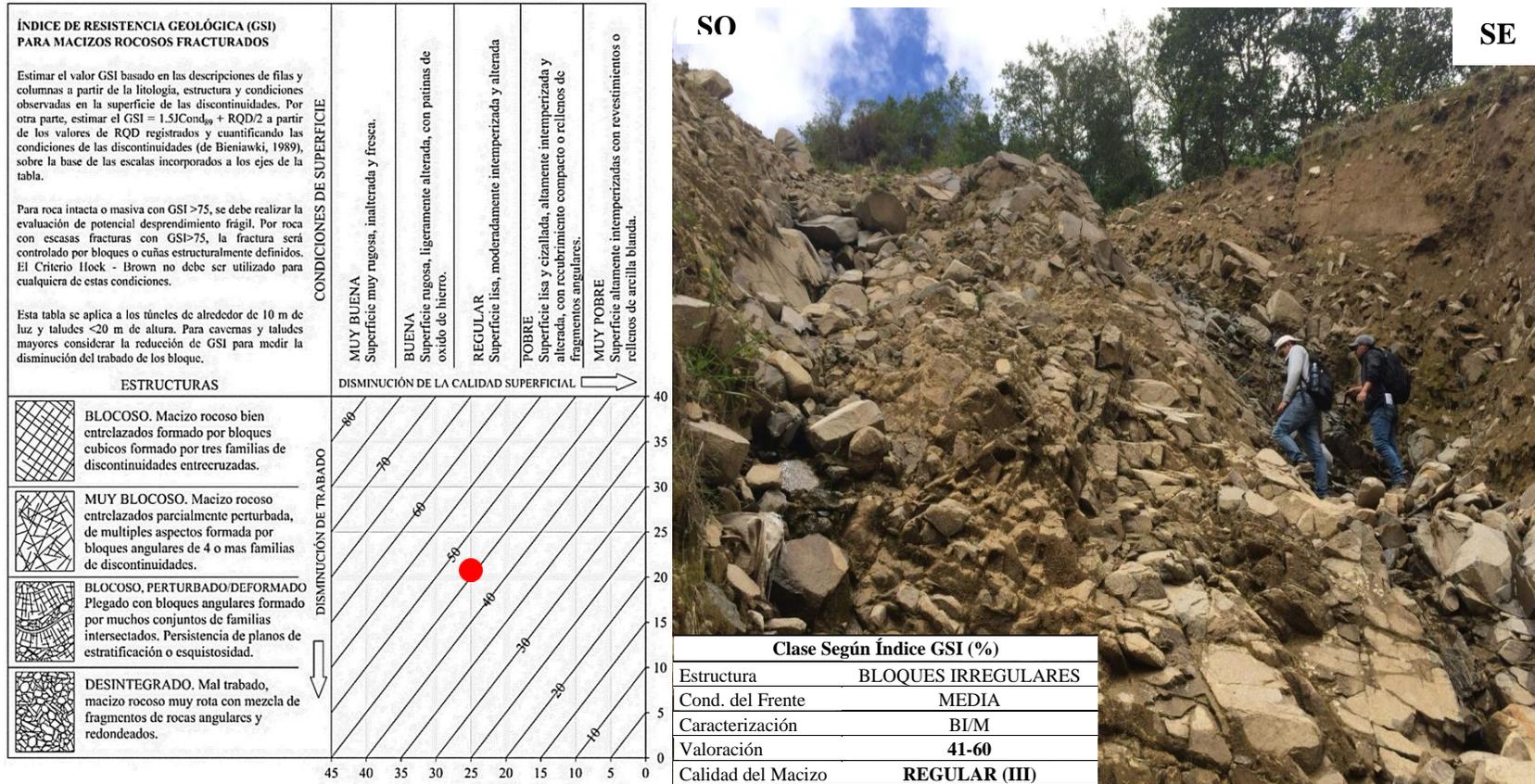


Foto 14. Afloramiento de Nm-di conformado por familias de discontinuidades y determinación del GSI en base a una descripción geológica del macizo en la Estación N°4.

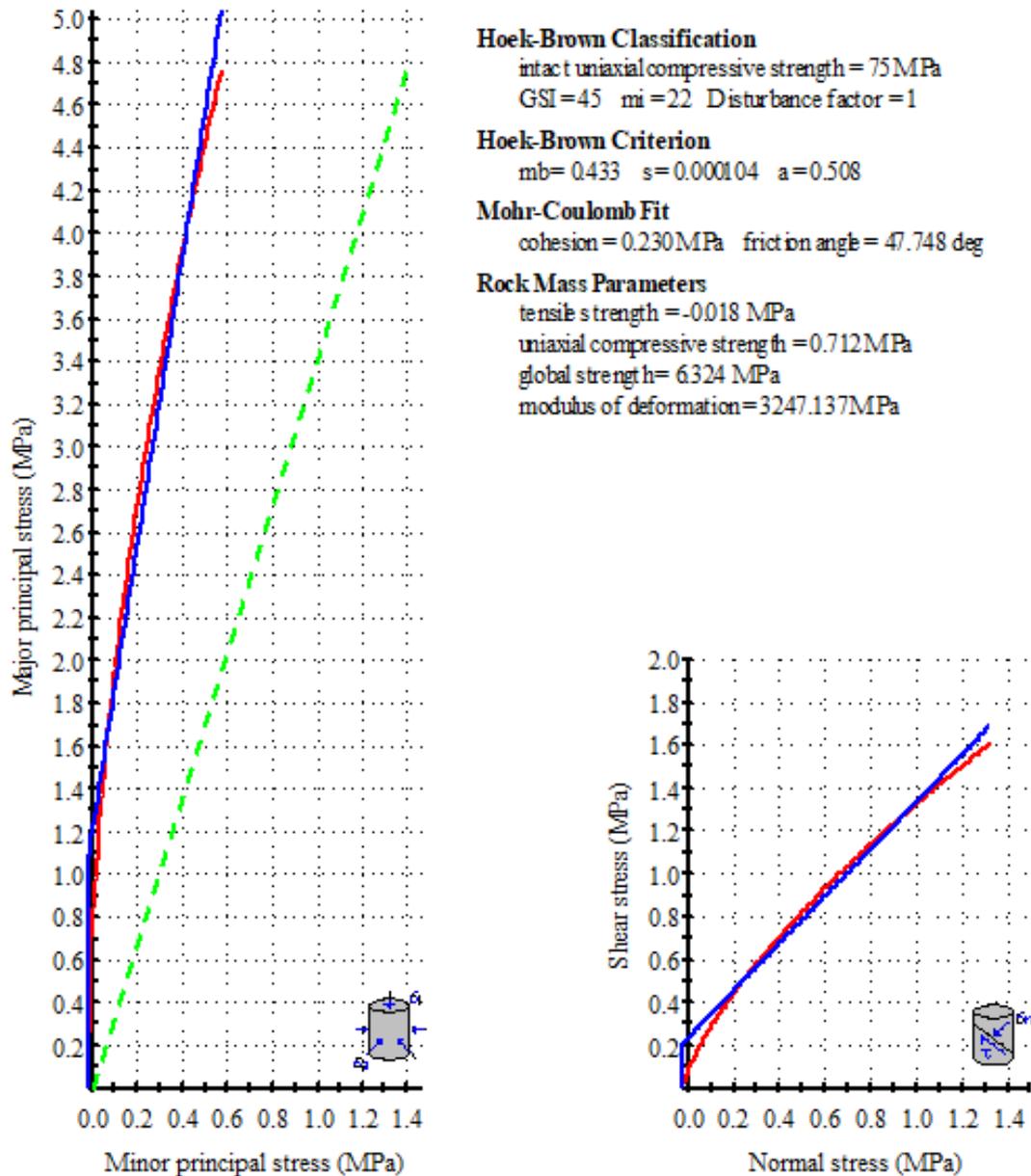
**Tabla 22.** Estimación del Geological Strength Index (GSI) en la Estación N° 04.

<b>Cálculo del RQD</b>					
RQD=100*e <sup>(-0.1λ)</sup> * (0.1λ+1)	LONGITUD	(ND)	λ	RQD (%)	
		4	65	16,3	<b>51,70</b>
<b>Clasificación de Condiciones de las Discontinuidades BIENIAWSKI (1989)</b>					
Longitud de las Discontinuidades	Abertura	Rugosidad	Relleno	Alteración	Valoración JCond <sub>89</sub>
4	1	3	2	3	<b>13</b>
<b>GSI = 1.5JCond<sub>89</sub> + RQD/2 = 45,35</b>					

**Tabla 23.** Valoración del Macizo Rocosó de la Estación N° 04.

<b>Clasificación RMR de Bieniawski (1989)</b>			
PARÁMETRO	σ <sub>ci</sub> (Mpa)	VALOR	
RESIST.COMP. UNIAXIAL (Mpa)	100-50	7	
RQD (%)	50%-75%	13	
LONG.DISC (m)	0.06-0.2 m	8	
CONDICIONES DE JUNTAS	PERSISTENCIA	1-3 m	4
	ABERTURA	1-5 mm	1
	RUGOSIDAD	Lig.rug	3
	RELLENO	Rell.Blan < 5 mm	2
	ALTERACION	Mod.Alte	3
AGUA SUBTERRANEA	Lig.Hum	10	
<b>VALOR TOTAL RMR</b>		<b>51</b>	
<b>CALIDAD DE MACIZO ROCOSO</b>		<b>MEDIA-III</b>	

### Analysis of Rock/Soil Strength using RocData



**Figura 23.** En el gráfico de la izquierda se representa los esfuerzos principales mayores y menores, en la derecha se representan los esfuerzos normales y cortantes en dioritas fuertemente fracturadas.

Utilizando el software RocData determinamos las propiedades geomecánicas del macizo rocoso el cual nos muestra los parámetros de Hoek-Brown,  $m_b = 0.433$ ,  $s = 1.04e-4$  y Mohr-Coulomb, Angulo de fricción =  $47.75^\circ$ , cohesión = 0.230 Mpa.

La envolvente de color azul representa la línea de Mohr-Coulomb y la curva de color rojo representa la gráfica de Hoek-Brown, la línea Mogi de color verde se encuentra por debajo de la envolvente de las tensiones principales que nos indica comportamiento frágil.

Debido a que los resultados del programa RocData, parámetros geomecánicas de Mohr Coulomb son relativamente altos, se disminuyeron los valores aplicando la desviación estándar tal como lo indica en su tesis de investigación (Rodríguez, 2016). Los parámetros obtenidos serán tomados para ingresarlo al Software Slide y poder calcular los factores de seguridad y así analizar la inestabilidad de laderas y taludes de la zona de estudio.

**Tabla 24.** Parámetros geomecánicas obtenidos de Bieniawski 1989 y RocData del Formación Yumagal (Ks-yu).

ANÁLISIS DE RESULTADOS											
CARACTERIZACIÓN DEL MACIZO ROCOSO BIENIAWSKI 1989				ROC DATA				RECALCULADO			
RMR	TIPO DE ROCA	CALIDAD DE LA ROCA	PARÁMETROS GEOMECAÑICOS BIENIASOSKI				PARÁMETROS GEOMECAÑICOS MOHR-COULOMB		RECALCULADO		
			C		$\phi$		C	$\phi$	C-DS	$\phi$ -DS	
			KN/m2	GRADOS	KN/m2	GRADOS	KN/m2	GRADOS	KN/m2	GRADOS	
For. Yum E.1	59,01	III	REGULAR	200	300	25	35	364,00	47,58	260,06	44,54
For. Yum E.2	54	III	REGULAR	200	300	25	35	217,00	43,28	113,06	40,24
			PROMEDIO	200	300	25	35	290,50	45,43	186,56	42,39
			MINIMO	200	300	25	35	217,00	43,28	113,06	40,24
			MAXIMO	200	300	25	35	364,00	47,58	260,06	44,54
			DESV-ESTA.	0	0	0	0	103,94	3,04	103,94	3,04

**Fuente:** Tomado de Rodríguez, (2016).

**Tabla 25.** Parámetros geomecánicas obtenidos de BIENIAWSKI 1989 y RocData de Diorita (Nm-di).

ANÁLISIS DE RESULTADOS											
CARACTERIZACIÓN DEL MACIZO ROCOSO BIENIAWSKI 1989				ROC DATA				RECALCULADO			
RMR	TIPO DE ROCA	CALIDAD DE LA ROCA	PARÁMETROS GEOMECAÑICOS BIENIASOSKI				PARÁMETROS GEOMECAÑICOS MOHR-COULOMB		RECALCULADO		
			C		$\phi$		C	$\phi$	C-DS	$\phi$ -DS	
			KN/m2	GRADOS	KN/m2	GRADOS	KN/m2	GRADOS	KN/m2	GRADOS	
DIO E.3	44	III	REGULAR	200	300	25	35	200,00	42,04	178,79	38,00
DIO E.4	51	III	REGULAR	200	300	25	35	230,00	47,75	208,79	43,71
			PROMEDIO	200	300	25	35	215,00	44,89	193,79	40,86
			MINIMO	200	300	25	35	200,00	42,04	178,79	38,00
			MAXIMO	200	300	25	35	230,00	47,75	208,79	43,71
			DESV-ESTA.	0	0	0	0	21,21	4,04	21,213	4,04

**Fuente:** Tomado de Rodríguez, (2016).

## Análisis de Inestabilidad de Laderas

Para realizara el análisis de inestabilidad de laderas se tomó en cuenta los siguiente parámetros geomecánicas de suelos.

**Tabla 26.** Parámetros geomecánicas de suelos obtenidos en M1.

SUCS	GM	GRAVA LIMO ARENOSA		PARÁMETROS		
<b>ASHSTO</b>	A-2-4(0)	GRAVA Y AREANA LIMOARCILLOSA		$\gamma$ (KN/m <sup>3</sup> )	$\phi$ (°)	$c$ (KN/m <sup>2</sup> )
	L.L %	30	%FINOS 22			
<b>M1</b>	L.P%	23	%ARENAS 31	22.06	39	4.9
	I.P%	7	%GRAVAS 47			
	W% PROMEDIO (%)	11				

**Tabla 27.** Parámetros geomecánicas de suelos obtenidos en M2.

SUCS	CL	ARCILLA FINA ARENOSA		PARÁMETROS		
<b>ASHSTO</b>	A-4(12)	SUELO LIMOSO		$\gamma$ (KN/m <sup>3</sup> )	$\phi$ (°)	$c$ (KN/m <sup>2</sup> )
	L.L %	30	%FINOS 57			
<b>M2</b>	L.P%	21	%ARENAS 43	20.10	28	36.77
	I.P%	9	%GRAVAS 0			
	W% PROMEDIO (%)	26				

**Tabla 28.** Parámetros geomecánicas de suelos obtenidos en la M3.

SUCS	SM	ARENA LIMOSA		PARÁMETROS		
<b>ASHSTO</b>	A-2-4(0)	ARENA LIMOSA		$\gamma$ (t/m <sup>3</sup> )	$\phi$ (°)	$c$ (t/m <sup>2</sup> )
	L.L %	22	%FINOS 14			
<b>M3</b>	L.P%	0	%ARENAS 86	17.016	36	0
	I.P%	0	%GRAVAS 0			
	W% PROMEDIO (%)	26				

### 3.12.5 Estación N° 05

Ubicado en el km 1+214, donde se evidencia deslizamiento activo (Dz-A) en depósitos Cuaternario Coluvial (Q-cl).



**Foto 15.** Deslizamiento activo (D-A) en la Estación N°5

### Análisis Slide del perfil A- A'.

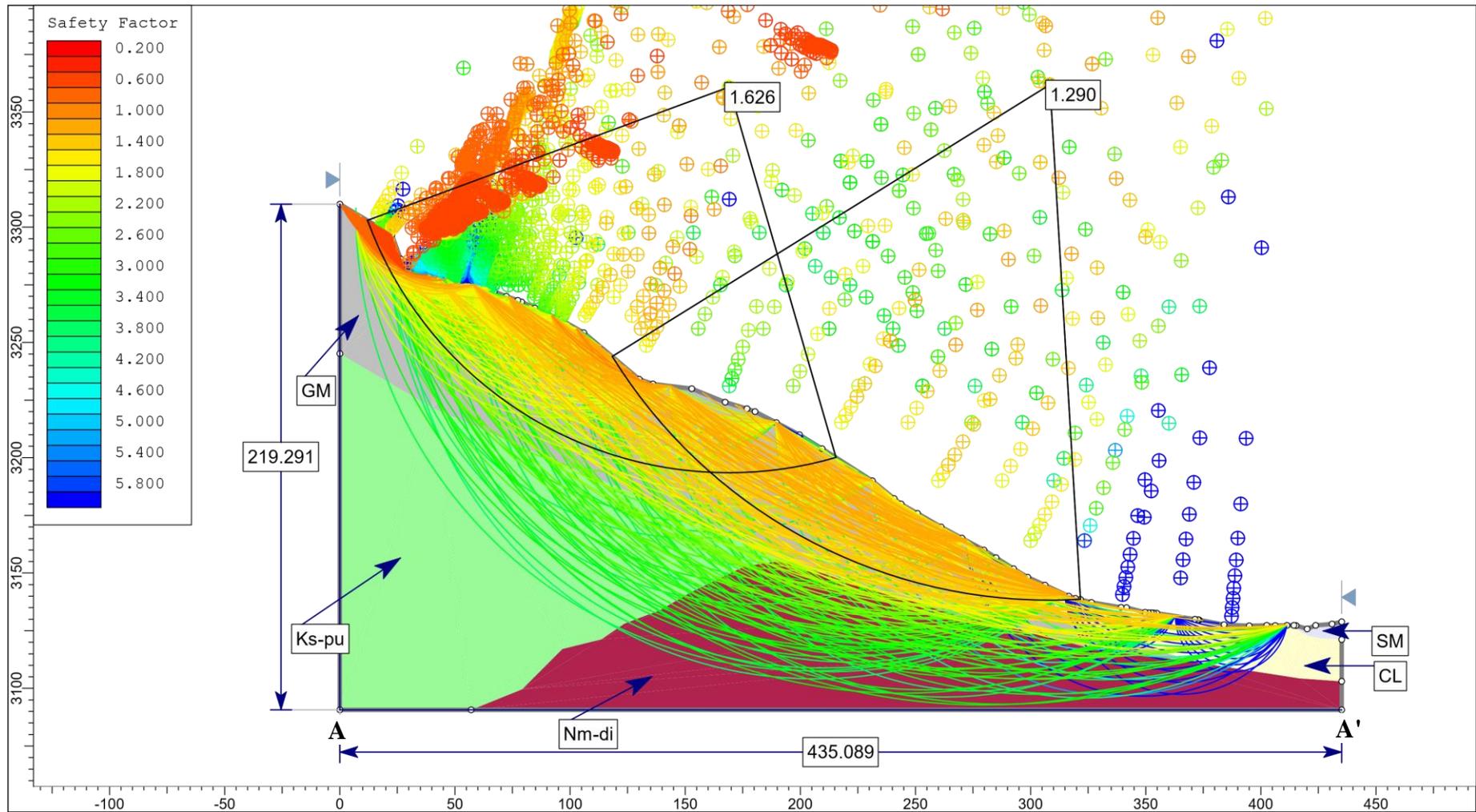
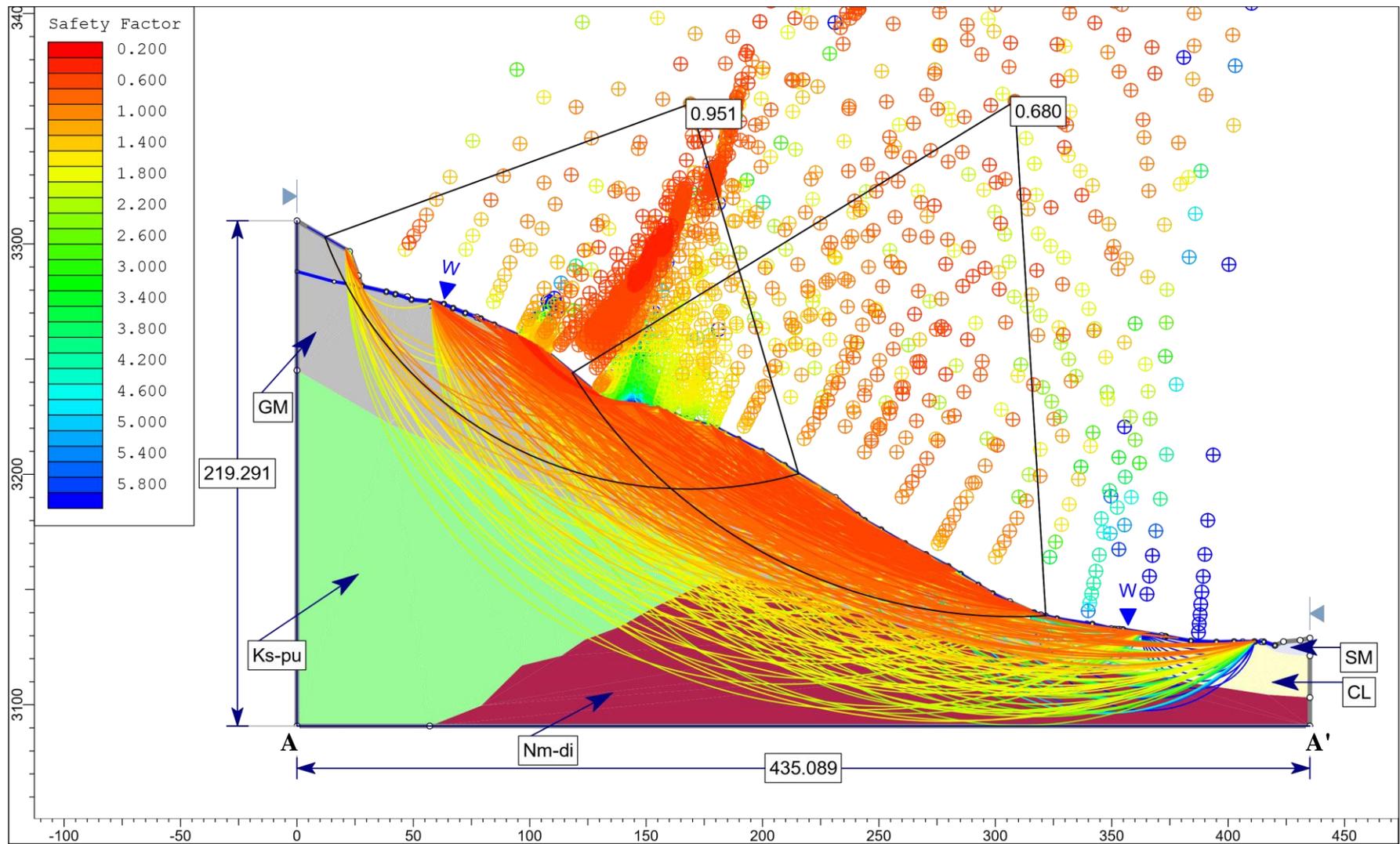
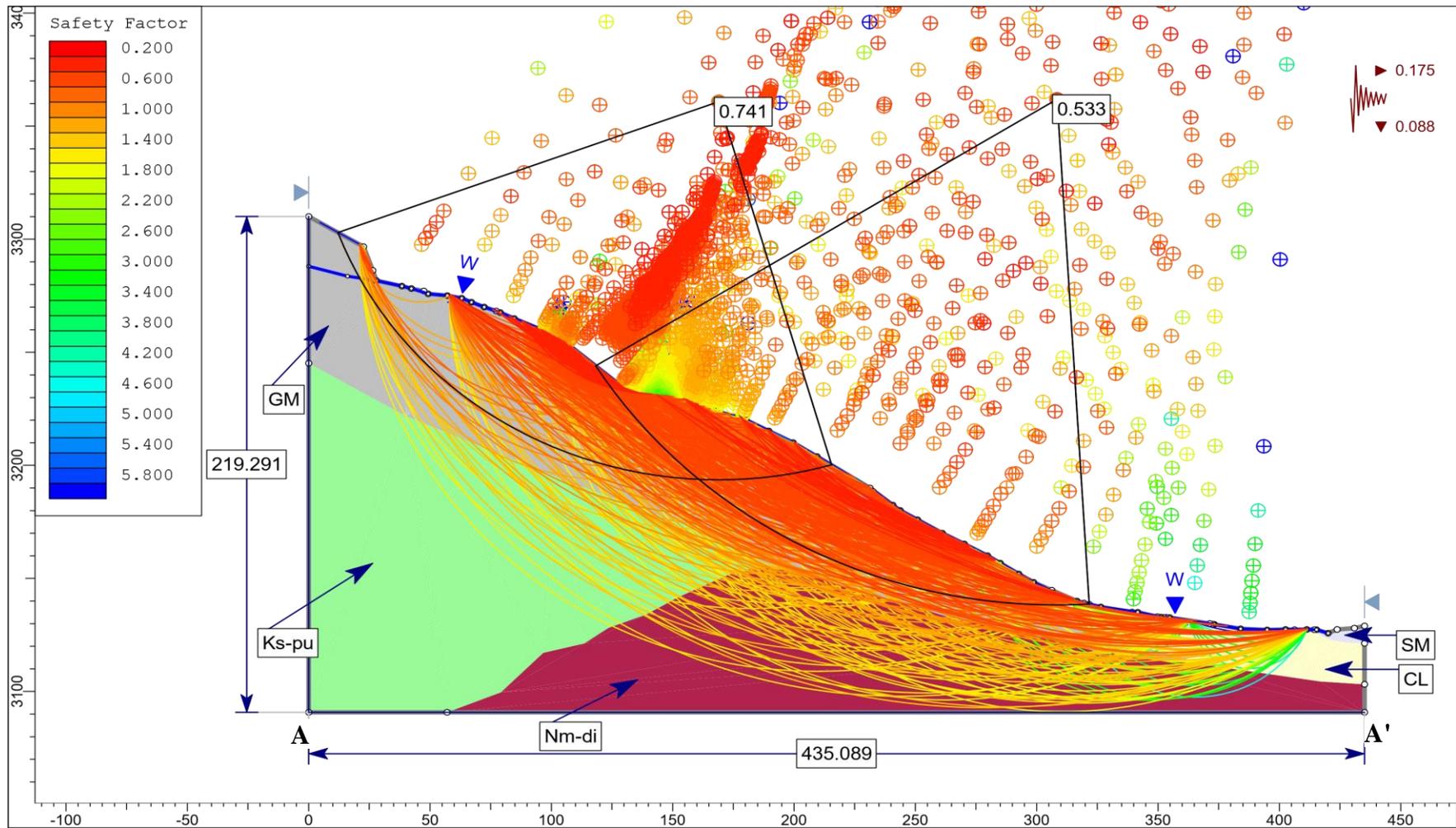


