



Universidad
Nacional
de Loja

Universidad Nacional de Loja

Facultad de Energía, las Industrias y los Recursos Naturales No Renovables

Carrera de Ingeniería en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial

Caracterización geológico - geotécnica de los taludes presentes a lo largo de la vía el Carmelo _ Lauro Guerrero a nivel de factor de seguridad, ubicado en la parroquia Lauro guerrero del cantón Paltas, provincia de Loja.

Trabajo de Titulación previo a la obtención del título de Ingeniera en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial

AUTORA:

María Fernanda Alvarado Pullaguari

DIRECTOR:

Ing. Diego Israel Castillo Jaramillo, Mg. Sc.

Loja – Ecuador

2023

Certificación

Loja, 13 de abril de 2023

Ing. Diego Israel Castillo Jaramillo, Mg. Sc.

DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

CERTIFICADO:

Que he revisado y orientado todo el proceso de elaboración del Trabajo Titulación denominado: **“Caracterización geológico - geotécnica de los taludes presentes a lo largo de la vía el Carmelo _ Lauro Guerrero a nivel de factor de seguridad, ubicado en la parroquia Lauro guerrero del cantón Paltas, provincia de Loja.”** previo a la obtención del título de **Ingeniera en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial**, de la autoría de la estudiante, **María Fernanda Alvarado Pullaguari** con **cédula de identidad N° 1150356515**, una vez que el trabajo cumple con todos los requisitos exigidos por la Universidad Nacional de Loja para el efecto, autorizo la presentación del mismo para su respectiva sustentación y defensa



Firmado electrónicamente por:
**DIEGO ISRAEL
CASTILLO
JARAMILLO**

Ing. Diego Israel Castillo Jaramillo, Mg. Sc.

DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Autoría

Yo, **María Fernanda Alvarado Pullaguari**, declaro ser autora del presente Trabajo de Titulación y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos de posibles reclamos o acciones legales, por el contenido del mismo. Adicionalmente, acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja, la publicación de mi Trabajo de Titulación en el Repositorio Digital Institucional – Biblioteca Virtual.



Firmado electrónicamente por:
**MARIA FERNANDA
ALVARADO PULLAGUARI**

Firma:

Cédula de Identidad: 1150356515

Fecha: 13 de abril de 2023

Correo electrónico: mfalvaradop@unl.edu.ec

Teléfono: 0991003518

Carta de autorización por parte de la autora, para consulta, reproducción parcial o total y/o publicación electrónica del texto completo, del Trabajo de Titulación

Yo, **María Fernanda Alvarado Pullaguari**, declaro ser autora del Trabajo de Titulación denominado: **Caracterización geológico - geotécnica de los taludes presentes a lo largo de la vía el Carmelo _ Lauro Guerrero a nivel de factor de seguridad, ubicado en la parroquia Lauro guerrero del cantón Paltas, provincia de Loja**, como requisito para optar por el título de **Ingeniera en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial**, autorizo al sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que, con fines académicos, muestre la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido en el Repositorio Institucional

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el Repositorio Institucional, en las redes de información del país y del exterior con las cuales tenga convenio la Universidad

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia del Trabajo de Titulación que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, a los trece días del mes de abril de dos mil veintitrés

Firma:



Cedula de Identidad:1150356515

Dirección: Loja, Av. Génova y Oriental de paso. El Valle

Correo Electrónico: mfalvaradop@unl.edu.ec

Teléfono: 0991003518

DATOS COMPLEMENTARIOS:

Director de Trabajo de Titulación: Ing. Diego Israel Castillo Jaramillo, Mg. Sc

Dedicatoria

Este Trabajo de Titulación está dedicado:

A Dios por ser el inspirador y darme la fuerza para continuar en este proceso, de obtener uno de los anhelos más deseados.

A mis padres José y María quienes son mi motor y mi mayor inspiración, que a través de su amor, paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más, gracias por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo y valentía, de no temer las adversidades.

A mis hermanos por su cariño y apoyo incondicional durante todo este proceso, por estar conmigo en todo momento. A toda mi familia porque con sus oraciones, consejos y palabras de aliento hicieron de mí una mejor persona y de una u otra forma me acompañan en todos mis sueños y metas.