Figura 24. Cálculo realizado con el método de MORGENSTERN-PRICE en Tensiones Totales en la Estación N° 05.



**Figura 25.** Cálculo realizado con el método de MORGENSTERN-PRICE en Tensiones Efectivas en la Estación N° 05.



**Figura 26.** Cálculo realizado con el método de MORGENSTERN-PRICE en Tensiones Efectivas más Sismisidad en la Estación N° 05.

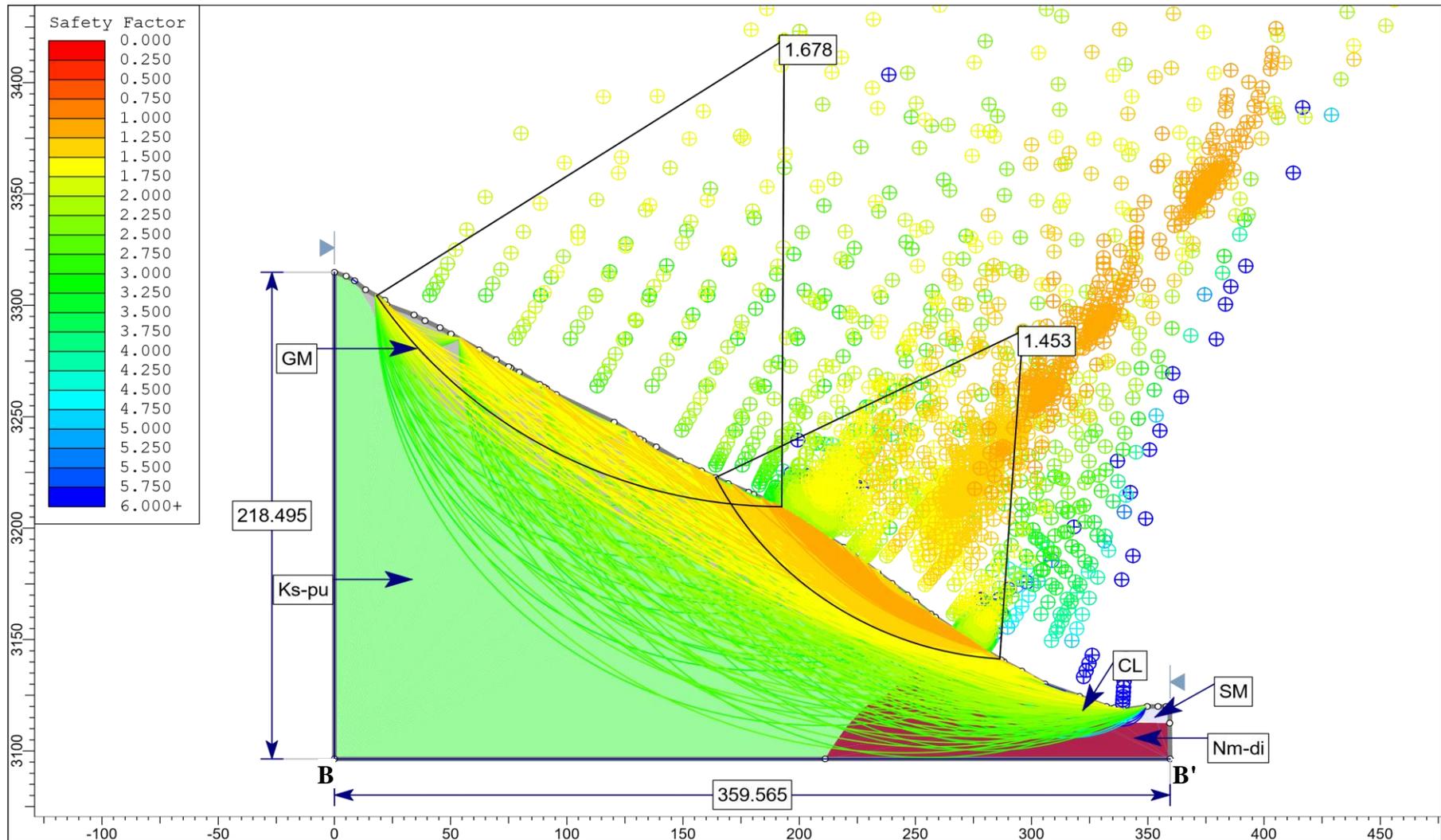
### 3.12.6 Estación N° 06

Ubicado en el km 1+137, donde se evidencia un paleodeslizamiento (P-Dz) en depósitos-Cuaternario Coluvial (Q-cl).

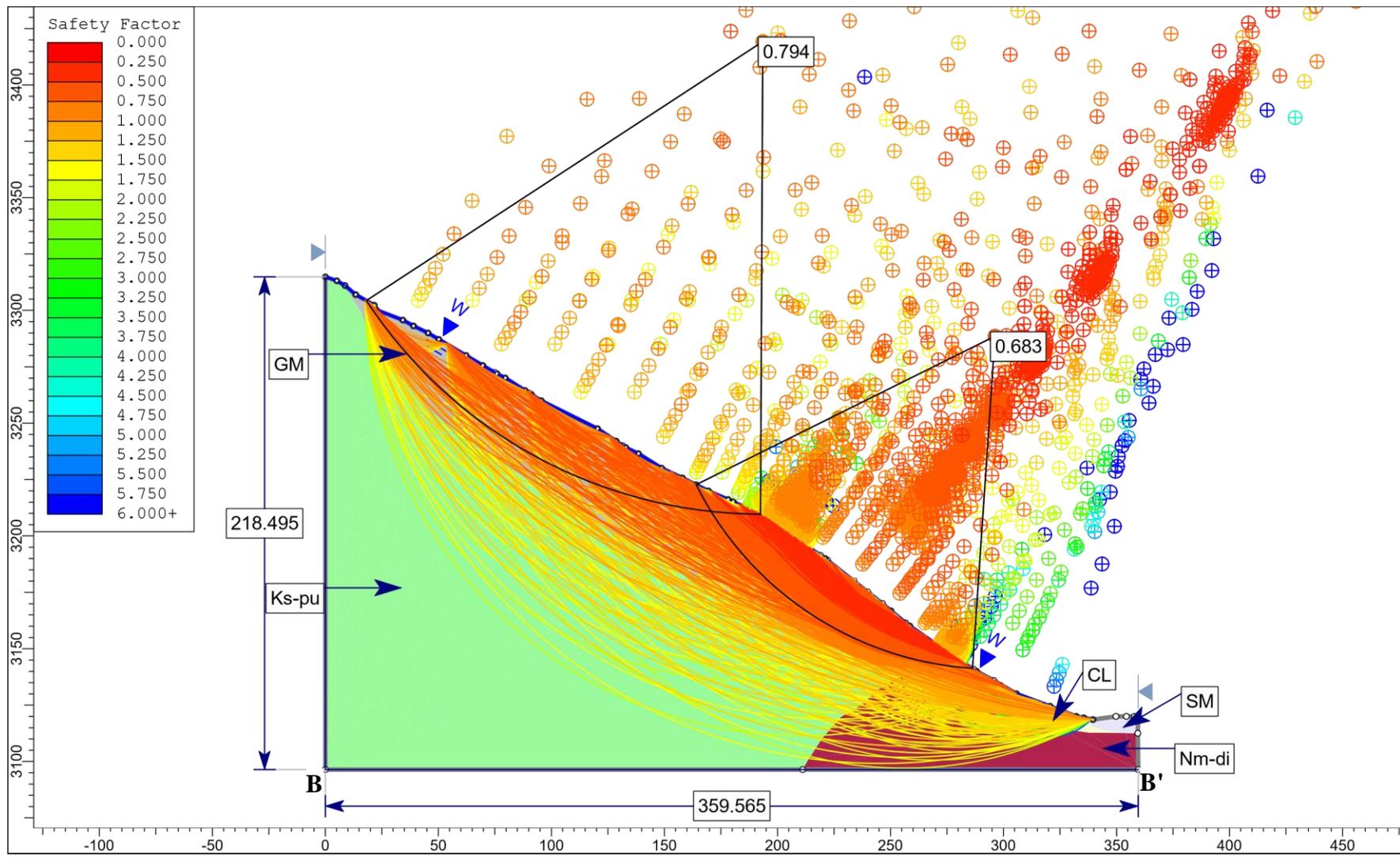


**Foto 16.** Paleodeslizamiento (P-Dz) en la Estación N°6. Tomado de Google Earth Pro.

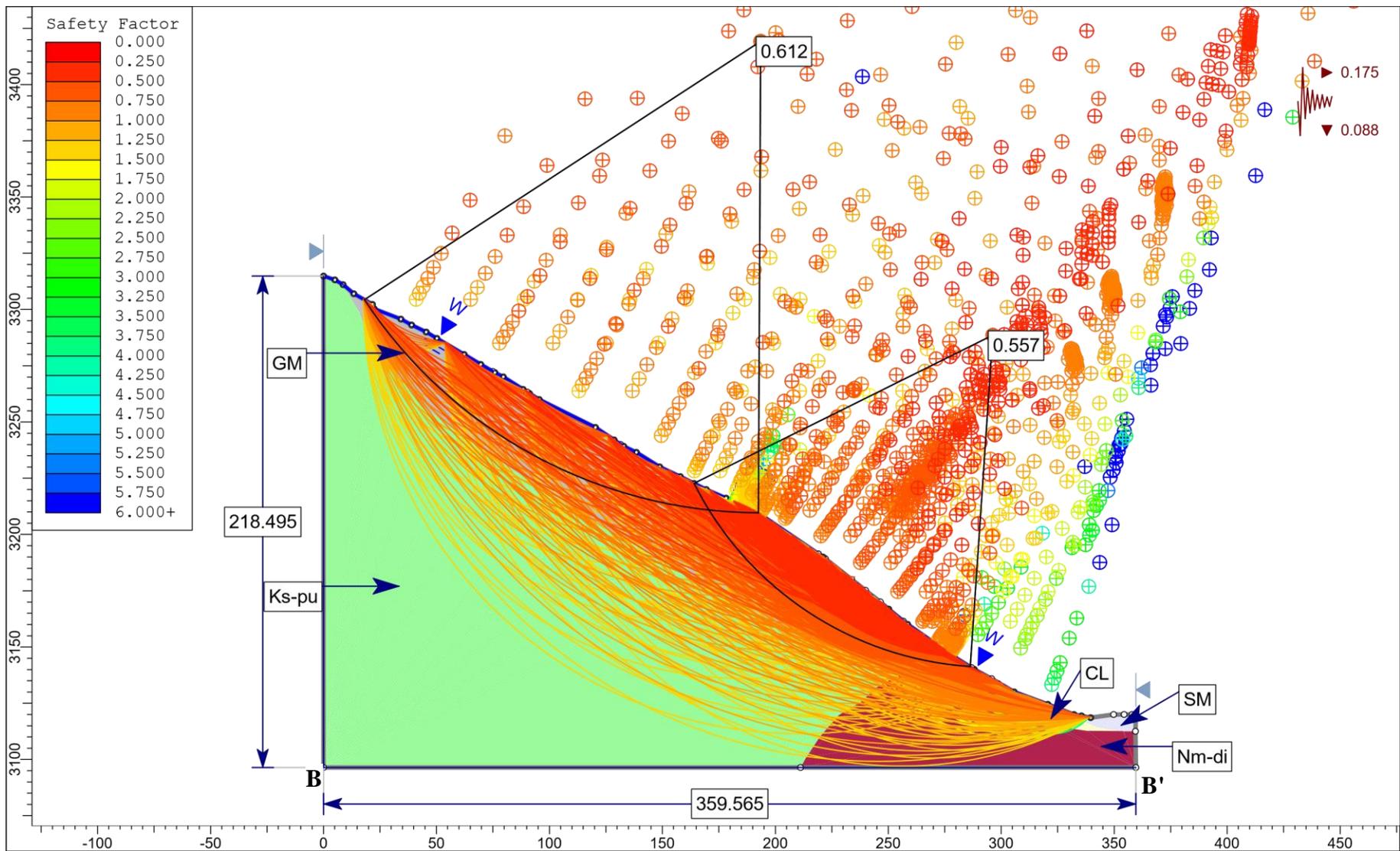
### Análisis Slide del perfil B- B'.



**Figura 27.** Cálculo realizado con el método de MORGENSTERN-PRICE en Tensiones Totales en la Estación N° 06.



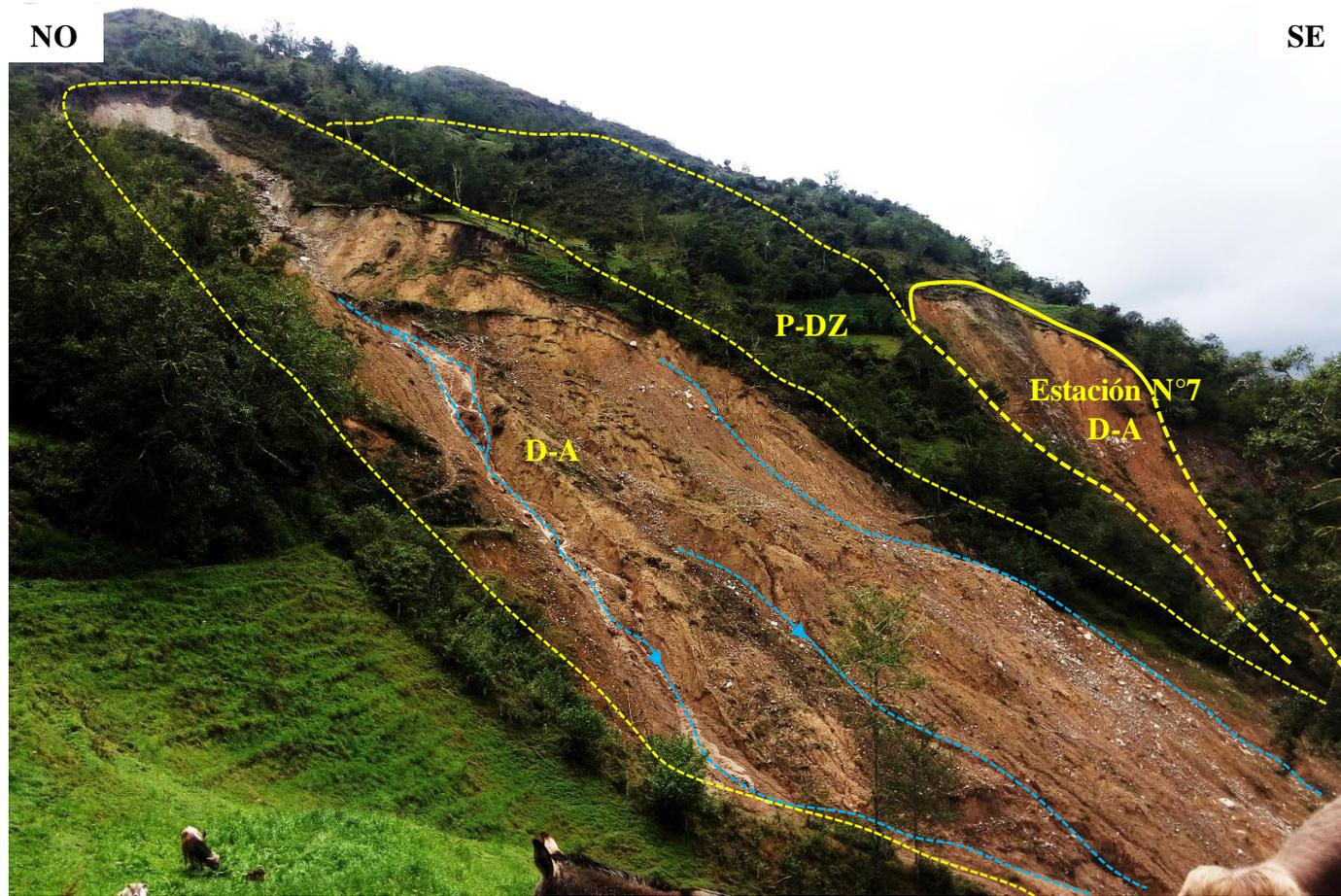
**Figura 28.** Cálculo realizado con el método de MORGENSTERN-PRICE en Tensiones Efectivas en la Estación N° 06.



**Figura 29.** Cálculo realizado con el método de MORGENSTERN-PRICE en Tensiones Efectivas más Sismisidad en la Estación N° 06.

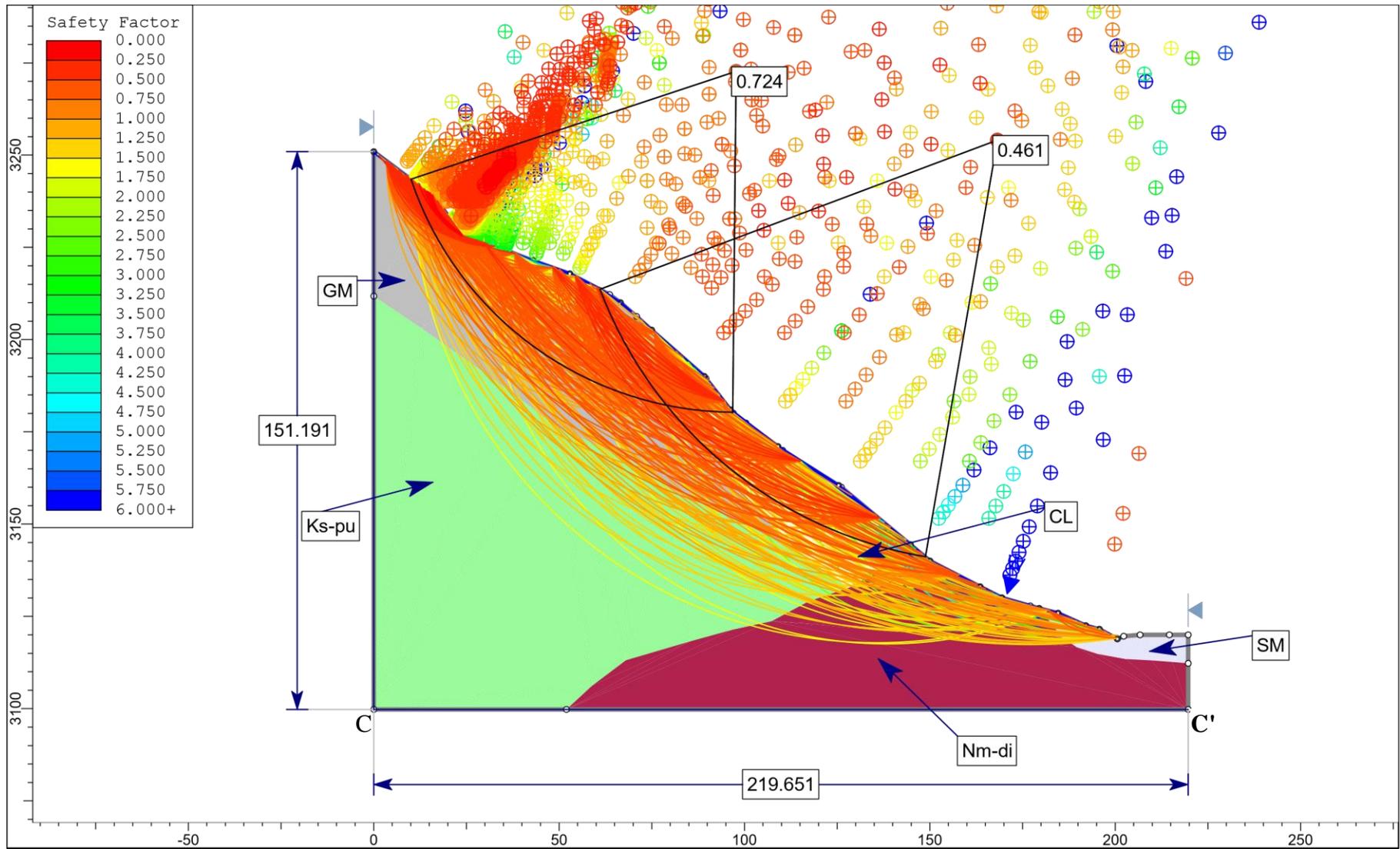
### 3.12.7 Estación N° 07

Ubicado en el km 1+071, donde se evidencia deslizamiento activo (Dz-A) en depósitos Cuaternario Coluvial (Q-cl).

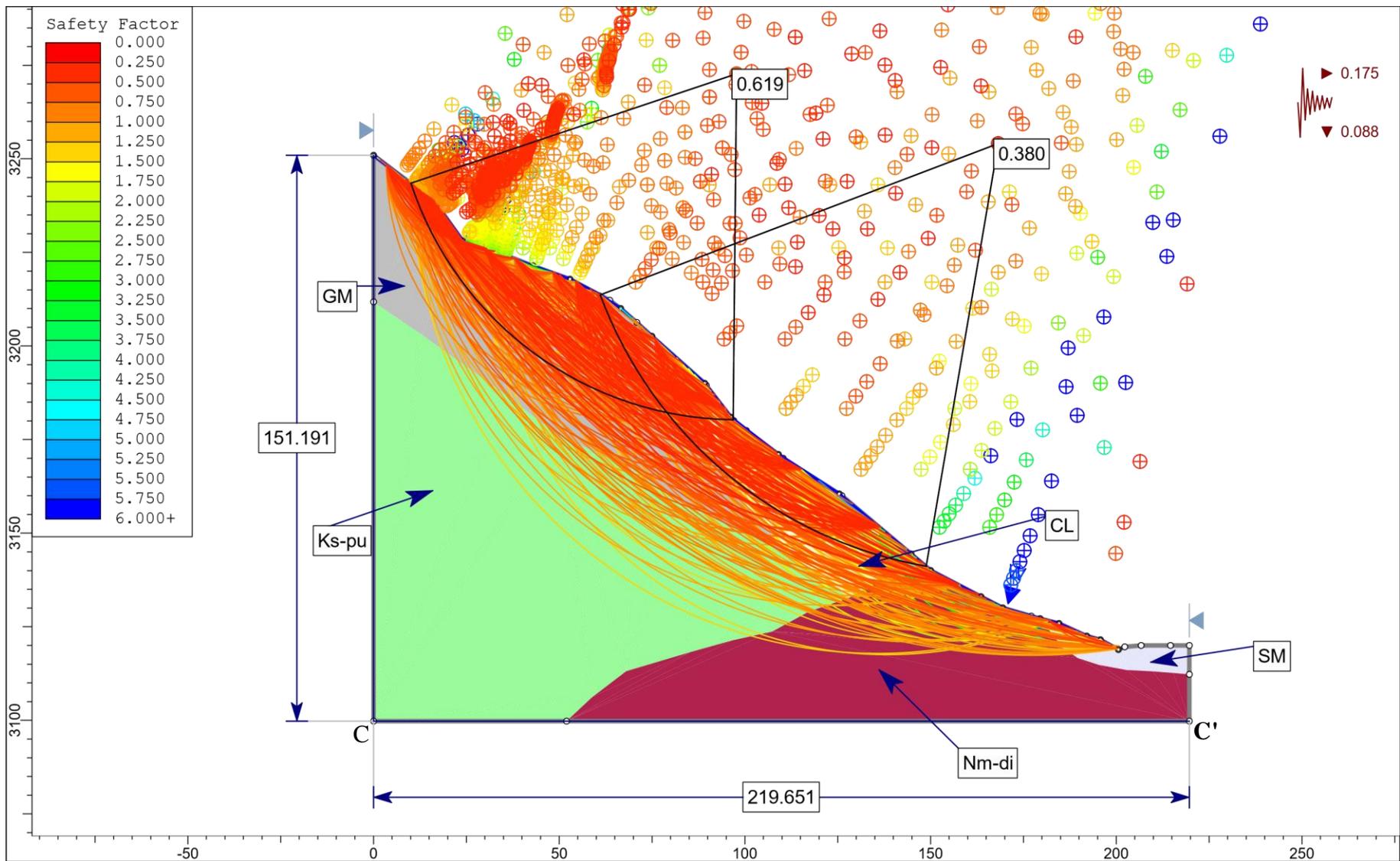


**Foto 17.** Deslizamiento activo (D-A) en la Estación N°7.





**Figura 31.** Cálculo realizado con el método de MORGENSTERN-PRICE en Tensiones Efectivas en la Estación N° 07.



**Figura 32.** Cálculo realizado con el método de MORGENSTERN-PRICE en Tensiones Efectivas más Sismisidad en la Estación N° 07.

## CAPÍTULO IV

### ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

#### 4.1 ANÁLISIS

En el estudio del Comportamiento Geológico – Geotécnico de Laderas y Taludes en los Alrededores del Canal Sendamal – El Toro, Progresivas km 0+650 – km 1+410, se obtuvieron los siguientes resultados:

Geológicamente se consideró adecuado la descripción y cartografiado de las Unidades Estratigráficas: Formación Yumagual (Ks-yu), Volcánico Huambos (Ts-vh), Diques de Diorita (Nm-di), Cuaternario Coluvial (Q-cl), Depósitos Coluvio-Aluviales y Aluviales, ligados directamente a la geomorfología y comportamientos geodinámicos de laderas y taludes.

Para el estudio geomecánico se recolecto datos en 7 puntos de control: 4 caracterizaciones geomecánicas en rocas, donde se calculó el RQD, GSI, RMR. En el programa RocData se ingresó los datos de Comprensión Uniaxial, GSI,  $m_i$  y Factor de Disturbación, obteniendo los parámetros de Hoek y Brown y Mohr-Coulomb; en las 4 estaciones geomecánicas se obtuvo la calidad del macizo rocoso tipo III. Para los deslizamientos se realizó 3 caracterizaciones geomecánicas en suelos, donde se clasificó mediante SUCS obteniendo suelos GM, CL y SM.

Los parámetros geomecánicos obtenidos tanto en rocas como en depósitos cuaternarios son ingresados al software Slide dando como resultado los Factores de Seguridad para generar el plano geotécnico.

Finalmente, en el Planos Geotécnico N°6 mostramos dos áreas definidas; Zona Crítica 1, donde la calidad del macizo rocos es de tipo III, mientras que en Zona Crítica 2 es más susceptible a deslizamientos debido a que son depósitos cuaternarios.

**Tabla 29.** En los 4 puntos de control se muestra los resultados de las caracterizaciones geomecánicas en rocas.

	<b>UNIDAD</b>	<b>RQD</b>	<b>GSi</b>	<b>RMR</b>	<b>TIPO DE ROCA</b>	<b>CALIDAD DE LA ROCA</b>
<b>ESTACIÓN N°1</b>	Ks-yu	60.2	55.6	59.01	III	MEDIA
<b>ESTACIÓN N°2</b>	Ks-yu	49.9	47.45	54	III	MEDIA
<b>ESTACIÓN N°3</b>	Nm-di	32.6	35.8	44	III	MEDIA
<b>ESTACIÓN N°4</b>	Nm-di	51.7	45.35	51	III	MEDIA

**Tabla 30.** En los 3 puntos de control se muestra los resultados de las caracterizaciones geomecánicas en sedimentos cuaternarios.

<b>MUESTRA</b>	<b>CLASIFICACIÓN</b>	
	<b>SUCS</b>	<b>ASHSTO</b>
<b>M1</b>	GM (GRAVA LIMO ARENOSA)	A-2-4(0) (GRAVA Y AREANA LIMOARCILLOSA)
<b>M2</b>	CL (ARCILLA FINA ARENOSA)	A-4(12) (SUELO LIMOSO)
<b>M3</b>	SM (ARENA LIMOSA)	A-2-4(0) (ARENA LIMOSA)

**Tabla 31.** Resultados de los parámetros geomecánicas y Factor de Seguridad obtenidos con los métodos de Bishop simplificado, Jambu Simplificado, Spencer y Morgenstern-Price en el perfil A- A'

CONDICIONES	MUESTRAS	PARÁMETROS						MÉTODOS-FACTOR DE SEGURIDAD (FS)			
		$\gamma$ (KN/m <sup>3</sup> )	$\phi$ (°)	$c$ (KN/m <sup>2</sup> )	AGUA	K <sub>o</sub>	K <sub>v</sub>	BISHOP SIM.	JANBU SIM.	SPENCER	MORGENSTERN-PRICE
<b>TT</b>	GM	22.06	39	4.9	No	0	0	1.461	1.326	1.460	1.460
	CL	20.1	28	36.77	No	0	0				
	SM	17.016	36	0	No	0	0				
	Ks-yu	24.03	42.39	186.56	No	0	0				
	Nm-di	27.21	40.86	197.79	No	0	0				
<b>TE</b>	GM	22.06	39	4.9	Si	0	0	0.790	0.690	0.814	0.816
	CL	20.1	28	36.77	Si	0	0				
	SM	17.016	36	0	Si	0	0				
	Ks-yu	24.03	42.39	186.56	Si	0	0				
	Nm-di	27.21	40.86	197.79	Si	0	0				
<b>TE+SIS</b>	GM	22.06	39	4.9	Si	0.175	0.088	0.582	0.503	0.635	0.637
	CL	20.1	28	36.77	Si	0.175	0.088				
	SM	17.016	36	0	Si	0.175	0.088				
	Ks-yu	24.03	42.39	186.56	Si	0.175	0.088				
	Nm-di	27.21	40.86	197.79	Si	0.175	0.088				

**Tabla 32.** Resultados de los parámetros geomecánicos y Factor de Seguridad obtenidos con los métodos de Bishop simplificado, Jambu Simplificado, Spencer y Morgenstern-Price en el perfil B- B'

CONDICIONES	MUESTRAS	PARÁMETROS						MÉTODOS-FACTOR DE SEGURIDAD (FS)			
		$\gamma$ (KN/m <sup>3</sup> )	$\phi$ (°)	$c$ (KN/m <sup>2</sup> )	AGUA	$K_o$	$K_v$	BISHOP SIM.	JANBU SIM.	SPENCER	MORGENSTERN-PRICE
<b>TT</b>	GM	22.06	39	4.9	No	0	0	1.565	1.463	1.566	1.570
	CL	20.1	28	36.77	No	0	0				
	SM	17.016	36	0	No	0	0				
	Ks-yu	24.03	42.39	186.56	No	0	0				
	Nm-di	27.21	40.86	197.79	No	0	0				
<b>TE</b>	GM	22.06	39	4.9	Si	0	0	0.701	0.628	0.744	0.739
	CL	20.1	28	36.77	Si	0	0				
	SM	17.016	36	0	Si	0	0				
	Ks-yu	24.03	42.39	186.56	Si	0	0				
	Nm-di	27.21	40.86	197.79	Si	0	0				
<b>TE+SIS</b>	GM	22.06	39	4.9	Si	0.175	0.088	0.530	0.457	0.599	0.585
	CL	20.1	28	36.77	Si	0.175	0.088				
	SM	17.016	36	0	Si	0.175	0.088				
	Ks-yu	24.03	42.39	186.56	Si	0.175	0.088				
	Nm-di	27.21	40.86	197.79	Si	0.175	0.088				

**Tabla 33.** Resultados de los parámetros geomecánicos y Factor de Seguridad obtenidos con los métodos de Bishop simplificado, Jambu Simplificado, Spencer y Morgenstern-Price en el perfil C-C'.

CONDICIONES	MUESTRAS	PARÁMETROS						METODOS-FACTOR DE SEGURIDAD (FS)			
		$\gamma$ (KN/m <sup>3</sup> )	$\phi$ (°)	c (KN/m <sup>2</sup> )	AGUA	K <sub>o</sub>	K <sub>v</sub>	BISHOP SIM.	JANBU SIM.	SPENCER	MORGENSTERN-PRICE
<b>TT</b>	GM	22.06	39	4.9	No	0	0	1.359	1.241	1.337	1.338
	CL	20.1	28	36.77	No	0	0				
	SM	17.016	36	0	No	0	0				
	Ks-yu	24.03	42.39	186.56	No	0	0				
	Nm-di	27.21	40.86	197.79	No	0	0				
<b>TE</b>	GM	22.06	39	4.9	Si	0	0	0.593	0.499	0.614	0.614
	CL	20.1	28	36.77	Si	0	0				
	SM	17.016	36	0	Si	0	0				
	Ks-yu	24.03	42.39	186.56	Si	0	0				
	Nm-di	27.21	40.86	197.79	Si	0	0				
<b>TE+SIS</b>	GM	22.06	39	4.9	Si	0.175	0.088	0.452	0.366	0.495	0.450
	CL	20.1	28	36.77	Si	0.175	0.088				
	SM	17.016	36	0	Si	0.175	0.088				
	Ks-yu	24.03	42.39	186.56	Si	0.175	0.088				
	Nm-di	27.21	40.86	197.79	Si	0.175	0.088				

## **4.2 CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS**

La investigación permitió determinar que el Canal de Regadío Sendamal – El Toro se encuentra en rocas carbonatadas, fuertemente fracturadas y meteorizadas y depósitos cuaternarios aluviales y coluvio-aluviales formando taludes y laderas geodinámicamente inestables, evidenciándose deslizamientos rotacionales producto de influencia directa de las variables desencadenantes como precipitación, infiltración y sismicidad. Los cálculos realizados determinan la inestabilidad geológico-geotécnico, con lo cual contrastamos la hipótesis inicialmente planteada.

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **5.1 CONCLUSIONES**

Se cartografió unidades litomorfoestructurales como: depósitos Aluviales, Coluvio-Aluviales, Diorita (Nm-Di), Volcánico Huambos (Ts-vh), Formación Yumagual (Ks-yu), geoformas, fallas inversas, frente de deslizamientos; permitiendo diferentes geomorfologías que influyen directamente en las zonas críticas.

Con el software ArcGIS se generó los planos temáticos: plano de ubicación, plano satelital, plano MDE, plano de pendientes, plano geológico-estructural y finalmente el plano geotécnico de las zonas susceptibles a deslizamientos.

Se realizó la caracterización geomecánica en los puntos de control 1,2,3 y 4; donde la calidad del macizo rocos es de tipo III, Mientras que el análisis de suelos en los puntos de control 5,6 y 7; permitió el cálculo de los parámetros geomecánicos que fueron requisitos principales para hallar los Factores de Seguridad.

Mediate el software Slide se realizó el cálculo del Factor de Seguridad en condiciones de tensiones totales, tensiones efectivas y tensiones efectivas más sismisidad, utilizando los métodos de Bishop simplificado, Jambu Simplificado, Spencer y Morgenstern-Price; permitiendo definir claramente las condiciones inestables de taludes. Los FS máximo y mínimo en el perfil A- A' son 1.461 y 0.503, en el perfil B- B' son 1.570 y 0.457, en C- C' son 1.359 y 0.366.

El análisis del comportamiento geotécnico de taludes y laderas en los alrededores del Canal de Regadío Sendamal – El Toro entre las progresiva Km 0+650 – Km 1+410, determinó las zonas más críticas por deslizamientos, los cuales están causado por los agentes

desencadénate como precipitación, infiltración y sismicidad, tal como se muestra en el Plano Geotécnico N°6.

## **5.2 RECOMENDACIONES**

Debido a que no se han realizado estudios geotécnicos, la municipalidad de Celendín podría tomar en consideración el presente estudio como base para los expedientes técnicos de factibilidad de proyectos de inversión, así como para el Proyecto de Reconstrucción del Canal de Regadío Sendamal el Toro.