María Fernanda

Agradecimiento

Quiero expresar mi gratitud a Dios, quien con su bendición llena siempre mi vida.

De manera muy especial a mi familia, que han sido el apoyo fundamental para lograr los objetivos propuestos, con su ejemplo y amor profundo, me encaminaron a seguir con la propuesta investigativa quienes siempre me dieron esperanzas y tuvieron fe en mí.

De igual manera mis agradecimientos a la Universidad Nacional de Loja, a la facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales No Renovables, la carrera de Ingeniería en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial, a los docentes quienes con sus valiosos conocimientos hicieron que pueda crecer día a día como futura profesional y enriquecerme en conocimiento, gracias a cada uno de ustedes por su paciencia, dedicación, apoyo incondicional y amistad.

Finalmente quiero expresar mi sincero agradecimiento a mi director del Trabajo de Titulación Ing. Diego Castillo, principal colaborador durante este proceso quien con su dirección y conocimiento permitió el desarrollo de este trabajo.

María Fernanda

Índice de Contenidos

Portada	i
Certificación	ii
Autoría	iii
Carta de autorización	iv
Dedicatoria	v
Agradecimiento	vi
Índice de Contenidos	vii
Índice de tablas:	xi
Índice de figuras:	xv
Índice de anexos:	xix
1. Título	1
2. Resumen	2
2.1. Abstract.....	3
3. Introducción	4
4. Marco teórico	6
4.1. Marco geológico.	6
4.1.1. Topografía	6
4.1.2. Geología	6
4.1.3. Geología Estructural	6
4.1.4. Estratigrafía	9
4.1.5. Geomorfología.....	9
4.1.6. Pendientes.....	10
4.1.7. Hidrología.....	10
4.1.8. Movimientos de ladera	11
4.2. Marco Geotécnico.....	13
4.2.1. Métodos Directos e Indirectos.....	14

4.2.2. Mecánica de suelos.....	16
4.2.3. Mecánica de rocas.	23
4.2.4. Criterio de Rotura de Mohr – Coulomb	28
4.2.5. Criterio de Hoek & Brown Generalizado.....	29
4.2.6. Estabilidad de taludes	30
4.2.7. Análisis de Equilibrio Limite y Factor de Seguridad	33
5. Metodología.....	36
5.1. Descripción general del área de estudio.	36
5.1.1. Ubicación administrativa del área de estudio.	36
5.1.2. Localización Geográfica.....	37
5.1.3. Acceso.	37
5.1.4. Información Climática.....	38
5.1.5. Hidrografía.....	39
5.1.6. Geomorfología.....	39
5.1.7. Geología Regional	43
5.2. Materiales	45
5.2.1. Materiales de Campo	45
5.2.2. Materiales de gabinete	46
5.3. Métodos.....	46
5.4. Metodología.....	47
5.4.1. Recopilación de Información Base.....	47
5.4.2. Levantamiento Geológico – Estructural.	47
5.5. Mecánica de suelos.....	49
5.5.1. Corte directo.	49
5.5.2. Calicatas.	52
5.6. Campaña Geotécnica	53
5.6.1. Resistividad eléctrica.....	53
5.6.2. Sísmica de refracción.....	55
5.7. Mecánica de rocas.	57

5.7.1. Compresión Simple.....	57
5.7.2. Cálculo de las Distintas Propiedades Físicas de las Rocas.....	59
5.7.3. Caracterización del macizo rocoso.....	62
5.8. Análisis Geológico – Geotécnico.....	71
5.8.1. Análisis Estático de estabilidad global.....	71
5.8.2. Análisis Pseudo-Estático de estabilidad global.....	73
6. Resultados.....	76
6.1. Topografía.....	76
6.1.1. Pendientes.....	77
6.2. Geología.....	78
6.2.1. Geología local.....	78
6.2.2. Geología estructural.....	89
6.3. Inventario de Deslizamientos.....	94
6.3.1. Deslizamiento D-01.....	94
6.3.2. Deslizamiento D-02.....	96
6.3.3. Deslizamiento D-03.....	97
6.4. Propiedades Físico-mecánicas de los suelos.....	99
6.4.1. Ensayos de Corte Directo.....	99
6.4.2. Calicatas (Método directo).....	99
6.5. Métodos geofísicos.....	101
6.5.1. Sondeos eléctricos Verticales – SEV (Método indirecto).....	101
6.5.2. Sísmica de refracción.....	105
6.6. Propiedades físico-mecánicas de las rocas.....	107
6.6.1. Resistencia a la Compresión Simple (RCS).....	107
6.6.2. Propiedades físicas.....	108
6.6.3. Clasificación Geomecánica del Macizo Rcoso.....	109
6.7. Análisis geológico geotécnico.....	117
6.7.1. Análisis de la resistencia del macizo rocoso mediante el criterio de rotura de Hoek & Brown.....	117