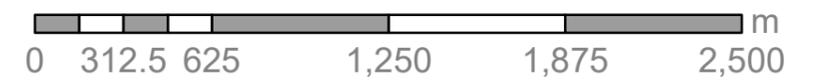
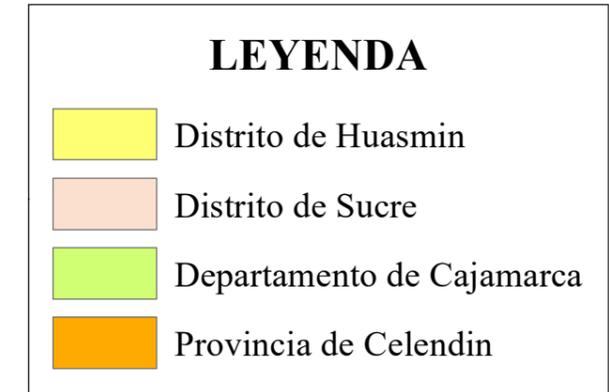
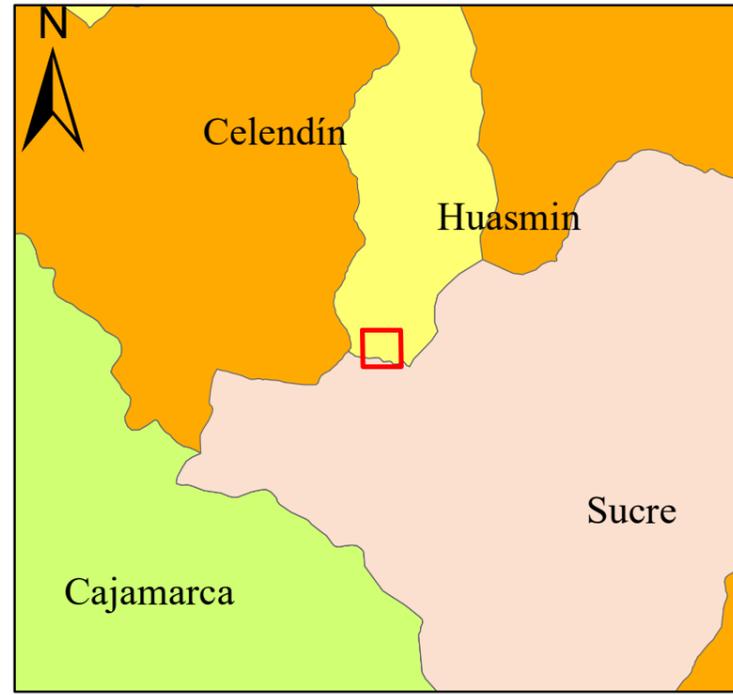
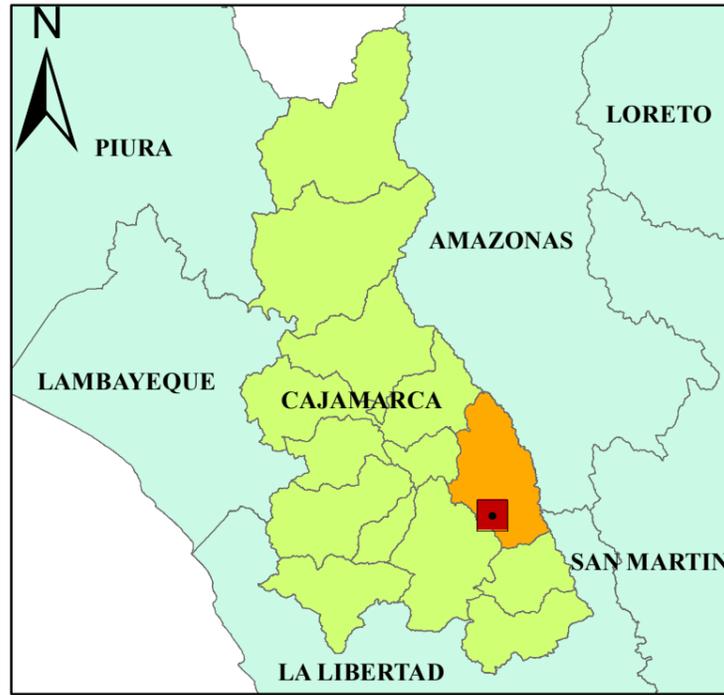
Realizar ensayos triaxiales para determinar las propiedades de los macizos rocosos y suelos de manera más eficiente, porque los análisis realizados en la investigación carecen de este tipo de ensayos debido a los costos muy elevados.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

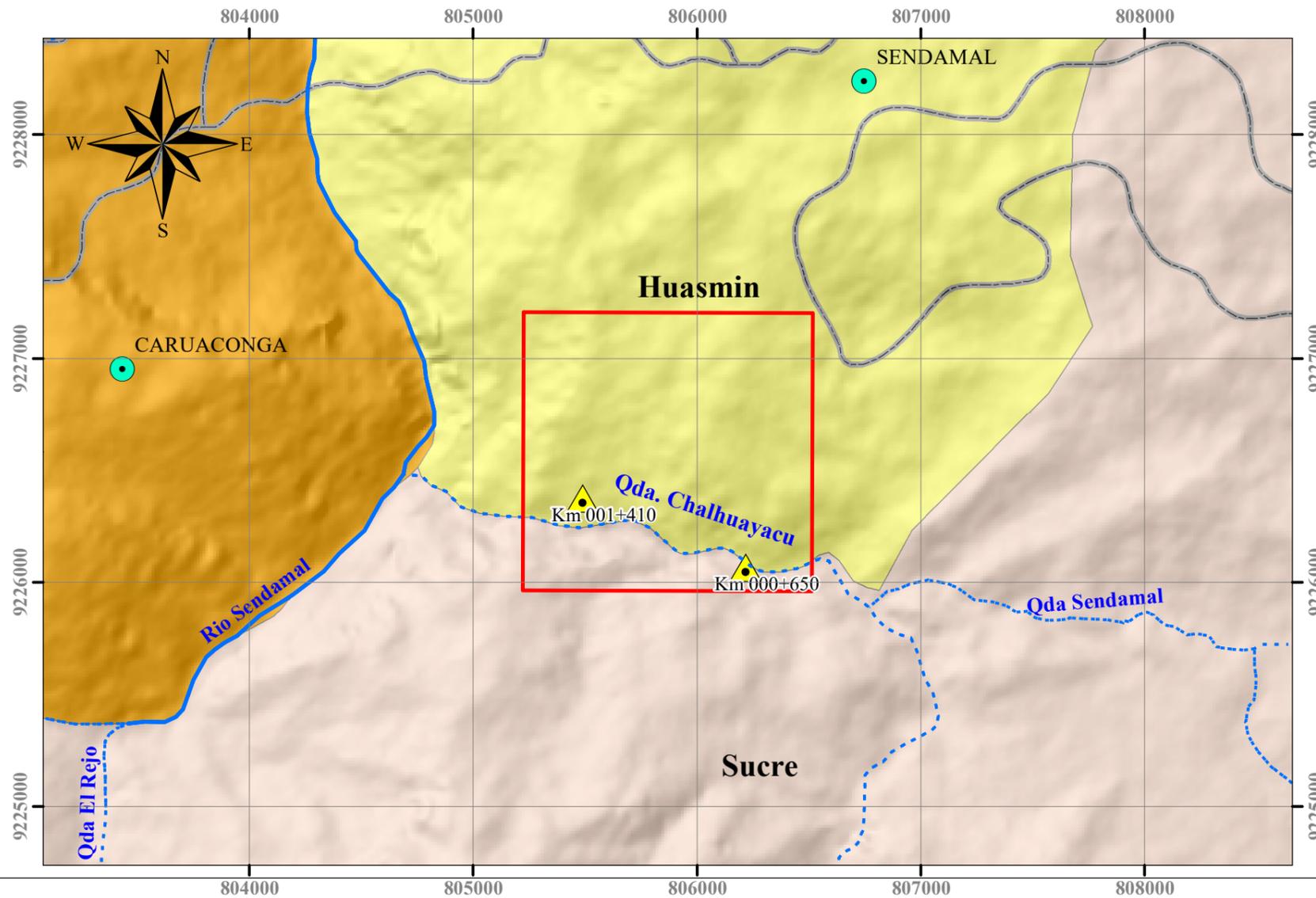
- Bieniawski, Z. (1989). Engineering rock mass classifications. Edit. John Wiley and Sons.
- Das, BM. (2013). Fundamentos de ingeniería geotécnica: Estabilidad de taludes. Trad. S Cervantes. 4 ed. México, DF. s.e. p. 334 – 377.
- Dávila, J. (2011). Diccionario Geológico. Lima-Perú. Ingemmet.
- Hoek, E. y Brown, E. (1997). Estimación de la Resistencia de Macizos Rocosos en la Práctica. Primer Taller Geotécnico Interdivisional. Chuquicamata-Chile.
- Hoek, E. y Brown, E. (2018). El criterio de falla Hoek-Brown y GSI - edición 2018.
- Hoek, E.; Carranza-Torres, C. y Corkum, B. (2002). Criterio de Hoek – Brown – Edición 2002.
- Hoek, E.; Carter, T.G. y Diederichs, M.S. (2013). Quantification of the Geological Strength Index chart.
- González de Vallejo, L. (2004). Ingeniería Geológica. Madrid: Isabel Capella.
- LoadCap. (2014). User's manual Loadcap - GeoStru Software.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS, 2019). Norma Técnica E.031 Diseño Sismorresistente.
- Rodríguez, R. (2016). Método de investigación Geológico - Geotécnico para el análisis de inestabilidad de laderas por deslizamientos, Zona Ronquillos - Corisorgona. (Tesis de Maestría) Universidad Mayor de San Marcos.
- Suarez, J. (2007). Deslizamientos y Estabilidad de Taludes en Zonas Tropicales. Santander, Colombia. Edit. Universidad Santander.
- Wilson, J. (1984). Geología de los cuadrángulos de: Jayanca (13-d), Incahuasi (13-e), Cutervo (13-f), Chiclayo (14-d), Chongoyape (14-e), Chota (14-f), Celendín (14-g), Pacasmayo (15-f), Chepén (15-e). Boletín N° 38. INGEMMET 1984.

## **ANEXOS**

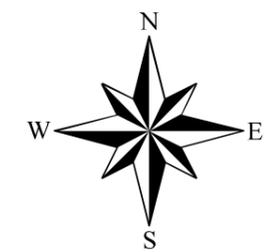
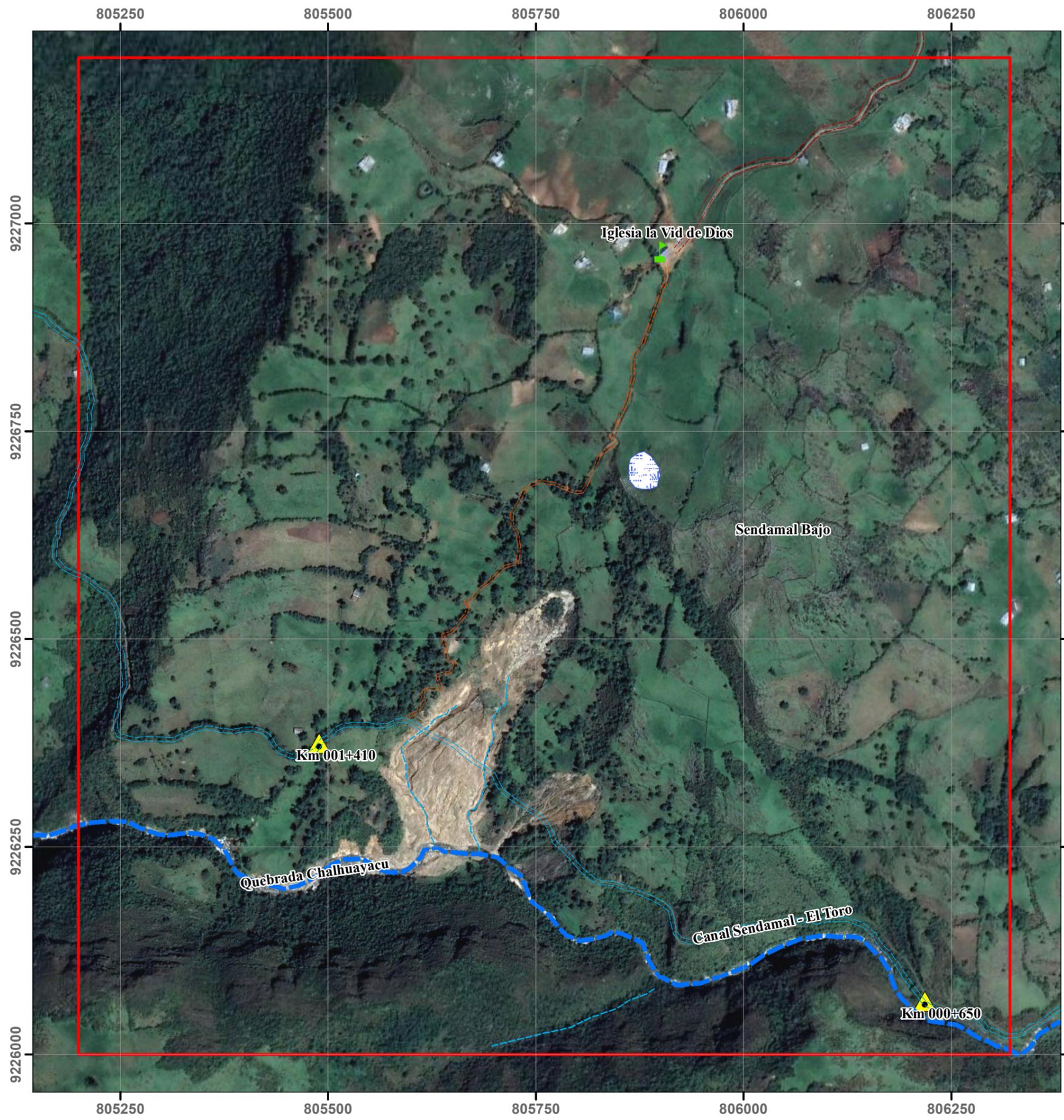
- PLANO 01.** Plano de Ubicación
- PLANO 02.** Plano Satelital
- PLANO 03.** Plano MDE
- PLANO 04.** Plano de Unidades Morfogenéticas y Pendientes
- PLANO 05.** Plano Geológico Estructural
- PLANO 06.** Plano Geotécnico
- 07.** Ensayo Estándar de Suelos



Sistema de Coordenadas: UTM  
Datum: WGS 84  
Zona: 17S

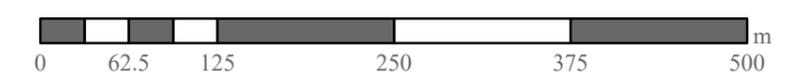


	<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA</b> FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA	
TESIS: COMPORTAMIENTO GEOLÓGICO – GEOTÉCNICO DE LADERAS Y TALUDES EN LOS ALREDEDORES DEL CANAL SENDAMAL – EL TORO PROGRESIVAS KM 0+650 – KM 1+410. CASERÍO SENDAMAL DE HUASMIN – CELENDIN.		
PLANO DE UBICACIÓN		
TESISTA: BACH. EDUAR QUILICHE PERALTA	ASESOR: DR. REINALDO RODRIGUEZ CRUZADO	PLANO
DATUM: WGS 84 ZONA: 17S	ESCALA: <b>1:25000</b>	FECHA: <b>JUNIO 2023</b>
		01



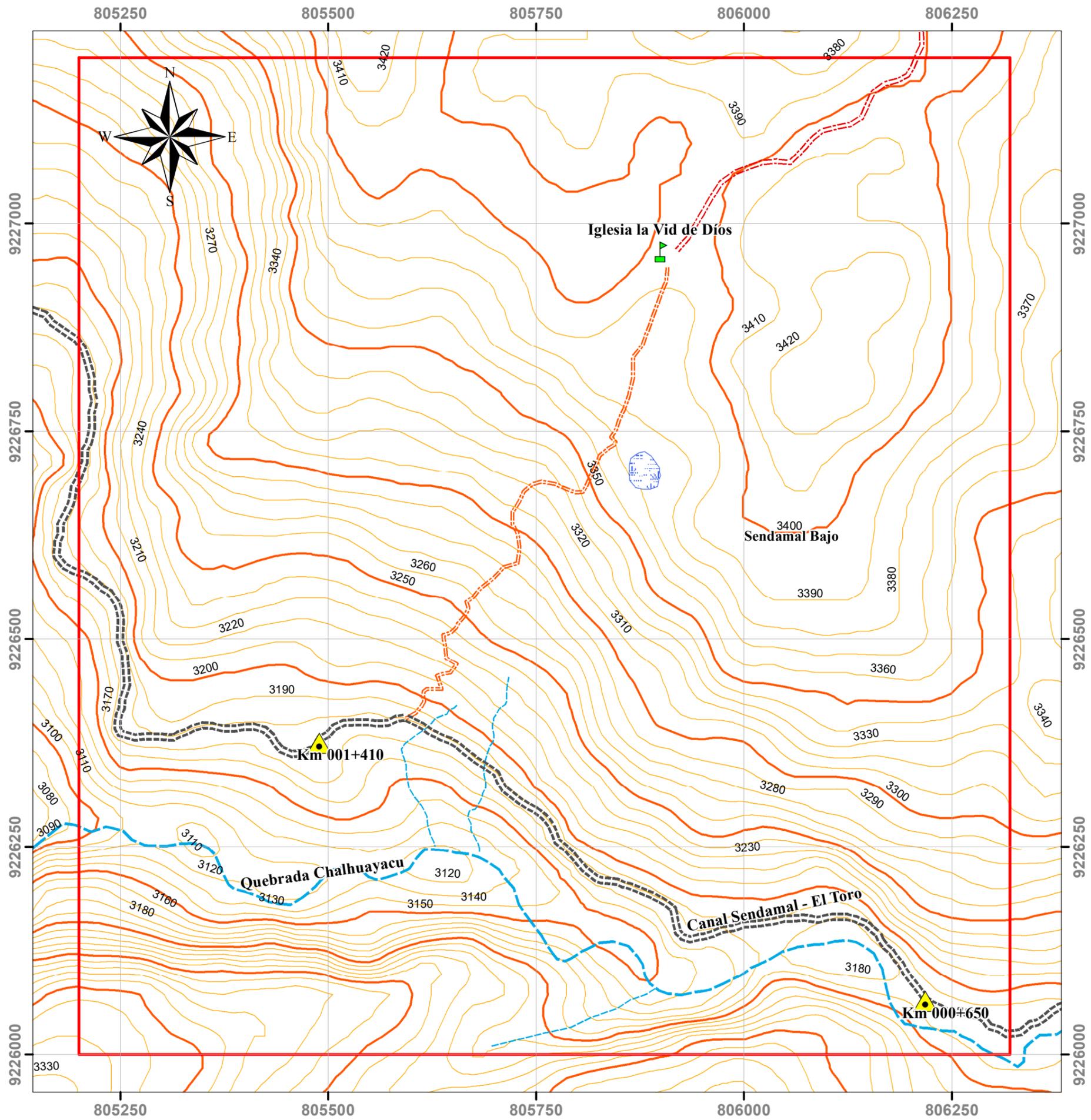
### SIMBOLOGÍA

- Área de Estudio
- Dolina
- Trocha Carrozable
- Camino de Herradura
- Canal Sendamal - El Toro
- Quebrada Chalhuayacu
- Drenajes
- ▧ Iglesia la Vid de Dios
- ▴ Progresivas



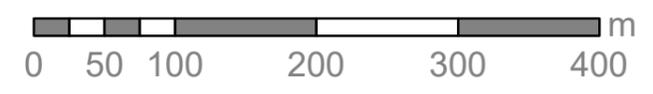
Sistema de Coordenadas: UTM  
Datum: WGS 84  
Zona: 17 S

	<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA</b> FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA	
<p>TESIS:</p> <p style="text-align: center;">COMPORTAMIENTO GEOLÓGICO – GEOTÉCNICO DE LADERAS Y TALUDES EN LOS ALREDEDORES DEL CANAL SENDAMAL – EL TORO PROGRESIVAS KM 0+650 – KM 1+410. CASERÍO SENDAMAL DE HUASMIN – CELENDIN.</p>		
PLANO SATELITAL		
TESISTA: BACH. EDUAR QUILICHE PERALTA	ASESOR: DR. REINALDO RODRIGUEZ CRUZADO	PLANO
DATUM: WGS 84 ZONA: 17S	ESCALA: <b>1:5000</b>	FECHA: <b>JUNIO 2023</b>
		02



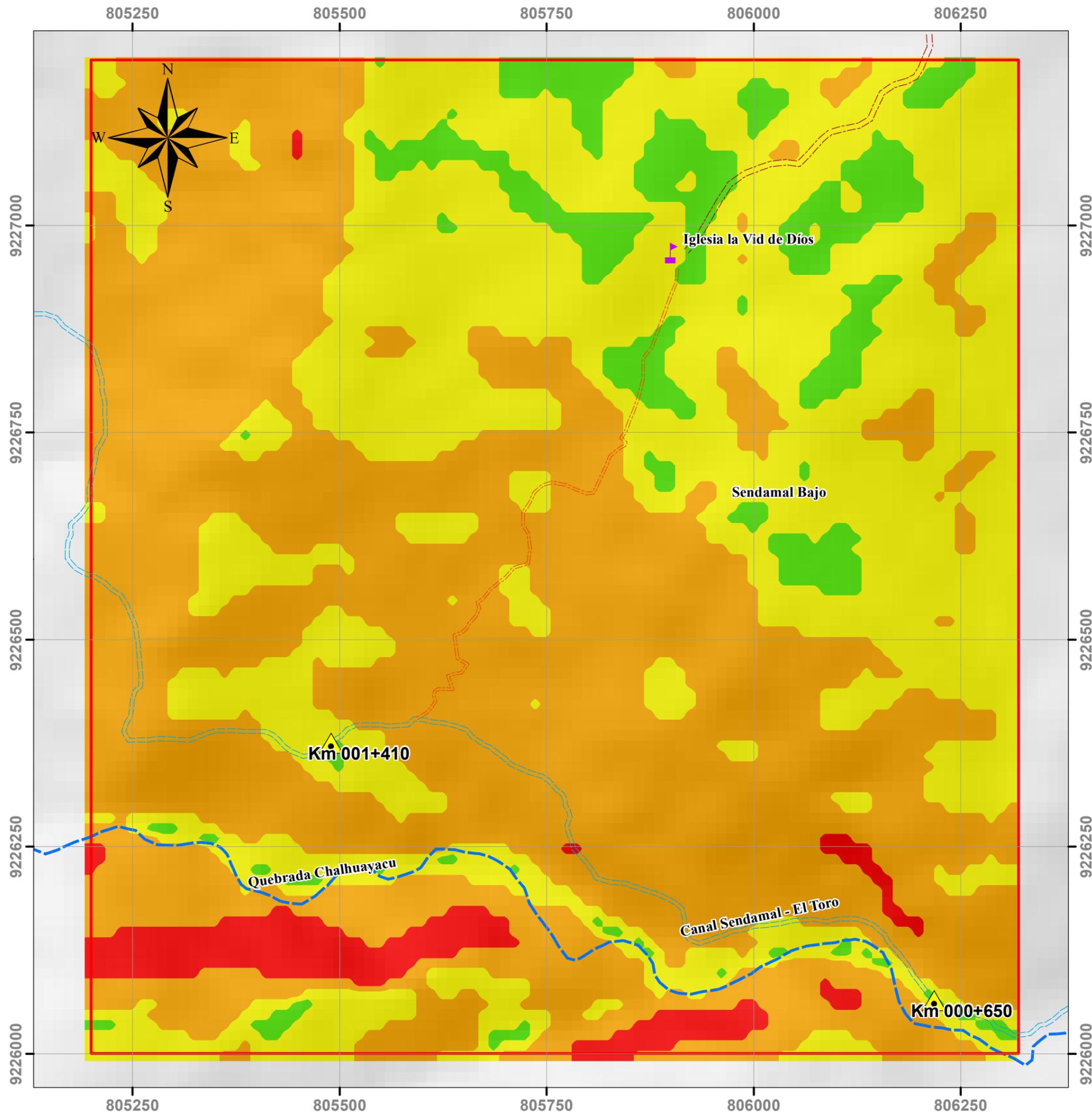
### SIMBOLOGÍA

- Área de Estudio
- Dolina
- Canal Sendamal - El Toro
- Quebrada Chahuayacu
- Drenajes
- Trocha Carrozable
- Camino de Herradura
- Curvas Menores
- Curvas Mayores
- ▲ Iglesia la Vid de Dios
- ▲ Progresivas



Sistema de Coordenadas: UTM  
 Datum: WGS 84  
 Zona: 17 S

	<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA</b> FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA	
TESIS: COMPORTAMIENTO GEOLÓGICO – GEOTÉCNICO DE LADERAS Y TALUDES EN LOS ALREDEDORES DEL CANAL SENDAMAL – EL TORO PROGRESIVAS KM 0+650 – KM 1+410. CASERÍO SENDAMAL DE HUASMIN – CELENDIN.		
PLANO MDE		
TESISTA: BACH. EDUAR QUILICHE PERALTA	ASESOR: DR. REINALDO RODRIGUEZ CRUZADO	PLANO
DATUM: WGS 84 ZONA: 17S	ESCALA: 1:5000	FECHA: JUNIO 2023
		03



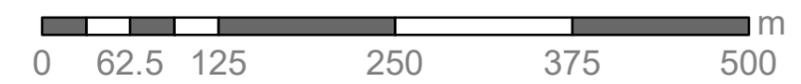
### LEYENDA

- Planicies (0° - 8°)
- Lomadas (8° - 20°)
- Laderas (20° - 50°)
- Escarpes (50° - 90°)

Tomado de Rodriguez, (2016).

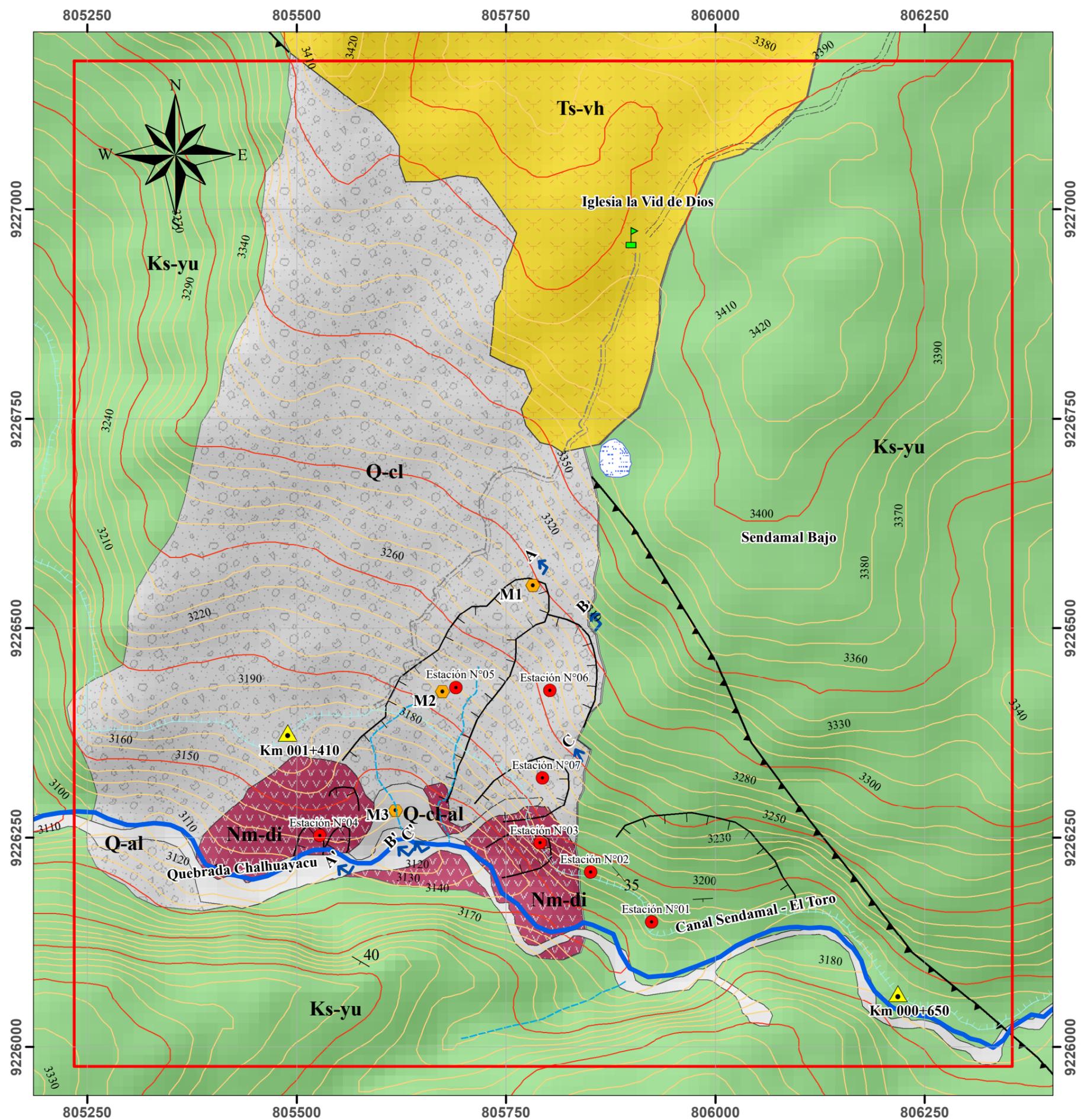
### SIMBOLOGÍA

- Área de investigación
- Trocha Carrozable
- Camino de Herradura
- Canal Sendamal - El Toro
- Quebrada Chahuayacu
- Iglesia la Vid de Dios
- Progresivas



Sistema de Coordenadas: UTM  
Datum: WGS 84  
Zona: 17 S

<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA</b> FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA		
TESIS: COMPORTAMIENTO GEOLÓGICO – GEOTÉCNICO DE LADERAS Y TALUDES EN LOS ALREDEDORES DEL CANAL SENDAMAL – EL TORO PROGRESIVAS KM 0+650 – KM 1+410. CASERÍO SENDAMAL DE HUASMIN – CELENDIN.		
PLANO DE PENDIENTES		
TESIS: BACH. EDUAR QUILICHE PERALTA	ASESOR: DR. REINALDO RODRIGUEZ CRUZADO	PLANO
DATUM: WGS 84 ZONA: 17S	ESCALA: 1:5000	FECHA: JUNIO 2023
		04



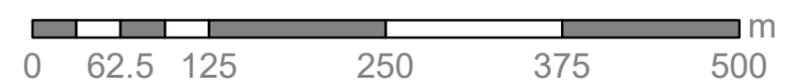
### LEYENDA

	Depósitos Aluviales
	Dépositos Coluvio-Aluviales
	Cuaternario Coluvial (Q-cl)
	Diorita (Nm-di)
	Volcánico Huambos (Ts-hv)
	Formación Yumagual (Ks-yu)

Fuente: Tomado de la carta 14-g2 INGEMMET, (2022).

### SIMBOLOGÍA

	Área de Investigación		Dolina
	Camino de Herradura		Trocha Carrozable
	Canal Sendamal - El Toro		Quebrada-Chalhuayacu
	Falla Inversa		Drenajes
	Perfiles AA',BB',CC'		Frente de Deslizamiento
	Curvas de Nivel Mayor		Curvas de Nivel Menor
	Estaciones Geotécnicas		Puntos de Muestreo
	Progresivas		Iglesia la Vid de Dios
	Buzamientos		

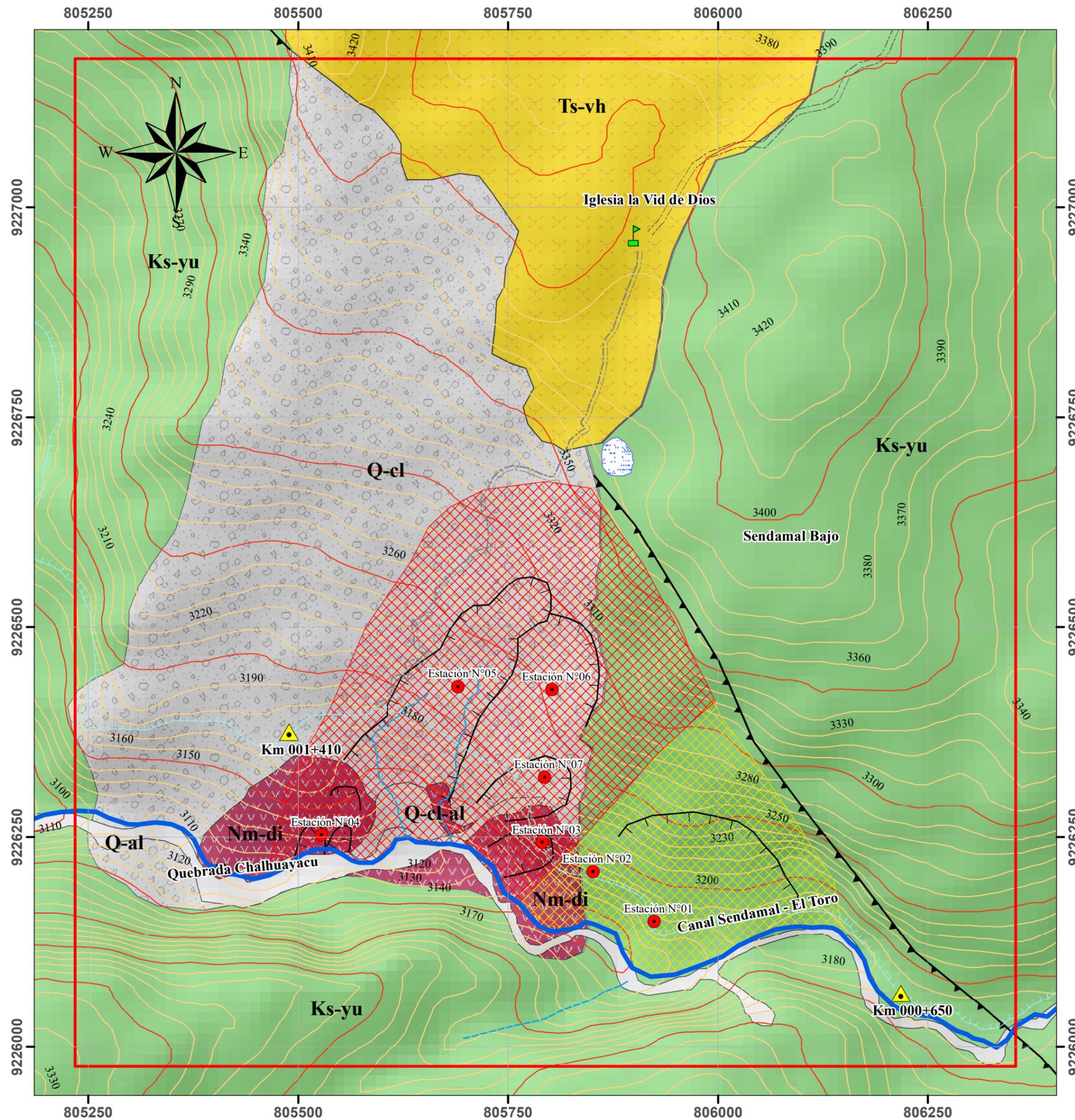


Sistema de Coordenadas: UTM  
Datum: WGS 84  
Zona: 17 S

	<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA</b> FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA	
--	---	--

TESIS:  
 COMPORTAMIENTO GEOLÓGICO – GEOTÉCNICO DE LADERAS Y TALUDES EN LOS ALREDEDORES DEL  
 CANAL SENDAMAL – EL TORO PROGRESIVAS KM 0+650 – KM 1+410.  
 CASERÍO SENDAMAL DE HUASMIN – CELENDIN.

PLANO GEOLÓGICO-ESTRUCTURAL		
TESISTA: BACH. EDUAR QUILICHE PERALTA	ASESOR: DR. REINALDO RODRIGUEZ CRUZADO	PLANO
DATUM: WGS 84 ZONA: 17S	ESCALA: 1:5000	FECHA: JUNIO 2023
		<b>05</b>



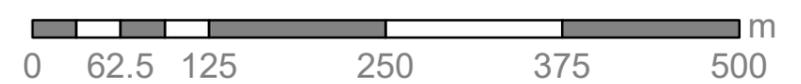
### LEYENDA

	Depósitos Aluviales
	Dépositos Coluvio-Aluviales
	Cuaternario Coluvial (Q-cl)
	Diorita (Nm-di)
	Volcánico Huambos (Ts-hv)
	Formación Yumagual (Ks-yu)

Fuente: Tomado de la carta 14-g2 INGEMMET, (2022).

### SIMBOLOGÍA

	Zona Crítica 1		Zona Crítica 2
	Área de Investigación		Dolina
	Camino de Herradura		Trocha Carrozable
	Canal Sendamal - El Toro		Quebrada-Chahuayacu
	Falla Inversa		Drenajes
	Curvas de Nivel Mayor		Frente de Deslizamiento
	Estaciones Geotécnicas		Curvas de Nivel Menor
	Progresivas		Iglesia la Vid de Dios



Sistema de Coordenadas: UTM  
Datum: WGS 84  
Zona: 17 S

	<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA</b> FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA	
TESIS: COMPORTAMIENTO GEOLÓGICO – GEOTÉCNICO DE LADERAS Y TALUDES EN LOS ALREDEDORES DEL CANAL SENDAMAL – EL TORO PROGRESIVAS KM 0+650 – KM 1+410. CASERÍO SENDAMAL DE HUASMIN – CELENDIN.		
PLANO GEOTÉCNICO		
TESISTA: BACH. EDUAR QUILICHE PERALTA	ASESOR: DR. REINALDO RODRIGUEZ CRUZADO	PLANO
DATUM: WGS 84 ZONA: 17S	ESCALA: 1:5000	FECHA: JUNIO 2023
		<b>06</b>



REGISTRO No. 006-21

**GEOTECNIA & PROYECTOS SAC**

NDECOPI N° 00849-2007

RUC N° 20491609843

v. Mártires de Uchuracay 1811

976 710 364

giovaniml@hotmail.com

CAJAMARCA

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

## Ensayos estándar de suelos

PROYECTO

***COMPORTAMIENTO GEOLÓGICO –  
GEOTECNICO DE LADERAS Y TALUDES  
EN LOS ALREDEDORES DEL CANAL  
SENDAMAL – EL TORO PROGRESIVAS  
km. 0+650 – km 1+410, CASERÍO  
SENDAMAL DE HUASMIN - CELENDÍN***

**SOLICITA:**

***BACH. EDUAR QUILICHE PERALTA.***



Datos proporcionados por el solicitante

Registro No. : **006-20**  
 Proyecto : **COMPORTAMIENTO GEOLÓGICO - GEOTECNICO DE LADERAS Y TALUDES EN LOS ALREDEDORES DEL CANAL SENDAMAL - EL TORO PROGRESIVAS km. 0+650 - km 1+410, CASERÍO SENDAMAL DE HUASMIN - CELENDÍN**  
 Ubicación : **Huasmin - Celendin - Cajamarca.**  
 Cliente : **Bach. EDUAR QUILICHE PERALTA**

Datos proporcionados por el cliente

Bach. **EDUAR QUILICHE PERALTA**  
 Pasaje Gregorio Pita N° 120  
 RUC/DNI: **47441901** Fono: **976 930 353**  
 Contacto : **Bach. Eduar Quiliche Peralta 976 930 353**

Datos del muestreo indicadas por el solicitante

Realizado por : -----  
 Fecha muestreo : **21/02/08**  
 Identificación : **M1**  
 Profundidad (m) : **-**  
 N° de muestra : **1**  
 Progresiva / Cantera : -----  
 Lado : -----  
 Coordenadas : **805 782 9 226 551**  
 Elevación (m) : **-**  
 Otra referencia : **-**

Datos de la muestra recibida

ID Laboratorio: **LAB - CAJ 01**  
 ID Cliente : **-**  
 Material : **SUELO**  
 Tipo : **MAB**  
 Presentación **1 Costal Plástico Cerrado**  
 Cantidad : **Aprox. 20 kg**  
 Fecha recepción : **21/02/08**  
 Registro y/o especificaciones del solicitante :  
 -----

Este reporte de ensayo sólo es válido si es parte integral de un informe de ensayo emitido por el laboratorio de Geotecnia & Proyectos S.A.C.

Informe

PARÁMETRO	MÉTODO	ENSAYO	RESULTADOS	UNIDADES	INCERT <sup>(1)</sup>	OBSERVACIONES	
SUELOS. Método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo. 1ª Edición.	NTP 339.127-2019	(T)	<b>11</b>	%	-		
SUELOS. Método de ensayo para el análisis granulométrico. 1ª Edición	NTP 339.128-2019	(T)	3/4"	<b>88</b>	% Q' Pasa	-	% Finos: 22
			N° 4	<b>53</b>	% Q' Pasa	-	% Arenas : 31
			N° 10	<b>48</b>	% Q' Pasa	-	% Gravas : 47
			N° 40	<b>36</b>	% Q' Pasa	-	Coef. de Uniformidad (Cu): -
SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico, e índice de plasticidad de suelos. 1ª Edición	NTP 339.129-2019	(T)	L.L.	<b>30</b>	%	-	Coef. de Curvatura (Cc): -
			L.P.	<b>23</b>	%	-	
			I.P.	<b>7</b>	%	-	
SUELOS. Método para la clasificación de suelos con propósitos de ingeniería (sistema unificado de clasificación de suelos, SUCS). 1ª Edición	NTP 339.134-2019	(T)	<b>GM</b>	-	-	<b>GRAVA LIMOSA ARENA</b>	
SUELOS. Método para la clasificación de suelos para uso en vías de transporte. 1ª Edición.	NTP 339.135-2019	(T)	<b>A-2-4 (0)</b>	-	-	<b>GRAVA Y ARENA LIMOARCILLOSAS</b>	
Contramuestra: Se conservará hasta 15 días después de entrega de Informe							
Temperatura Inicial:	17,5 °C	Humedad Relativa Inicial:	57%	Temperatura Final:	17,5 °C	Humedad Relativa Inicial:	52%

<sup>(1)</sup> No pedido por el solicitante

A : Ensayo Acreditado

T : Ensayo con trazabilidad metrológica

MÉTODO : Corresponde al código de la Norma Técnica Peruana aplicada

INCERT : Corresponde a la incertidumbre expandida=2 para un 95 % de confianza

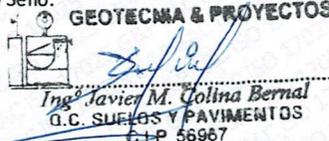
Realizado Por: **Giovani A. Montoya L.**

Firma y Sello:



Revisado Por: **Javier M. Colina B.**

Firma y Sello:



Geotecnia & Proyectos SAC



ISO 17025



Datos de la muestra

ID Laboratorio : LAB - CAJ 01	Registro No. : 006-20
Simbolo de Grupo de Clasificación de suelo unificado (visual) : Gravias limosas	Procedimiento
Ensayos previos del espécimen : _____	Método A : <input checked="" type="checkbox"/> Método B : _____
Material excluido del ensayo : _____	Tamaño máximo aproximado (visual) : 1½in.
Muestra contiene más de un tipo de material : _____	Temperatura del Horno si no es 100 ± 5 °C : _____
Temperatura Inicial: 20,9 °C	Humedad Relativa Inicial: 52%
Temperatura Final: 21,4 °C	Humedad Relativa Inicial: 55%
Observaciones :	

Registro y cálculos del ensayo

Número de Laboratorio :			
Número de Taladro :			
Temperatura del Horno si no es 110 °C			
Número de Tara		T-01	
Masa de Tara	$M_t$ g	688	
Tara + Masa Muestra Húmeda	$M_{t+mh}$ g	4990	
Tara Inicial Masa de Muestra Seca	$M_{t+ms}$ g	4562	
Tara Secundaria Masa de Muestra Seca	$M_{t'+ms}$ g	4562	
Tara Final Masa de Muestra Seca	$M_{t''+ms}$ g	-	
Masa de Agua	$M_w = M_{t+mh} - M_{t+ms}$ g	427,8	
Masa de Sólidos	$M_s = M_{t+ms} - M_t$ g	3 874,1	
Contenido de Humedad	$W = (M_w/M_s) \times 100$	11,04	
<b>w% PROMEDIO (%)</b>			<b>11</b>

Este reporte de ensayo sólo es válido si es parte integral de un informe de ensayo emitido por el laboratorio de Geotecnia & Proyectos S.A.C.