6.7.2. Análisis Estático de Estabilidad Global	119
6.7.3. Análisis Pseudo-Estático de Estabilidad Global.....	128
7. Discusión.....	133
8. Conclusiones.....	135
9. Recomendaciones.....	137
10. Bibliografía.....	138
11. Anexos.....	141

Índice de Tablas:

Tabla 1. Símbolos y grupos de clasificación SUCS	18
Tabla 2. Nombres típicos de los materiales	19
Tabla 3. Aproximación del ángulo de fricción interna y cohesión de suelos.....	22
Tabla 4. Suelos típicos y propiedades de rocas.	23
Tabla 5. Propiedades de la matriz rocosa y métodos para su determinación	24
Tabla 6. Clasificación de macizos rocosos mediante el RQD.	25
Tabla 7. Índice de resistencia geológica (GSI) para macizos rocosos fracturados (Hoek y Marinos, 2000)	28
Tabla 8. Métodos de equilibrio límite más utilizados.	34
Tabla 9. Coordenadas de localización geográfica de la vía.....	37
Tabla 10. Red hidrográfica del área de estudio	39
Tabla 11. Geomorfología del área de estudio.....	40
Tabla 12. Materiales y equipos implementados en la identificación del área de trabajo. ...	45
Tabla 13 . Materiales y equipos utilizados en la prospección geofísica.....	46
Tabla 14. Materiales utilizados en oficina.....	46
Tabla 15. Equipos y programas implementados en el procesamiento de datos.....	46
Tabla 16. Ubicación de la Hoja Geológica de Zaruma a escala 1: 100 000	47
Tabla 17. Clasificación del ángulo de pendiente.....	49
Tabla 18. Punto de obtención de muestras para ensayo de corte directo	50
Tabla 19. Valores de las cargas empleadas para el ensayo de corte directo.....	51
Tabla 20. Ubicación de las calicatas.....	52
Tabla 21. Normas usadas en los ensayos de laboratorio.	52
Tabla 22. Coordenadas geográficas (DATUM/WGS_84 17S) de SEV's.	54

Tabla 23. Coordenadas geográficas (DATUM/WGS_84 17S) símica de refracción.....	55
Tabla 24. Puntos de obtención de muestras de roca para ensayo de compresión simple....	58
Tabla 25. Valoración para el parámetro de RCS de la clasificación RMR	63
Tabla 26. Valoración del espaciado de discontinuidades en la clasificación RMR.	64
Tabla 27. Valoración del espacio de discontinuidades en la clasificación RMR	64
Tabla 28. Valoración del estado de las discontinuidades para la clasificación RMR.	64
Tabla 29 . Valoración de acuerdo a la infiltración de agua en las juntas.	65
Tabla 30. Clasificación y calidad del macizo rocoso según RMR	65
Tabla 31. Orientación de las discontinuidades, SMR.....	66
Tabla 32. Calidad del R.Q.D de acuerdo al Q de Barton.....	67
Tabla 33. Valoración del Índice de diaclasas (Jn).....	67
Tabla 34. Valoración del Índice de rugosidad (Jr)	68
Tabla 35. Valor Índice de Alteración de las discontinuidades.	68
Tabla 36. Factor de reducción por presencia de agua (Jw).....	69
Tabla 37 . Valoración SFR	69
Tabla 38. Clasificación de los macizos rocosos según el índice Q.	70
Tabla 39. Parámetros geotécnicos empleados en el software RocLab.	71
Tabla 40. Valores del factor Z en función de la zona sísmica.	74
Tabla 41. Valoración de la zona sísmica de las parroquias Lauro Guerrero y el Carmelo y poblaciones.	74
Tabla 42. Tipo de suelo y Factores de sitio Fa.	74
Tabla 43. Resultados de la caracterización de la pendiente de la zona de estudio.....	78
Tabla 44. Unidades litológicas en el área de estudio.....	84
Tabla 45. Caracterización geológica de taludes.	86