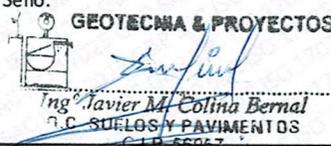
Realizado Por: **Giovani A. Montoya L.**

Firma y Sello:



Revisado Por: **Javier M. Colina B.**

Firma y Sello:



Geotecnia & Proyectos SAC



ISO 17025



Datos de la muestra

ID Laboratorio : <b>LAB - CAJ 01</b>	Registro No. : <b>006-20</b>
--------------------------------------	------------------------------

Símbolo de Grupo de Clasificación de suelo unificado (visual) : <b>CL</b> Arcilla con gravas		Procedimiento	
Ensayos previos del espécimen : <b>---</b>		TM aproximado (visual) : <b>1 1/2 in.</b>	Húmedo : <input checked="" type="checkbox"/> Seco al aire : <input type="checkbox"/> Seco al horno : <input type="checkbox"/>
Observaciones :			

Registro y cálculos del ensayo

Completar 1ra y/o 2da si se realiza tamizado completo	1ra Separación	2da Separación	Tamizado simple / fracción
Tamiz de Separación Designación	3/4 in.	No. 4	
Fracción Gruesa Retenida Seca (g)	1 578	1 362,1	
Fracción Gruesa Retenida limpia y Seca (g)	1 577	1 361,2	
Fracción Fina pasante Húmeda (g)	-	-	
Humedad de Fracción Fina pasante ASTM D2216 (%)	-	-	
Fracción Fina pasante Seca (g)	10044	1 962,3	
Masa Total Inicial Seca (g)	11 622	3 324	461,00
Masa Lavada y Seca (< No.4) Seca (g)	---	---	279,62

**MÉTODO DE ENSAYO :**  
 Método A  Método B

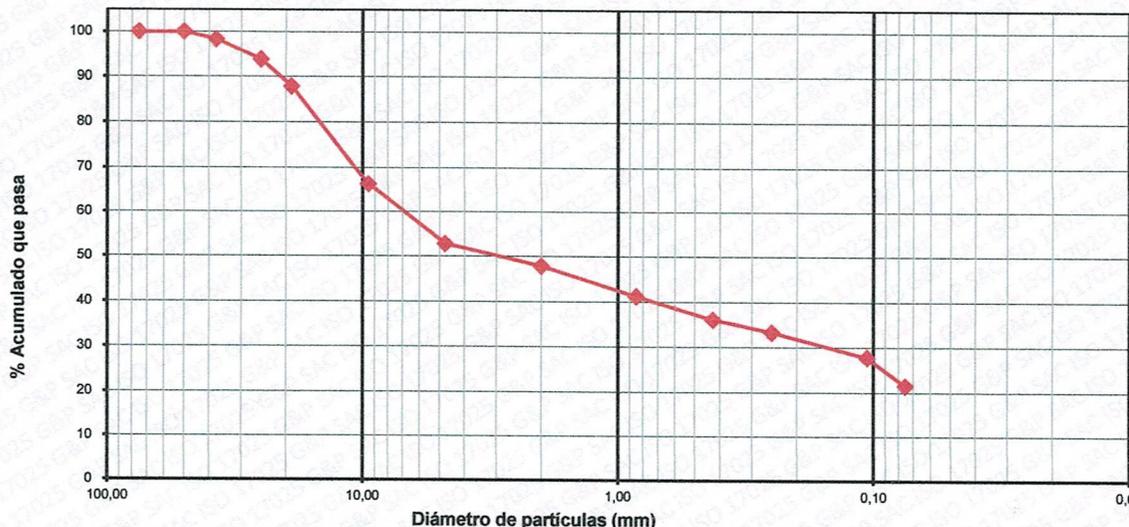
**PROCEDIMIENTO PARA OBTENER ESPECÍMENES DE ENSAYO :**  
 T<sub>c1</sub> = Tamizado Compuesto 1  T<sub>c2</sub> = Tamizado Compuesto 2  
 T<sub>s</sub> = Tamizado Simple

**AGENTE DISPERSANTE :**  
 Baño Ultrasonico  Defloculante  Ninguno

**CRITERIOS DE ACEPTACIÓN POR PERDIDAS EN EL PROCESAMIENTO :**

Fase de ensayo	Lavado	Tamizado	Ret. Remanente	Lavado
Criterio	0,5	0,5	2	0,5
1ra. Separación	0,06	0,06	1,70	0,01
2da. Separación	0,07	0,05	1,66	0,03
Fracción Fina	-----	0,18	---	---
Condición	Ok	Ok	Ok	Ok

Tamiz 8" Diametro		Masa Secas Retenidas (g)			Retenido en Tamiz Separador	Factor de tamizado	Retenidos Parcial (%)	Retenidos Acumulados (%)	% que Pasa
Designación ASTM E11	Abertura (mm)	Fracción Gruesa de 1ra. Separación (g)	Fracción Gruesa de 2da. Separación (g)	Fracción Fina Tamizado Simple (g)					
3 in.	75,000					0,008604371	0,00	0,000	100
2 in.	50,000					0,008604371	0,00	0,00	100
1 1/2 in.	37,500	195				0,008604371	1,68	1,68	98
1 in.	25,000	527				0,008604371	4,53	6,21	94
3/4 in.	19,000	684				0,008604371	5,88	12,09	88
3/8 in.	9,500	170,7	818,1		1,70	0,026442834	21,63	33,73	66
No. 4	4,750		509,8			0,026442834	13,48	47,21	53
No. 10	2,000		32,6	42,74	1,66	0,114518693	4,89	52,10	48
No. 20	0,850			58,26		0,114518693	6,67	58,77	41
No. 40	0,425			44,76		0,114518693	5,13	63,90	36
No. 60	0,250			24,58		0,114518693	2,81	66,71	33
No. 140	0,106			47,67		0,114518693	5,46	72,17	28
No. 200	0,075			55,17		0,114518693	6,32	78,49	22
Cazoleta	-			5,95					



D<sub>60</sub>= 7,29  
 D<sub>30</sub>= 0,16  
 D<sub>10</sub>= -  
 C<sub>u</sub>= -  
 C<sub>c</sub>= -

- Gravas 47
- Gravas gruesa 12
- Gravas finas 35
- Arenas 31
- Arena gruesa 5
- Arena media 12
- Arena fina 15
- Finos Plásticos 22

Este reporte de ensayo sólo es válido si es parte integral de un informe de ensayo emitido por el laboratorio de Geotecnia & Proyectos S.A.C.

Realizado Por: **Giovani A. Montoya L.**  
 Firma y Sello:   
**GEOTECNIA & PROYECTOS SAC**  
**Giovani A. Montoya Lizama**  
 LABORATORIO  
 COD. ANR. 52100070

Revisado Por: **Javier M. Colina B.**  
 Firma y Sello:   
**GEOTECNIA & PROYECTOS**  
**Ing. Javier M. Colina Bernal**  
 G.C. SUELOS Y PAVIMENTOS  
 C.I.P. 56967





Datos de la muestra recibida

ID Laboratorio : <b>LAB - CAJ 01</b>	Registro No. : <b>006-20</b>
--------------------------------------	------------------------------

Humedad de Recepción (%)	Tamaño Máximo de Partículas (Visual)	1/2 in.	Retenido en Tamiz No. 40 (%)	20
--------------------------	--------------------------------------	---------	------------------------------	----

Preparación del Espécimen

Húmedo	<input checked="" type="checkbox"/>	Lavado sobre el Tamiz No. 40	<input checked="" type="checkbox"/>	Agua de Mezcla	
Secado al Aire	<input type="checkbox"/>	Tamizado en seco sobre el Tamiz No. 40	<input type="checkbox"/>	Destilada	<input type="checkbox"/>
secado al Horno	<input type="checkbox"/>	Empujado Mecánicamente sobre el Tamiz No. 40	<input type="checkbox"/>	Desmineralizada	<input checked="" type="checkbox"/>
		Mezclado en Capsula y Removidas las Partículas de Arena	<input type="checkbox"/>	Otro	<input type="checkbox"/>

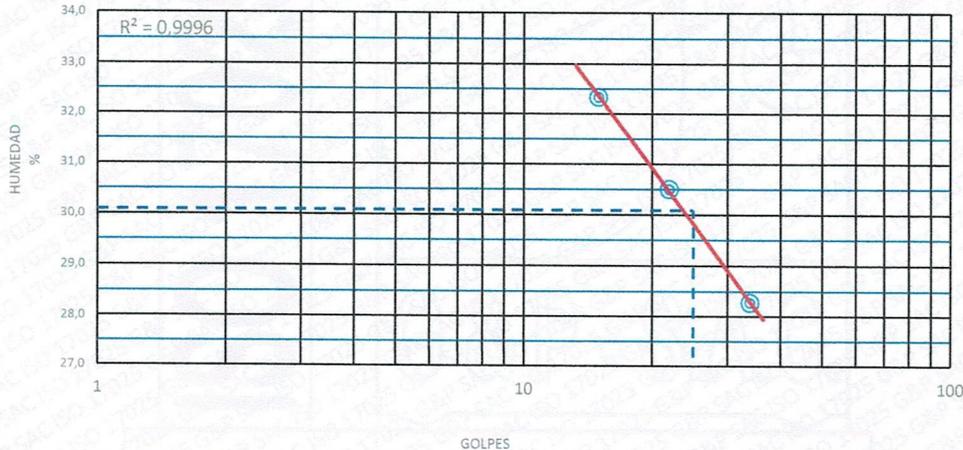
Equipo Empleado

Límite Plástico Rolado Manual <input checked="" type="checkbox"/> Dispositivo de Rolado Mecánico <input type="checkbox"/>	Límite Líquido Equipo Manual <input checked="" type="checkbox"/> Equipo Mecánico <input type="checkbox"/>	Ranurador Casagrande / ASTM Metálico <input type="checkbox"/> Plástico <input checked="" type="checkbox"/>
---	---	--

Registros y Cálculos del Ensayo

**LÍMITE LÍQUIDO**

Número de Tara	D6	D7	D8
Masa de la Tara (g)	15,33	15,56	14,95
Masa de la Tara + Suelo Húmedo (g)	26,75	32,12	28,38
Masa de la Tara + Suelo Seco (g)	23,96	28,25	25,42
Masa de Suelo Seco (g)	2,79	3,87	2,96
Masa de Agua (g)	8,63	12,69	10,47
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	32,33	30,50	28,27
Número de Golpes	15	22	30
LÍMITE LÍQUIDO UNIPUNTO ASTM	—	—	



**LÍMITE PLÁSTICO**

Número de Tara	D9	D10
Masa de la Tara (g)	15,20	15,78
Masa de la Tara + Suelo Húmedo (g)	23,88	23,81
Masa de la Tara + Suelo Seco (g)	22,31	22,24
Masa de Suelo Seco (g)	1,57	1,57
Masa de Agua (g)	7,11	6,46
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	22,08	24,30
PROMEDIO	23,19	

LÍMITE LÍQUIDO, LL	<b>30</b>
LÍMITE PÁSTICO, LP	<b>23</b>
ÍNDICE DE PLASTICIDAD, IP	<b>7</b>
ÍNDICE DE LIQUIDEZ, IL	---
COEFICIENTE DE DETERMINACIÓN, R <sup>2</sup>	<b>1,00</b>
CLASIFICACIÓN SEGÚN CARTA DE PLASTICIDAD	

Observaciones

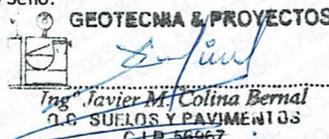

Realizado Por: **Giovani A. Montoya L.**

Firma y Sello:



Revisado Por: **Javier M. Colina B.**

Firma y Sello:



Geotecnia & Proyectos SAC



Este reporte de ensayo sólo es válido si es parte integral de un informe de ensayo emitido por el laboratorio de Geotecnia & Proyectos S.A.C.



Datos de la muestra

ID Laboratorio : <b>LAB - CAJ 01</b>	Registro No. : <b>006-20</b>
--------------------------------------	------------------------------

Observaciones :

Reporte de clasificación

Resultados obtenidos del ensayo NTP 339,128-14												
3 in.	2 in.	1½ in.	1 in.	¾ in.	3/8 in.	No. 4	No. 10	No. 20	No. 40	No. 60	No. 140	No. 200
100	100	98	94	88	66	53	48	41	36	33	28	22
0	0	2	6	12	34	47	52	59	64	67	72	78

Dímetros definidos :

$D_{10}$  = -

$D_{30}$  = 0,16

$D_{60}$  = 7,29

Coefficientes calculados :

$C_u$  = -

$C_c$  = -

Proporciones definidas :

Porcentajes de bolones : 0  
 Porcentajes de cantos : 0  
 Porcentajes de bloques : 0

Porcentajes de gravas : 47  
 Gruesa : 12  
 Fina : 35

Porcentajes de arenas : 31  
 Gruesa : 5  
 Media : 12  
 Fina : 15

Porcentajes de finos : 22

Resultados obtenidos del ensayo NTP 339,129-14

Límite Líquido = 30

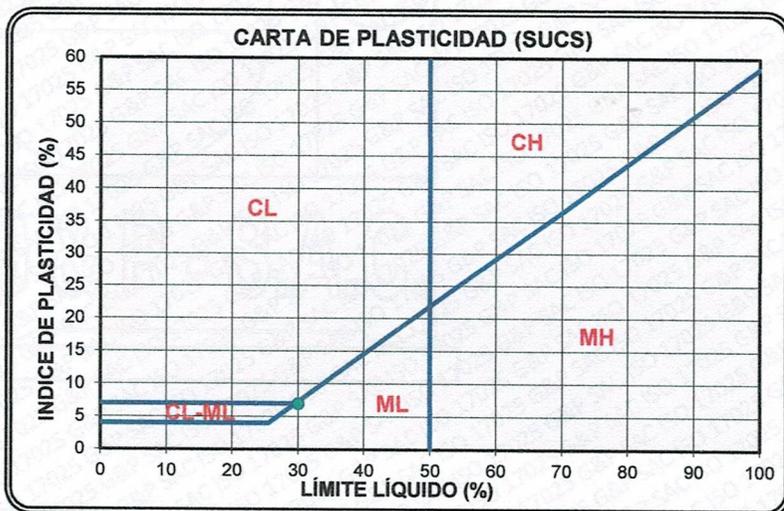
Límite Plástico = 23

Índice Plástico = 7

Clasificación de suelos con propósitos de ingeniería

SÍMBOLO DE GRUPO : **GM**

NOMBRE DE GRUPO : **GRAVA LIMOSA ARENA**



Este reporte de ensayo sólo es válido si es parte integral de un informe de ensayo emitido por el laboratorio de Geotecnia & Proyectos S.A.C.

Realizado Por: **Giovani A. Montoya L.**  
 Firma y Sello:  
  
**Giovani A. Montoya Ilezama**  
 LABORATORIO  
 C.B.P. 56967

Revisado Por: **Javier M. Colina B.**  
 Firma y Sello:  
  
**GEOTECNIA & PROYECTOS**  
 Ing. Javier M. Colina Bernal  
 O.C. SUELOS Y PAVIMENTOS  
 C.B.P. 56967





Datos de la muestra

ID Laboratorio : LAB - CAJ 01

Registro No. : 006-20

Observaciones :

Reporte de clasificación

Resultados obtenidos del ensayo NTP 339,128-14

3 in.	2 in.	1½ in.	1 in.	¾ in.	3/8 in.	No. 4	No. 10	No. 20	No. 40	No. 60	No. 140	No. 200
100	100	98	94	88	66	53	48	41	36	33	28	22

Dímetros definidos :

D<sub>10</sub>= -

D<sub>30</sub>= 0,16

D<sub>60</sub>= 7,29

Coefficientes calculados :

C<sub>u</sub>= -

C<sub>c</sub>= -

Proporciones definidas :

Porcentajes de bolones : 0

Porcentajes de gravas : 47

Porcentajes de arenas : 31

Porcentajes de finos : 22

Gruesa : 12  
Fina : 35

Gruesa : 5  
Media : 12  
Fina : 15

Resultados obtenidos del ensayo NTP 339,129-14

Límite Líquido = 30

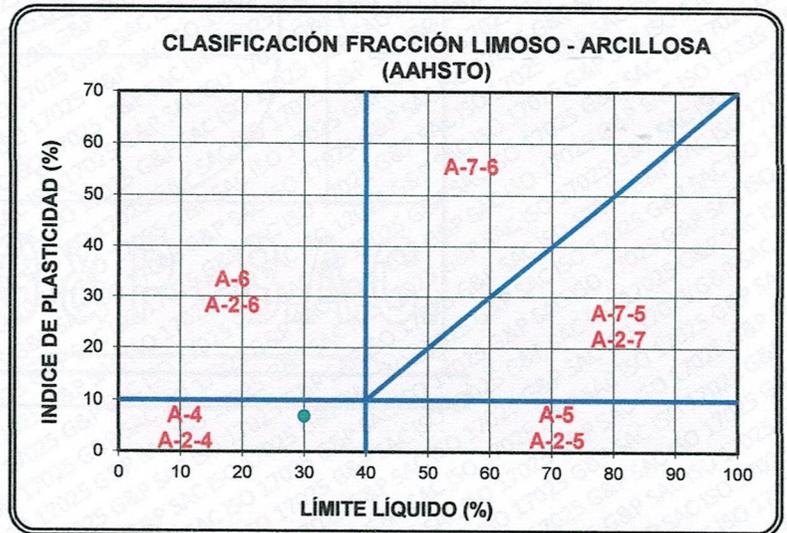
Límite Plástico = 23

Índice Plástico = 7

Clasificación de suelos para usos en vías de transporte

SIMBOLO DE GRUPO : **A-2-4 (0)**

NOMBRE DE GRUPO : **GRAVA Y ARENA LIMOARCILLOSAS**



Este reporte de ensayo sólo es válido si es parte integral de un informe de ensayo emitido por el laboratorio de Geotecnia & Proyectos S.A.C.

Realizado Por: **Giovani A. Montoya L.**

Firma y Sello:

**GEOTECNIA & PROYECTOS SAC**  
  
**Giovani A. Montoya Lizama**  
 LABORATORIO  
 COP. ANR. 82100070

Revisado Por: **Javier M. Colina B.**

Firma y Sello:

**GEOTECNIA & PROYECTOS**  
  
**Ing.º Javier M. Colina Bernal**  
 I.C. SUELOS Y PAVIMENTOS  
 G.I.P. 56867

Geotecnia & Proyectos SAC



ISO 17025



Datos proporcionados por el solicitante

Registro No. : **006-20**  
 Proyecto : **COMPORTAMIENTO GEOLÓGICO - GEOTECNICO DE LADERAS Y TALUDES EN LOS ALREDEDORES DEL CANAL SENDAMAL - EL TORO PROGRESIVAS km. 0+650 - km 1+410, CASERÍO SENDAMAL DE HUASMIN - CELENDÍN**  
 Ubicación : **Huasmin - Celendin - Cajamarca.**  
 Cliente : **Bach. EDUAR QUILICHE PERALTA**

Datos proporcionados por el cliente

Bach. EDUAR QUILICHE PERALTA  
 Pasaje Gregorio Pita N° 120  
 RUC/DNI: **47441901** Fono : **976 930 353**  
 Contacto : **Bach. Eduar Quiliche Peralta 976 930 353**

Datos del muestreo indicadas por el solicitante

Realizado por : -----  
 Fecha muestreo : **21/02/08**  
 Identificación : **M2**  
 Profundidad (m) : **-**  
 N° de muestra : **1**  
 Progresiva / Cantera : -----  
 Lado : -----  
 Coordenadas : **805 674 92 226 424**  
 Elevación (m) : **-**  
 Otra referencia : **-**

Datos de la muestra recibida

ID Laboratorio: **LAB - CAJ 01**  
 ID Cliente : **-**  
 Material : **SUELO**  
 Tipo : **MAB**  
 Presentación **1 Costal Plástico Cerrado**  
 Cantidad : **Aprox. 15 kg**  
 Fecha recepción : **21/02/08**  
 Registro y/o especificaciones del solicitante :  
 -----

Informe

PARÁMETRO	MÉTODO	ENSAYO	RESULTADOS	UNIDADES	INCERT <sup>(1)</sup>	OBSERVACIONES	
SUELOS. Método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo. 1ª Edición.	NTP 339.127-2019	(T)	<b>26</b>	%	-		
SUELOS. Método de ensayo para el análisis granulométrico. 1ª Edición	NTP 339.128-2019	(T)	3/4" <b>100</b>	% Q' Pasa	-	% Finos: 57	
			N° 4 <b>100</b>	% Q' Pasa	-	% Arenas: 43	
			N° 10 <b>97</b>	% Q' Pasa	-	% Gravas: 0	
			N° 40 <b>87</b>	% Q' Pasa	-	Coef. de Uniformidad (Cu): -	
SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico, e índice de plasticidad de suelos. 1ª Edición	NTP 339.129-2019	(T)	L.L. <b>30</b>	%	-	Coef. de Curvatura (Cc): -	
			L.P. <b>21</b>	%	-		
			I.P. <b>9</b>	%	-		
SUELOS. Método para la clasificación de suelos con propósitos de ingeniería (sistema unificado de clasificación de suelos, SUCS). 1ª Edición	NTP 339.134-2019	(T)	<b>CL</b>	-	-	<b>ARCILLA FINA ARENOSA</b>	
SUELOS. Método para la clasificación de suelos para uso en vías de transporte. 1ª Edición.	NTP 339.135-2019	(T)	<b>A-4 (12)</b>	-	-	<b>SUELO LIMOSO</b>	
Contramuestra: Se conservará hasta 15 días después de entrega de Informe							
Temperatura Inicial:	17,5 °C	Humedad Relativa Inicial:	57%	Temperatura Final:	17,5 °C	Humedad Relativa Inicial:	52%

Este reporte de ensayo sólo es válido si es parte integral de un informe de ensayo emitido por el laboratorio de Geotecnia & Proyectos S.A.C.

<sup>(1)</sup> No pedido por el solicitante

A : Ensayo Acreditado  
 T : Ensayo con trazabilidad metrológica  
 MÉTODO : Corresponde al código de la Norma Técnica Peruana aplicada  
 INCERT : Corresponde a la incertidumbre expndida=2 para un 95 % de confianza

Realizado Por: **Giovani A. Montoya L.**  
 Firma y Sello:  
  
**GEOTECNIA & PROYECTOS SAC**  
**Giovani A. Montoya L.**  
 LABORATORIO  
 COD. ANR. 52100070

Revisado Por: **Javier M. Colina B.**  
 Firma y Sello:  
  
**GEOTECNIA & PROYECTOS**  
**Ing° Javier M. Colina Bernal**  
 Q.C. SUELOS Y PAVIMENTOS  
 C.I.P. 56867





**GEOTECNIA & PROYECTOS SAC**

Av. Mártires de Uchuracay N° 1811  
RUC 20491609843  
INDECOPÍ 00849-2007  
976 710 364  
giovaniml@hotmail.com



**INFORME DE ENSAYO No. : 0017-21**

Fecha de Emisión : 21/02/16

**SUELOS. Método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo. 1ª Edición.**

**NTP 339.127-2019**

Datos de la muestra

ID Laboratorio : LAB - CAJ 01	Registro No. : 006-20
Simbolo de Grupo de Clasificación de suelo unificado (visual) : CL Arcilla con arenas	Procedimiento
Ensayos previos del espécimen : _____	Método A : <input checked="" type="checkbox"/> Método B : _____
Material excluido del ensayo : _____	Tamaño máximo aproximado (visual) : No. 10
Muestra contiene más de un tipo de material : _____	Temperatura del Horno si no es 100 ± 5 °C : _____
Temperatura Inicial: 20,9 °C	Humedad Relativa Inicial: 52%
Temperatura Final: 21,4 °C	Humedad Relativa Inicial: 55%
Observaciones :	

Registro y cálculos del ensayo

Número de Laboratorio :			
Número de Taladro :			
Temperatura del Horno si no es 110 °C			
Número de Tara		T-5	
Masa de Tara	$M_t$ g	133	
Tara + Masa Muestra Húmeda	$M_{t+mh}$ g	1 143,9	
Tara Inicial Masa de Muestra Seca	$M_{t+ms}$ g	937,5	
Tara Secundaria Masa de Muestra Seca	$M_{t2+ms}$ g	937,5	
Tara Final Masa de Muestra Seca	$M_{t2+ms}$ g	-	
Masa de Agua	$M_w = M_{t+mh} - M_{t+ms}$ g	206,4	
Masa de Sólidos	$M_s = M_{t+ms} - M_t$ g	804,5	
Contenido de Agua	$W = (M_w/M_s) \times 100$	25,66	
<b>w% PROMEDIO (%)</b>		<b>26</b>	

Este reporte de ensayo sólo es válido si es parte integral de un informe de ensayo emitido por el laboratorio de Geotecnia & Proyectos S.A.C.

Realizado Por: **Giovani A. Montoya L.**  
 Firma y Sello:  
  
**GEOTECNIA & PROYECTOS SAC**  
**Giovani A. Montoya Lezama**  
 LABORATORIO  
 Q.C. ANS 27100070

Revisado Por: **Javier M. Colina B.**  
 Firma y Sello:  
  
**GEOTECNIA & PROYECTOS**  
**Ing. Javier M. Colina Bernal**  
 Q.C. SUELOS Y PAVIMENTOS  
 Q.C.P. 58267





Datos de la muestra

ID Laboratorio : LAB - CAJ 01	Registro No. : 006-20
Símbolo de Grupo de Clasificación de suelo unificado (visual) : CL Arcilla con arenas	
Ensayos previos del espécimen : _____	TM aproximado (visual) : No. 10
Húmedo : <input checked="" type="checkbox"/> Seco al aire : <input type="checkbox"/> Seco al horno : <input type="checkbox"/>	
Observaciones :	

Registro y cálculos del ensayo

Completar 1ra y/o 2da si se realiza tamizado completo	1ra Separación	2da Separación	Tamizado simple / fracción
Tamiz de Separación Designación	3/4 in.	No. 4	
Fracción Gruesa Retenida Seca (g)	_____	_____	
Fracción Gruesa Retenida limpia y Seca (g)	_____	_____	
Fracción Fina pasante Húmeda (g)	_____	_____	
Humedad de Fracción Fina pasante ASTM D2216 (%)	_____	_____	
Fracción Fina pasante Seca (g)	_____	_____	
Masa Total Inicial Seca (g)	_____	_____	622,41
Masa Lavada y Seca (< No.4) Seca (g)	_____	_____	298,26

MÉTODO DE ENSAYO :  
Método A  Método B

PROCEDIMIENTO PARA OBTENER ESPECÍMENES DE ENSAYO :  
 T<sub>c1</sub> = Tamizado Compuesto 1     T<sub>c2</sub> = Tamizado Compuesto 2  
 T<sub>s</sub> = Tamizado Simple

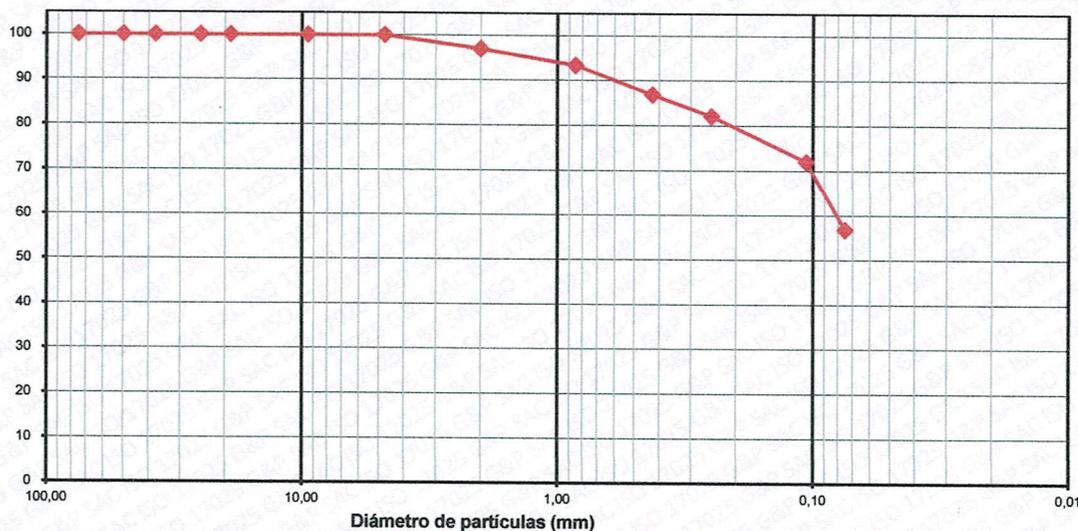
AGENTE DISPERSANTE :  
 Baño Ultrasonico     Defloculante     Ninguno

CRITERIOS DE ACEPTACIÓN POR PERDIDAS EN EL PROCESAMIENTO :

Fase de ensayo	Lavado	Tamizado	Ret. Remanente	Lavado
Criterio	0,5	0,5	2	0,5
1ra. Separación				
2da. Separación				
Fracción Fina	-----	0,10	---	----
Condición	Ok	Ok	Ok	Ok

Este reporte de ensayo sólo es válido si es parte integral de un informe de ensayo emitido por el laboratorio de Geotecnia & Proyectos S.A.C.

Tamiz 8" Diametro		Masa Secas Retenidas (g)			Retenido en Tamiz Separador	Factor de tamizado	Retenidos Parcial (%)	Retenidos Acumulados (%)	% que Pasa
Alternativo	Designación ASTM E11	Fracción Gruesa de 1ra. Separación (g)	Fracción Gruesa de 2da. Separación (g)	Fracción Fina Tamizado Simple (g)					
3 in.	75,000								
2 in.	50,000								
1½ in.	37,500								
1 in.	25,000								
¾ in.	19,000								
3/8 in.	9,500								
No. 4	4,750								100
No. 10	2,000			18,80	4,70	0,160665647	3,02	3,02	97
No. 20	0,850			22,69		0,160665647	3,65	6,67	93
No. 40	0,425			39,87		0,160665647	6,41	13,07	87
No. 60	0,250			29,78		0,160665647	4,78	17,86	82
No. 140	0,106			63,17		0,160665647	10,15	28,01	72
No. 200	0,075			94,37		0,160665647	15,16	43,17	57
Cazoleta	-			29,28					



D<sub>60</sub>= 0,08  
D<sub>30</sub>= -  
D<sub>10</sub>= -  
C<sub>u</sub>= -  
C<sub>c</sub>= -

- Gravas
- Gravas gruesa
- Gravas finas
- Arenas 43
- Arena gruesa 3
- Arena media 10
- Arena fina 30
- Finos Plásticos 57

Realizado Por: **Giovani A. Montoya L.**  
Firma y Sello:  
  
**GEOTECNIA & PROYECTOS SAC**  
**Giovani A. Montoya Lezama**  
LABORATORIO  
CGD. ANR. 82100076

Revisado Por: **Javier M. Colina B.**  
Firma y Sello:  
  
**GEOTECNIA & PROYECTOS**  
**Ing. Javier M. Colina Bernal**  
O.C. SUELOS Y PAVIMENTOS  
C.I.B. 55967





Datos de la muestra recibida

ID Laboratorio : LAB - CAJ 01	Registro No. : 006-20
Humedad de Recepción (%)	Tamaño Máximo de Partículas (Visual) No. 10 Retenido en Tamiz No. 40 (%) 20

Preparación del Espécimen

Húmedo <input checked="" type="checkbox"/>	Lavado sobre el Tamiz No. 40 <input checked="" type="checkbox"/>	Agua de Mezcla
Secado al Aire <input type="checkbox"/>	Tamizado en seco sobre el Tamiz No. 40 <input type="checkbox"/>	Destilada <input type="checkbox"/>
Secado al Horno <input type="checkbox"/>	Empujado Mecánicamente sobre el Tamiz No. 40 <input type="checkbox"/>	Desmineralizada <input checked="" type="checkbox"/>
	Mezclado en Capsula y Removidas las Partículas de Arena <input type="checkbox"/>	Otro <input type="checkbox"/>

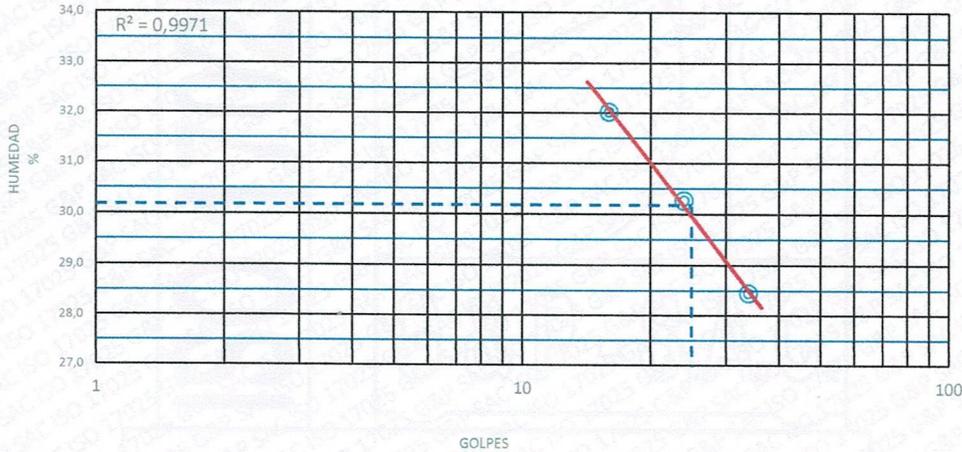
Equipo Empleado

Límite Plástico	Límite Líquido	Ranurador Casagrande / ASTM
Rolado Manual <input checked="" type="checkbox"/>	Equipo Manual <input checked="" type="checkbox"/>	Metalico <input type="checkbox"/>
Dispositivo de Rolado Mecánico <input type="checkbox"/>	Equipo Mecánico <input type="checkbox"/>	Plástico <input checked="" type="checkbox"/>

Registros y Cálculos del Ensayo

LÍMITE LÍQUIDO

Número de Tara	D12	D13	D14
Masa de la Tara (g)	15,66	15,95	15,37
Masa de la Tara + Suelo Húmedo (g)	27,33	27,96	25,44
Masa de la Tara + Suelo Seco (g)	24,50	25,17	23,21
Masa de Suelo Seco (g)	2,83	2,79	2,23
Masa de Agua (g)	8,84	9,22	7,84
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	32,01	30,26	28,44
Número de Golpes	16	24	35
LÍMITE LÍQUIDO UNIPUNTO ASTM	---	---	---



LÍMITE PLÁSTICO

Número de Tara	D15	D16
Masa de la Tara (g)	15,58	15,45
Masa de la Tara + Suelo Húmedo (g)	20,91	21,58
Masa de la Tara + Suelo Seco (g)	19,98	20,51
Masa de Suelo Seco (g)	0,93	1,07
Masa de Agua (g)	4,40	5,06
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	21,14	21,15
PROMEDIO	21,14	

LÍMITE LÍQUIDO, LL	30
LÍMITE PLÁSTICO, LP	21
ÍNDICE DE PLASTICIDAD, IP	9
ÍNDICE DE LIQUEZ, IL	----
COEFICIENTE DE DETERMINACIÓN, R²	1,00
CLASIFICACIÓN SEGUN CARTA DE PLASTICIDAD	

Observaciones

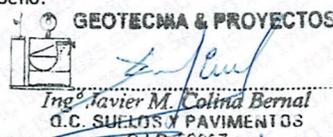

Realizado Por: Giovani A. Montoya L.

Firma y Sello:



Revisado Por: Javier M. Colina B.

Firma y Sello:



Geotecnia & Proyectos SAC



ISO 17025

Este reporte de ensayo sólo es válido si es parte integral de un informe de ensayo emitido por el laboratorio de Geotecnia & Proyectos S.A.C.



Datos de la muestra

ID Laboratorio : LAB - CAJ 01	Registro No. : 006-20
-------------------------------	-----------------------

Observaciones :

Reporte de clasificación

Resultados obtenidos del ensayo NTP 339,128-14												
3 in.	2 in.	1½ in.	1 in.	¾ in.	3/8 in.	No. 4	No. 10	No. 20	No. 40	No. 60	No. 140	No. 200
100	100	100	100	100	100	100	97	93	87	82	72	57
0	0	0	0	0	0	0	3	7	13	18	28	43

Dímetros definidos :

D<sub>10</sub> = -

D<sub>30</sub> = -

D<sub>60</sub> = 0,08

Coefficientes calculados :

C<sub>u</sub> = -

C<sub>c</sub> = -

Proporciones definidas :

Porcentajes de bolones : 0  
 Porcentajes de cantos : 0  
 Porcentajes de bloques : 0

Porcentajes de gravas : 0  
 Gruesa : 0  
 Fina : 0

Porcentajes de arenas : 43  
 Gruesa : 3  
 Media : 10  
 Fina : 30

Porcentajes de finos : 57

Resultados obtenidos del ensayo NTP 339,129-14

Límite Líquido = 30

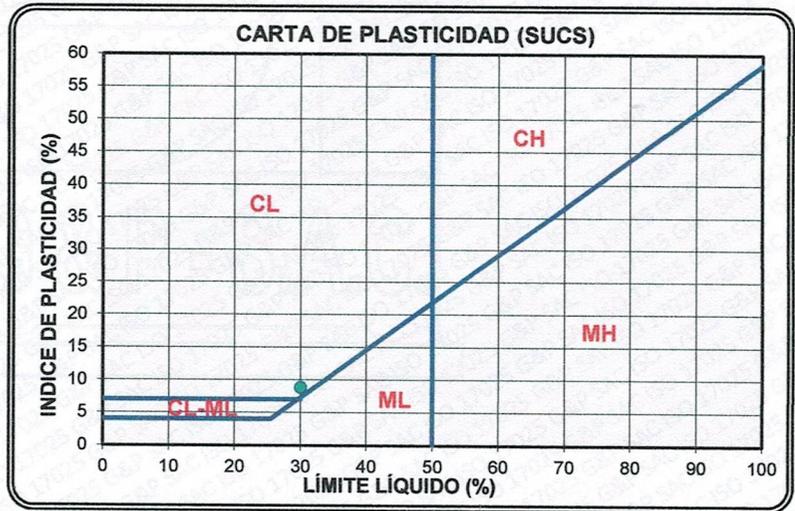
Límite Plástico = 23

Índice Plástico = 9

Clasificación de suelos con propósitos de ingeniería

SÍMBOLO DE GRUPO : CL

NOMBRE DE GRUPO : ARCILLA FINA ARENOSA



Este reporte de ensayo sólo es válido si es parte integral de un informe de ensayo emitido por el laboratorio de Geotecnia & Proyectos S.A.C.

Realizado Por: **Giovani A. Montoya L.**  
 Firma y Sello:  
  
**GEOTECNIA & PROYECTOS SAC**  
**Giovani A. Montoya Lezama**  
 LABORATORIO  
 COP. ANR. 52100020

Revisado Por: **Javier M. Colina B.**  
 Firma y Sello:  
  
**GEOTECNIA & PROYECTOS**  
**Ing. Javier M. Colina Bernal**  
 Q.C. SUELOS Y PAVIMENTOS  
 C.I.P. 55867





Datos de la muestra

ID Laboratorio : LAB - CAJ 01	Registro No. : 006-20
-------------------------------	-----------------------

Observaciones :

Reporte de clasificación

Resultados obtenidos del ensayo NTP 339,128-14												
3 in.	2 in.	1½ in.	1 in.	¾ in.	3/8 in.	No. 4	No. 10	No. 20	No. 40	No. 60	No. 140	No. 200
100	100	100	100	100	100	100	97	93	87	82	72	57

Dímetros definidos :

D<sub>10</sub>= -

D<sub>30</sub>= -

D<sub>60</sub>= 0,08

Coefficientes calculados :

C<sub>u</sub>= -

C<sub>c</sub>= -

Proporciones definidas :

Porcentajes de bolones : 0

Porcentajes de gravas : 0

Porcentajes de arenas : 43

Porcentajes de finos : 57

Gruesa : 0  
Fina : 0

Gruesa : 3  
Media : 10  
Fina : 30

Resultados obtenidos del ensayo NTP 339,129-14

Límite Líquido = 30

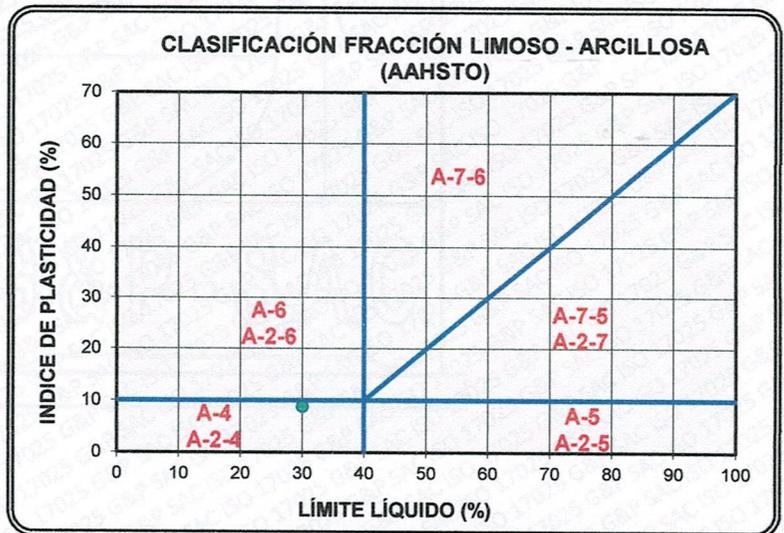
Límite Plástico = 21

Índice Plástico = 9

Clasificación de suelos para usos en vías de transporte

SÍMBOLO DE GRUPO : A-4 (12)

NOMBRE DE GRUPO : SUELO LIMOSO



Este reporte de ensayo sólo es válido si es parte integral de un informe de ensayo emitido por el laboratorio de Geotecnia & Proyectos S.A.C.

Realizado Por: **Giovani A. Montoya L.**  
Firma y Sello:

Revisado Por: **Javier M. Colina B.**  
Firma y Sello:





Datos proporcionados por el solicitante

Registro No. : **006-20**  
 Proyecto : **COMPORTAMIENTO GEOLÓGICO - GEOTECNICO DE LADERAS Y TALUDES EN LOS ALREDEDORES DEL CANAL SENDAMAL - EL TORO PROGRESIVAS km. 0+650 - km 1+410, CASERÍO SENDAMAL DE HUASMIN - CELENDÍN**  
 Ubicación : **Huasmin - Celendin - Cajamarca.**  
 Cliente : **Bach. EDUAR QUILICHE PERALTA**

Datos proporcionados por el cliente

Bach. EDUAR QUILICHE PERALTA  
 Pasaje Gregorio Pita N° 120  
 RUC/DNI: **47441901** Fono : **976 930 353**  
 Contacto : **Bach. Eduar Quiliche Peralta 976 930 353**

Datos del muestreo indicadas por el solicitante

Realizado por : -----  
 Fecha muestreo : **21/02/08**  
 Identificación : **M3**  
 Profundidad (m) : -  
 N° de muestra : **1**  
 Progresiva / Cantera : -----  
 Lado : -----  
 Coordenadas : **805 648 9 226 282**  
 Elevación (m) : -  
 Otra referencia : -

Datos de la muestra recibida

ID Laboratorio: **LAB - CAJ 01**  
 ID Cliente : -  
 Material : **SUELO**  
 Tipo : **MAB**  
 Presentación **1 Costal Plástico Cerrado**  
 Cantidad : **Aprox. 15 kg**  
 Fecha recepción : **21/02/08**  
 Registro y/o especificaciones del solicitante : -----

Informe

PARÁMETRO	MÉTODO	ENSAYO	RESULTADOS	UNIDADES	INCERT <sup>(1)</sup>	OBSERVACIONES	
SUELOS. Método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo. 1ª Edición.	NTP 339.127-2019	(T)	<b>26</b>	%	-		
SUELOS. Método de ensayo para el análisis granulométrico. 1ª Edición	NTP 339.128-2019	(T)	3/4"	<b>100</b>	% Q' Pasa	-	% Finos: 14
			N° 4	<b>100</b>	% Q' Pasa	-	% Arenas: 86
			N° 10	<b>91</b>	% Q' Pasa	-	% Gravas: 0
			N° 40	<b>60</b>	% Q' Pasa	-	Coef. de Uniformidad (Cu): -
SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico, e índice de plasticidad de suelos. 1ª Edición	NTP 339.129-2019	(T)	L.L.	<b>22</b>	%	-	Coef. de Curvatura (Cc): -
			L.P.	<b>0</b>	%	-	
			I.P.	<b>0</b>	%	-	
SUELOS. Método para la clasificación de suelos con propósitos de ingeniería (sistema unificado de clasificación de suelos, SUCS). 1ª Edición	NTP 339.134-2019	(T)	<b>SM</b>	-	-	<b>ARENA LIMOSA</b>	
SUELOS. Método para la clasificación de suelos para uso en vías de transporte. 1ª Edición.	NTP 339.135-2019	(T)	<b>A-2-4 (0)</b>	-	-	<b>ARENA LIMOSA</b>	

Contramuestra: Se conservará hasta 15 días después de entrega de Informe

Temperatura Inicial:	17,5 °C	Humedad Relativa Inicial:	57%	Temperatura Final:	17,5 °C	Humedad Relativa Inicial:	52%
----------------------	---------	---------------------------	-----	--------------------	---------	---------------------------	-----

Este reporte de ensayo solo es válido si es parte integral de un informe de ensayo emitido por el laboratorio de Geotecnia & Proyectos S.A.C.