Tabla 46. Coordenada de los deslizamientos en la vía el Carmelo – Lauro Guerrero.	94
Tabla 47. Caracterización morfométrica de deslizamiento Nro 2	95
Tabla 48. Caracterización morfométrica de deslizamiento 2	97
Tabla 49. Caracterización morfométrica de deslizamiento 3	98
Tabla 50. Parámetros obtenidos del ensayo de Corte Directo	99
Tabla 51. Resultado de las muestras de suelo obtenidas de las calicatas.	100
Tabla 52. Resultados de laboratorio de las muestras de suelo obtenidas en el talud 4.....	100
Tabla 53. Resultados de laboratorio de las muestras de suelo obtenidas en los taludes....	101
Tabla 54. Descripción general y resistividades obtenidas	102
Tabla 55. Corte geo eléctrico del SEV 1.	103
Tabla 56. Descripción general y resistividades obtenidas	103
Tabla 57. Corte geo eléctrico del SEV 2	104
Tabla 58. Complejos sísmicos, velocidades de onda y correspondencia geológica, línea sísmica 1.....	106
Tabla 59. Resultados de los parámetros dinámicos de la línea sísmica.....	106
Tabla 60. Datos obtenidos a partir del ensayo de compresión simple del macizo 1 (lavas andesíticas).....	107
Tabla 61. Datos obtenidos a partir del ensayo de compresión simple del macizo 2 (lavas andesíticas).....	108
Tabla 62. Propiedades físicas de muestras de rocas.	108
Tabla 63. Cálculo del Rock Quality Designation RQD Talud 1).....	109
Tabla 64. Resultados del cálculo de RQD para el macizo rocoso Nro 2.....	110
Tabla 65. Parámetros RMR para las familias de juntas del macizo Nro 1.	111
Tabla 66. Calidad del macizo rocoso 1 en relación al índice RMR.	111

Tabla 67. Parámetros del RMR para la clasificación geomecánica de juntas 1, 2 y 3 del macizo rocoso 2.	112
Tabla 68. Calidad del macizo rocoso 2 en relación al índice RMR.	113
Tabla 69. Resumen de la valoración del Índice RMR.....	113
Tabla 70. Datos empleados en el cálculo del factor de ajuste.	113
Tabla 71. SMR rotura planar del macizo rocoso Nro. 1.....	114
Tabla 72. SMR para rotura por vuelco macizo rocoso Nro. 1.....	114
Tabla 73. Datos empleados en el cálculo del factor de ajuste Macizo rocoso 2.....	115
Tabla 74. SMR rotura planar del macizo rocoso Nro. 2.....	115
Tabla 75. SMR para rotura por vuelco rocoso Nro. 2	115
Tabla 76. Resumen de clasificación según el índice SMR, clases de estabilidad y medidas de sostenimiento.	116
Tabla 77. Determinación del Índice Q para el macizo rocoso uno y dos.	116
Tabla 78. Datos empleados para el análisis en el software Roclab.	117
Tabla 79. Resumen de propiedades geotécnicas macizo rocoso 1.	120
Tabla 80. Resumen de propiedades geotécnicas macizo rocoso 2.	122
Tabla 81. Resumen propiedades geotécnicas talud-04.....	124
Tabla 82. Resumen de propiedades geotécnicas talud-05.	125
Tabla 83. Resumen de propiedades geotécnicas talud-07	127
Tabla 84. Factor de seguridad según diferentes métodos de análisis estático de estabilidad de taludes.	128
Tabla 85. Factor de seguridad para análisis de estabilidad mediante análisis pseudo - estático.	132

Índice de Figuras:

Figura 1. a) Falla; b) zona de falla; c) zona de cizalla.....	8
Figura 2. a) Falla normal; b). Falla inversa	8
Figura 3. Esquema de deslizamiento rotacional (A) y traslacional (B) donde se puede apreciar el desplazamiento de la masa inestabilizada a través de una superficie de rotura neta.	12
Figura 4. Esquema simplificado de una expansión lateral.	13
Figura 5. Esquema de una colada fangosa.....	13
Figura 6. Esquema del dispositivo de electrodos wenner.....	15
Figura 7. Esquema del dispositivo de electrodos schlumberger.....	16
Figura 8. Límites de Atterberg.	18
Figura 9. Movimiento de dos mitades del ensayo de corte directo en caja.	22
Figura 10. Guías para la estimación del factor de alteración D.....	30
Figura 11. Rotura planar.....	31
Figura 12. Condiciones para rotura en cuña.....	32
Figura 13. Rotura por Vuelco.....	33
Figura 14. Rotura Circular.....	33
Figura 15. Mapa de Ubicación dela vía el Carmelo- Lauro Guerrero del cantón Paltas.....	36
Figura 16. Rutas de acceso al área de estudio.	38
Figura 17. Relieve montañoso identificado.....	41
Figura 18. Relieve colinado alto identificado.....	41
Figura 19. Relieve escarpado identificado	42
Figura 20. Coluvión antiguo identificado.....	42
Figura 21: Superficie ondulada identificada	43
Figura 22. Geología Regional del área de estudio.....	45
Figura 23. Ubicación de las muestras para el ensayo de corte directo	50
Figura 24. (A) Extracción de la muestra de suelo. (B) Muestra extraída para ser llevada al laboratorio.....	51
Figura 25. Ubicación de los Sondeos Eléctricos Verticales y Líneas Sísmica.....	53
Figura 26. Equipo de resistividad eléctrica (A), disposición de electrodos en línea SEV (B).	55

Figura 27. Esquema general de la conexión de todos los elementos del equipo utilizado en ensayo de refracción sísmica.	56
Figura 28. Puntos de obtención de muestras para ensayo de compresión simple.	58
Figura 29. (A) Muestra de roca macizo 1(B)Muestras de roca macizo 2 y (C) Aplicación de esfuerzos uniaxial.	59
Figura 30. Recolección de información, parámetros para la clasificación geomecánica. (A) Conteo de Jv; (B) Medida de abertura, espaciamiento y longitud de las discontinuidades y (C)Datos estructurales.....	62
Figura 31. Interfaz del Software Slide 6.0.. al ingresar los datos del talud.	72
Figura 32. Interfaz del Software Slide 6.0. con las posibles roturas y estratos existentes. .	73
Figura 33. Zonas sísmicas para propósitos de diseño y valor de factor de zona Z.	73
Figura 34. Perfil Topográfico A-A'	76
Figura 35. Perfil Topográfico B -B'	77
Figura 36. Perfil Topográfico C-C'	77
Figura 37. Afloramiento de andesita.	79
Figura 38. Depósito de aglomerado volcánico	79
Figura 39. Lavas Andesíticas	80
Figura 40. Toba andesíticas compacta.....	81
Figura 41. Depósito coluvial	82
Figura 42. Depósito de limolitas color rojizo.....	82
Figura 43. Afloramiento de Lutitas y areniscas	83
Figura 44. Mapa geológico del tramo abs. 0+000 - 2+000.	84
Figura 45. Perfil geológico del sector A -A`	85
Figura 46. Mapa geológico del tramo abs. 2+000 - 7+600.	85
Figura 47. Perfil geológico del sector B-B`	86
Figura 48. Perfil geológico C -C'.	86
Figura 49. Diaclasas encontradas en un macizo de lavas andesíticas	90
Figura 50. Ortofoto de posible falla 3	91
Figura 51. Análisis estructural de la falla 3.....	92
Figura 52. Contacto identificado entre lavas andesíticas y areniscas masivas.....	92
Figura 53. Diaclasas del macizo rocoso 1.	93

Figura 54. Diaclasas macizo rocoso Nro. 2.....	93
Figura 55. Deslizamiento D-01	94
Figura 56. Caracterización morfométrica del deslizamiento 1 con las herramientas del software ArcMap. 10.8.	95
Figura 57. Deslizamiento D-02	96
Figura 58. Caracterización morfométrica del deslizamiento 2 con las herramientas del software ArcMap 10.8.	96
Figura 59. Deslizamiento D-02	97
Figura 60. Caracterización morfométrica del deslizamiento 3 con las herramientas del software ArcMap 10.8.	98
Figura 61. Curva de resistividad real, el espesor y profundidad.	102
Figura 62. Curva de resistividad real, el espesor y profundidad.	104
Figura 63. Perfil de la línea Sísmica 1.....	105
Figura 64. Estratos encontrados mediante ensayos geofísicos.....	106
Figura 65. Representación gráfica de las discontinuidades en el macizo rocoso 1	109
Figura 66. Representación gráfica de las discontinuidades en el macizo rocoso 2.....	110
Figura 67. Análisis de resistencia del macizo rocoso Nro. 1.....	118
Figura 68. Análisis de resistencia del macizo rocoso Nro. 2.....	119
Figura 69. Modelamiento del software Slide del Macizo rocoso Nro. 1.....	120
Figura 70 . Rotura general y factor de seguridad del macizo rocoso 1.	121
Figura 71. Modelamiento del software Slide del Macizo rocoso Nro. 2.....	122
Figura 72. Rotura general y factor de seguridad del Macizo rocoso Nro. 2.....	122
Figura 73. Modelamiento del software Slide del Talud Nro. 1	123
Figura 74. Rotura general y factor de seguridad del Talud D-01.....	124
Figura 75. Modelamiento del software Slide del talud Nro. 1	125
Figura 76. Rotura general y factor de seguridad del talud D-02	126
Figura 77. Modelamiento del software Slide del Talud Nro. 3	127
Figura 78. Rotura general y factor de seguridad del Talud D-03.....	127
Figura 79. Factor de seguridad del macizo rocoso Nro. 1 para análisis Pseudo estático ...	129
Figura 80. Factor de seguridad del macizo rocoso Nro. 2 para análisis Pseudo estático ..	129
Figura 81. Factor de seguridad del Talud Nro. 1 para análisis Pseudo estático.	130

Figura 82. Factor de seguridad del Talud Nro. 2 para análisis Pseudo estático	131
Figura 83. Factor de seguridad del Talud 3 para análisis Pseudo estático	131

Índice de Anexos:

Anexo 1. Fichas de afloramientos	141
Anexo 2. Fichas de inventario de fenómenos de remoción en	157
Anexo 3. Fichas de caracterización geomecánica de macizos rocosos.....	159
Anexo 4. Ensayos de sísmica de refracción	163
Anexo 5. Clasificaciones granulométricas de las muestras de suelo.	167
Anexo 6. Ensayos de corte directo de las muestras de suelo.	175
Anexo 7. Ensayo de compresión simple de las muestras de rocas.....	183
Anexo 8. Mapas de la zona de estudio.	185
Anexo 9. Certificación de traducción de resumen	186



Caracterización geológica - geotécnica de los taludes presentes a lo largo de la vía el Carmelo _ Lauro Guerrero a nivel de factor de seguridad, ubicado en el cantón Paltas, provincia de Loja.

1. Título

Caracterización geológico - geotécnica de los taludes presentes a lo largo de la vía el Carmelo _ Lauro Guerrero a nivel de factor de seguridad, ubicado en la parroquia Lauro guerrero del cantón Paltas, provincia de Loja.



2. Resumen

El presente trabajo tiene como objetivo realizar un estudio de los taludes y deslizamientos ocurridos a lo largo de la vía el Carmelo – Lauro Guerrero desde el tramo 0+000 hasta 7+661, enfocado a la caracterización geológica - geotécnica específicamente orientada a conocer las características litológicas, características físico mecánicas de los geomateriales y factor de seguridad. Se inició con la descripción geológica de la zona de estudio en base a la topografía y a través de técnicas de reconocimiento in situ se logró identificar las zonas críticas a ser analizadas posteriormente.