<sup>(1)</sup> No pedido por el solicitante

A : Ensayo Acreditado

T : Ensayo con trazabilidad metrológica

MÉTODO : Corresponde al código de la Norma Técnica Peruana aplicada

INCERT : Corresponde a la incertidumbre expndida=2 para un 95 % de confianza

Realizado Por: **Giovani A. Montoya L.**

Firma y Sello:

**GEOTECNIA & PROYECTOS SAC**  
  
**Giovani A. Montoya Lezama**  
 LABORATORIO  
 GTP 56967

Revisado Por: **Javier M. colina B.**

Firma y Sello:

**GEOTECNIA & PROYECTOS**  
  
**Ing. Javier M. Colina Bernal**  
 D.C. SUELOS Y PAVIMENTOS  
 GTP 56967

Geotecnia & Proyectos SAC



ISO 17025



# GEOTECNIA & PROYECTOS SAC

Av. Mártires de Uchuracay N° 1811  
 RUC 20491609843  
 INDECOPI 00849-2007  
 976 710 364  
 giovaniml@hotmail.com



## INFORME DE ENSAYO No. : 0018-21

Fecha de Emisión : 21/02/16

### SUELOS. Método de ensayo para el análisis granulométrico. 1ª Edición

NTP 339.128-2019

Datos de la muestra

ID Laboratorio : LAB - CAJ 01	Registro No. : 006-20
-------------------------------	-----------------------

Simbolo de Grupo de Clasificación de suelo unificado (visual) : SM Arenas con finos	Procedimiento
Ensayos previos del espécimen : _____	TM aproximado (visual) : No. 10
Observaciones :	Húmedo : <input checked="" type="checkbox"/> Seco al aire : <input type="checkbox"/> Seco al horno : <input type="checkbox"/>

Registro y cálculos del ensayo

Completar 1ra y/o 2da si se realiza tamizado completo	1ra Separación	2da Separación	Tamizado simple / fracción
Tamiz de Separación Designación	3/4 in.	No. 4	
Fracción Gruesa Retenida Seca (g)	_____	_____	
Fracción Gruesa Retenida limpia y Seca (g)	_____	_____	
Fracción Fina pasante Húmeda (g)	_____	_____	
Humedad de Fracción Fina pasante ASTM D2216 (%)	_____	_____	
Fracción Fina pasante Seca (g)	_____	_____	
Masa Total Inicial Seca (g)	_____	_____	680,85
Masa Lavada y Seca (< No.4) Seca (g)	_____	_____	597,77

**MÉTODO DE ENSAYO :**  
 Método A  Método B

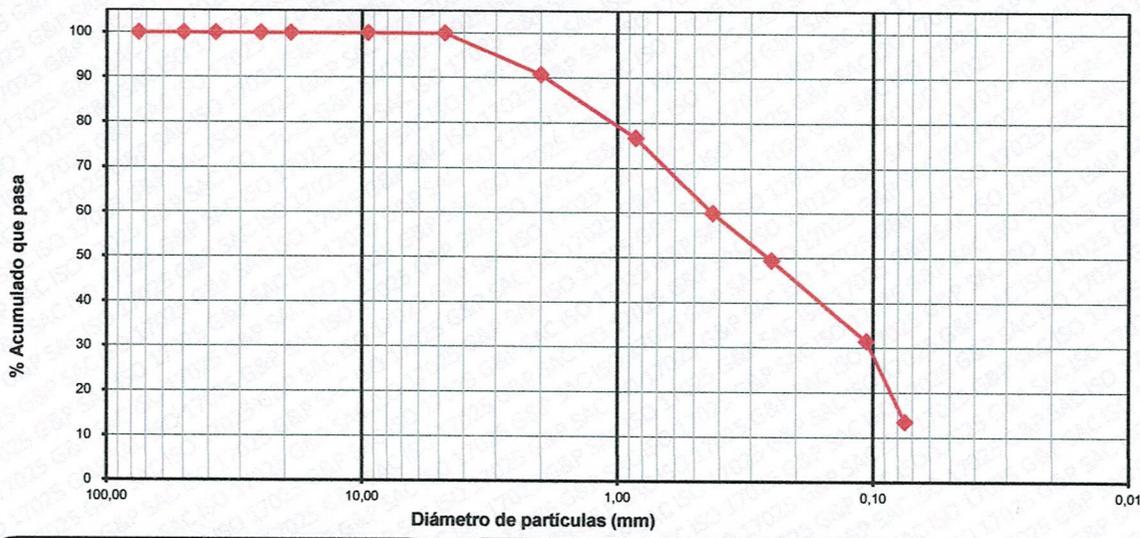
**PROCEDIMIENTO PARA OBTENER ESPECÍMENES DE ENSAYO :**  
 T<sub>c1</sub> = Tamizado Compuesto 1  T<sub>c2</sub> = Tamizado Compuesto 2  
 T<sub>s</sub> = Tamizado Simple

**AGENTE DISPERSANTE :**  
 Baño Ultrasonico  Defloculante  Ninguno

**CRITERIOS DE ACEPTACIÓN POR PERDIDAS EN EL PROCESAMIENTO :**

Fase de ensayo	Lavado	Tamizado	Ret. Remanente	Lavado
Criterio	0,5	0,5	2	0,5
1ra. Separación				
2da. Separación				
Fracción Fina	-----	0,05	---	---
Condición	Ok	Ok	Ok	Ok

Tamiz 8" Diametro		Masa Secas Retenidas (g)			Retenido en Tamiz Separador	Factor de tamizado	Retenidos Parcial (%)	Retenidos Acumulados (%)	% que Pasa
Alternativo	Designación ASTM E11	Fracción Gruesa de 1ra. Separación (g)	Fracción Gruesa de 2da. Separación (g)	Fracción Fina Tamizado Simple (g)					
3 in.	75,000								
2 in.	50,000								
1½ in.	37,500								
1 in.	25,000								
¾ in.	19,000								
3/8 in.	9,500								
No. 4	4,750								100
No. 10	2,000			62,82	1,27	0,146876261	9,23	9,23	91
No. 20	0,850			95,52		0,146876261	14,03	23,26	77
No. 40	0,425			113,82		0,146876261	16,72	39,97	60
No. 60	0,250			71,82		0,146876261	10,55	50,52	49
No. 140	0,106			122,70		0,146876261	18,02	68,54	31
No. 200	0,075			122,16		0,146876261	17,94	86,49	14
Cazoleta	-			8,66					



D<sub>60</sub>= 0,42  
 D<sub>30</sub>= -  
 D<sub>10</sub>= 0,07  
 C<sub>u</sub>= -  
 C<sub>c</sub>= -

- Gravas
- Gravas gruesa
- Gravas finas
- Arenas 86
- Arena gruesa 9
- Arena media 31
- Arena fina 47
- Finos Plásticos 14

Realizado Por: **Giovani A. Montoya L.**  
 Firma y Sello:  
  
**GEOTECNIA & PROYECTOS SAC**  
 LABORATORIO

Revisado Por: **Javier M. colina B.**  
 Firma y Sello:  
  
**GEOTECNIA & PROYECTOS**  
 Ing. Javier M. Colina Bernal  
 G.C. SUELOS Y PAVIMENTOS  
 C.I.P. 26907





**GEOTECNIA & PROYECTOS SAC**

Av. Mártires de Uchuracay N° 1811  
RUC 20491609843  
INDECOPI 00849-2007  
976 710 364  
giovaniml@hotmail.com



**INFORME DE ENSAYO No. : 0018-21**

Fecha de Emisión : 21/02/16

**SUELOS. Método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo. 1ª Edición.**

**NTP 339.127-2019**

Datos de la muestra

ID Laboratorio : LAB - CAJ 01	Registro No. : 006-20
Simbolo de Grupo de Clasificación de suelo unificado (visual) : SM Arenas con finos Ensayos previos del espécimen : _____ Material excluido del ensayo : _____ Muestra contiene más de un tipo de material : _____	Procedimiento Método A : <input checked="" type="checkbox"/> Método B : _____ Tamaño máximo aproximado (visual) : No. 10 Temperatura del Horno si no es 100 ± 5 °C : _____
Temperatura Inicial: 20,9 °C Humedad Relativa Inicial: 52% Temperatura Final: 21,4 °C Humedad Relativa Inicial: 55%	
Observaciones :	

Registro y cálculos del ensayo

Número de Laboratorio :			
Número de Taladro :			
Temperatura del Horno si no es 110 °C			
Número de Tara		T-5	
Masa de Tara	$M_t$ g	133	
Tara + Masa Muestra Húmeda	$M_{t+mh}$ g	1 143,9	
Tara Inicial Masa de Muestra Seca	$M_{t+ms}$ g	937,5	
Tara Secundaria Masa de Muestra Seca	$M_{t2+ms}$ g	937,5	
Tara Final Masa de Muestra Seca	$M_{t2+ms}$ g	-	
Masa de Agua	$M_w = M_{t+mh} - M_{t+ms}$ g	206,4	
Masa de Sólidos	$M_s = M_{t+ms} - M_t$ g	804,5	
Contenido de Agua	$W = (M_w/M_s) \times 100$	25,66	
<b>w% PROMEDIO (%)</b>			<b>26</b>

Este reporte de ensayo sólo es válido si es parte integral de un informe de ensayo emitido por el laboratorio de Geotecnia & Proyectos S.A.C.

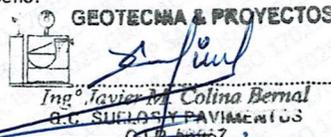
Realizado Por: **Giovani A. Montoya L.**

Firma y Sello:



Revisado Por: **Javier M. colina B.**

Firma y Sello:



Geotecnia & Proyectos SAC



ISO 17025



Datos de la muestra recibida

ID Laboratorio : LAB - CAJ 01      Registro No. : 006-20

Humedad de Recepción (%)      Tamaño Máximo de Partículas (Visual)      No. 10      Retenido en Tamiz No. 40 (%)      20

Preparación del Espécimen

Húmedo       Lavado sobre el Tamiz No. 40   
Secado al Aire       Tamizado en seco sobre el Tamiz No. 40   
secado al Horno       Empujado Mecánicamente sobre el Tamiz No. 40   
Mezclado en Capsula y Removidas las Partículas de Arena   
Agua de Mezcla      Destilada   
Desmineralizada       Otro

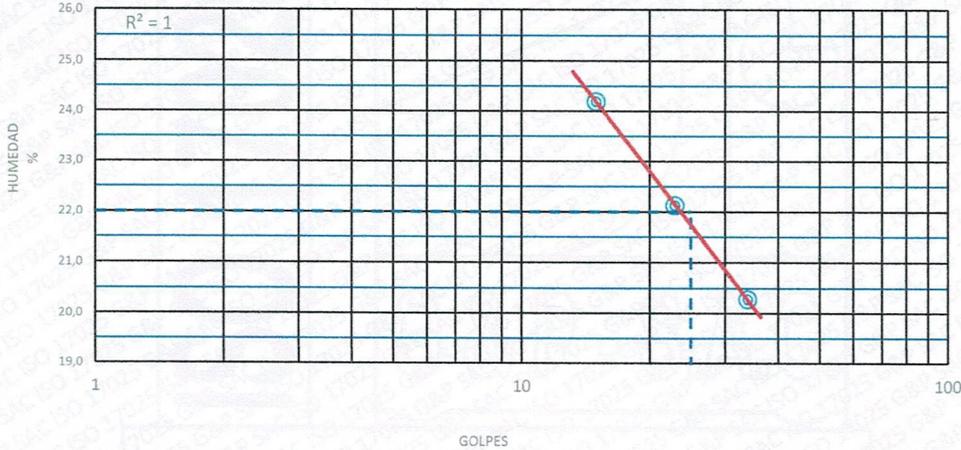
Equipo Empleado

Límite Plástico      Límite Líquido      Ranurador Casagrande / ASTM  
Rolado Manual       Equipo Manual       Metálico   
Dispositivo de Rolado Mecánico       Equipo Mecánico       Plástico

Registros y Cálculos del Ensayo

LÍMITE LÍQUIDO

Número de Tara		D17	D18	D19	
Masa de la Tara	(g)	15,73	15,33	15,23	
Masa de la Tara + Suelo Húmedo	(g)	29,49	28,91	23,00	
Masa de la Tara + Suelo Seco	(g)	26,81	26,45	21,69	
Masa de Suelo Seco	(g)	2,68	2,46	1,31	
Masa de Agua	(g)	11,08	11,12	6,46	
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	24,19	22,12	20,28	
Número de Golpes		15	23	31	
LÍMITE LÍQUIDO UNIPUNTO ASTM		—	—		



LÍMITE PLÁSTICO

Número de Tara			
Masa de la Tara	(g)		
Masa de la Tara + Suelo Húmedo	(g)		
Masa de la Tara + Suelo Seco	(g)		
Masa de Suelo Seco	(g)		
Masa de Agua	(g)		
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)		
PROMEDIO			

LÍMITE LÍQUIDO, LL	22
LÍMITE PLÁSTICO, LP	
ÍNDICE DE PLASTICIDAD, IP	
ÍNDICE DE LIQUIDEZ, IL	---
COEFICIENTE DE DETERMINACIÓN, R <sup>2</sup>	1,00
CLASIFICACIÓN SEGÚN CARTA DE PLASTICIDAD	

Observaciones

Observaciones area with multiple empty lines for text entry.

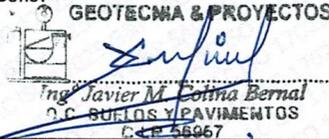
Realizado Por: Giovani A. Montoya L.

Firma y Sello:



Revisado Por: Javier M. colina B.

Firma y Sello:



Geotecnia & Proyectos SAC



ISO 17025

Este reporte de ensayo solo es válido si es parte integral de un informe de ensayo emitido por el laboratorio de Geotecnia & Proyectos S.A.C.



Datos de la muestra

ID Laboratorio : LAB - CAJ 01	Registro No. : 006-20
-------------------------------	-----------------------

Observaciones :

Reporte de clasificación

Resultados obtenidos del ensayo NTP 339,128-14												
3 in.	2 in.	1½ in.	1 in.	¾ in.	3/8 in.	No. 4	No. 10	No. 20	No. 40	No. 60	No. 140	No. 200
100	100	100	100	100	100	100	91	77	60	49	31	14
0	0	0	0	0	0	0	9	23	40	51	69	86

Dímetros definidos :

D<sub>10</sub>= 0,07

D<sub>30</sub>= -

D<sub>60</sub>= 0,42

Coefficientes calculados :

C<sub>u</sub>= -

C<sub>c</sub>= -

Proporciones definidas :

Porcentajes de bolones : 0

Porcentajes de cantos : 0

Porcentajes de bloques : 0

Porcentajes de gravas : 0

Gruesa : 0

Fina : 0

Porcentajes de arenas : 86

Gruesa : 9

Media : 31

Fina : 47

Porcentajes de finos : 14

Resultados obtenidos del ensayo NTP 339,129-14

Límite Líquido = 22

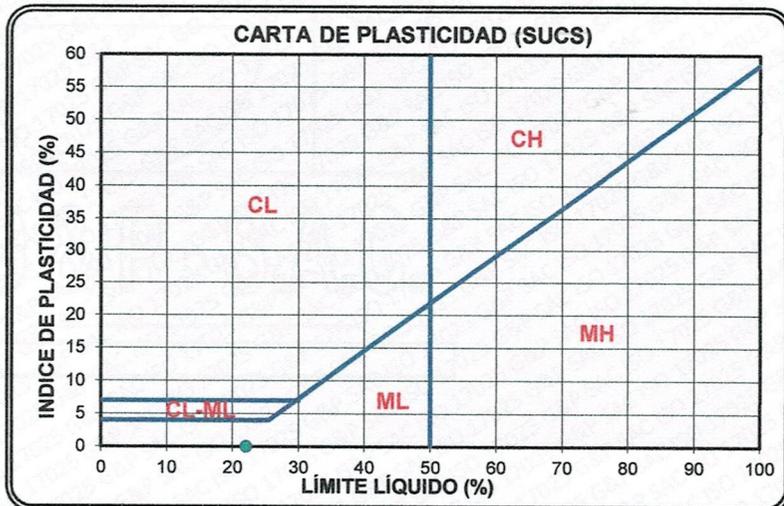
Límite Plástico =

Índice Plástico =

Clasificación de suelos con propósitos de ingeniería

SÍMBOLO DE GRUPO : SM

NOMBRE DE GRUPO : ARENA LIMOSA



Este reporte de ensayo sólo es válido si es parte integral de un informe de ensayo emitido por el laboratorio de Geotecnia & Proyectos S.A.C.

Realizado Por: Giovani A. Montoya L.

Firma y Sello:

  
**GEOECNIA & PROYECTOS SAC**  
 Giovani A. Montoya L.  
 LABORATORIO  
009-ANP-20491609843

Revisado Por: Javier M. colina B.

Firma y Sello:

  
**GEOECNIA & PROYECTOS**  
 Ing. Javier M. Colina Bernal  
 O.C. SUELOS Y PAVIMENTOS  
 C.I.P. 26967

Geotecnia & Proyectos SAC



ISO 17025



Datos de la muestra

ID Laboratorio : <b>LAB - CAJ 01</b>	Registro No. : <b>006-20</b>
--------------------------------------	------------------------------

Observaciones :

Reporte de clasificación

Resultados obtenidos del ensayo NTP 339,128-14												
3 in.	2 in.	1½ in.	1 in.	¾ in.	3/8 in.	No. 4	No. 10	No. 20	No. 40	No. 60	No. 140	No. 200
100	100	100	100	100	100	100	91	77	60	49	31	14

Dímetros definidos :

$D_{10} = 0,07$

$D_{30} = -$

$D_{60} = 0,42$

Coefficientes calculados :

$C_u = -$

$C_c = -$

Proporciones definidas :

Porcentajes de bolones : **0**

Porcentajes de gravas : **0**

Porcentajes de arenas : **86**

Porcentajes de finos : **14**

Gruesa : 0

Gruesa : 9

Fina : 0

Media : 31

Fina : 47

Resultados obtenidos del ensayo NTP 339,129-14

Límite Líquido = **22**

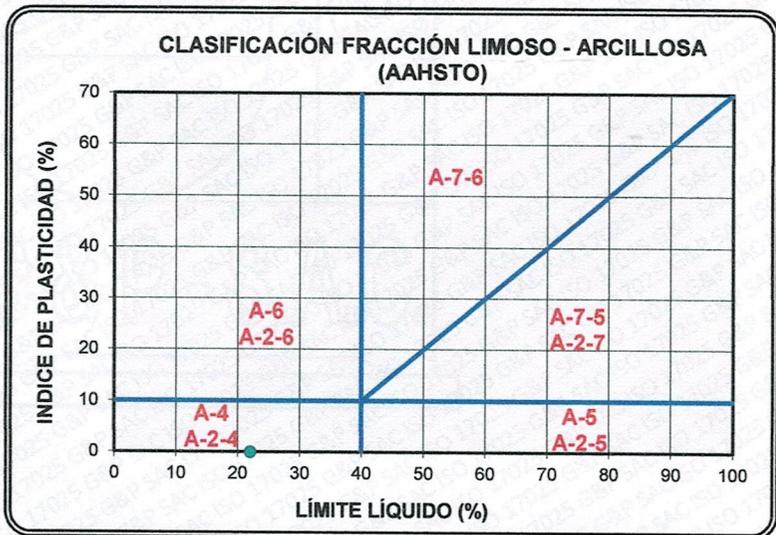
Límite Plástico = **0**

Índice Plástico = **0**

Clasificación de suelos para usos en vías de transporte

SÍMBOLO DE GRUPO : **A-2-4 (0)**

NOMBRE DE GRUPO : **ARENA LIMOSA**



Este reporte de ensayo sólo es válido si es parte integral de un informe de ensayo emitido por el laboratorio de Geotecnia & Proyectos S.A.C.

Realizado Por: **Giovani A. Montoya L.**

Firma y Sello:

**GEOTECNIA & PROYECTOS SAC**  
*Giovani A. Montoya Lezama*  
 LABORATORIO  
 CCD. ANR. 82100070

Revisado Por: **Javier M. colina B.**

Firma y Sello:

**GEOTECNIA & PROYECTOS**  
*Javier M. Colina Bernal*  
 Ing. Javier M. Colina Bernal  
 T.C. SUELOS Y PAVIMENTOS  
 C.I.P. 5007

Geotecnia & Proyectos SAC



ISO 17025