Para determinar las propiedades físico-mecánicas de los geomateriales que componen los taludes, se obtuvo información de dos ensayos de corte directo, ocho ensayos de clasificación de suelos de acuerdo a las normas ASTM D2487, además se realizaron dos sondeos eléctricos verticales y una línea sísmica en puntos estratégicos de los taludes con la finalidad de corroborar la geología y obtener las propiedades de los materiales. para los macizos rocosos se realizó el ensayo de compresión simple y para las propiedades físicas se llevó a cabo ensayos de acuerdo a la norma ASTM D854-58. La clasificación geomecánica de los macizos rocosos se la realizó mediante el RMR, SMR, Q y GSI permitiendo así caracterizar los taludes

Para determinar el factor de seguridad se realizaron simulaciones mediante el uso del software Slide 6.0, con parámetros geométricos y geotécnicos, mediante el método de equilibrio límite (Bishop, Spencer y Janbú), el análisis se lo realizó para cargas sísmicas y estáticas en condiciones actuales.

Palabras claves: talud, geomateriales, clasificación geomecánica, macizo rocoso, factor de seguridad.



2.1 Abstract

The objective of this work is to carry out a study of the slopes and the landslides that occurred along the Carmelo - Lauro Guerrero road, from abscissae 0+000 to 7+661 in the Paltas canton of the province of Loja, focused on the geological-geotechnical characterization, specifically designed to understand the lithological characteristics, physical-mechanical characteristics of the geomaterials and safety factor. We started with the geological description of the study area based on topography and through in situ reconnaissance techniques, we were able to identify the critical areas to be analyzed. Then, we proceeded with the collection of samples from both the test pits and the slopes for the respective laboratory tests.

To determine the physical-mechanical properties of the geomaterials, information was obtained from two direct shear tests and eight soil classification tests according to ASTM D2487 standards. In addition, two vertical electrical soundings and a seismic line were used at strategic points on the slopes in order to corroborate the geology and obtain the properties of the geomaterials. For the rock masses, a simple compression test was performed. As for the physical properties, a specific gravity test of solids was carried out in accordance with ASTM D854-58. The geomechanical classification of the rock masses was carried out according to RMR, SMR, Q and GSI, thus allowing the characterization of the slopes and the determination of their stability.

In the general stability analysis, the calculation of the safety factor consisted of performing simulations using Slide 6.0 software, with geometric and geotechnical parameters by means of the limit equilibrium method (Bishop, Spencer and Janbu), the analysis was performed for seismic and static loads under existing conditions.

Keywords: *slope, geomaterials, geomechanical classification, rock mass, safety factor.*



3. Introducción

La presente investigación denominada caracterización geológica – geotécnica de la vía el Carmelo - Lauro Guerrero, ubicado en el cantón Paltas provincia de Loja, surge de la necesidad de resolver problemas relacionados a la estabilidad de taludes, con la realización de importantes temas relacionados a este como son; el levantamiento geológico - estructural a detalle del área de estudio, la caracterización geotécnica, cálculo del factor de seguridad a través del análisis de equilibrio límite, para los cual se utilizó una metodología que involucra el trabajo de campo, laboratorio y gabinete.

En el trabajo de campo se realizaron mapeos geológicos, toma de muestras de suelo y roca para la realización de ensayos de laboratorio, para la determinación de propiedades de roca en gabinete nos encargamos del tratamiento y procesamiento de datos.

En los resultados se contemplan; caracterización geológica - estructural, se identifican las litologías presentes en la zona de estudio; caracterización estructural, se presenta una descripción cuantitativa y cualitativa de las estructuras; A demás, se realizó la caracterización de los macizos rocosos de la zona mediante la clasificación RMR, SMR, Q de Barton y GSI, se realizó un análisis global de los taludes mediante el análisis estático y pseudo-estático.

Con esta información acerca de la estabilidad de taludes se genera un impacto social grande e importante, porque si a futuro se quiere implementar una expansión de la vía o se requiere hacer otra infraestructura, se tendrán los criterios necesarios para establecer cómo se comportará el suelo y que obras de mitigación se tendrán que realizar para el éxito de la obra, para garantizar el funcionamiento eficiente de la vía con el fin de disminuir la vulnerabilidad a fenómenos de remoción en masa.



Finalmente, para la ejecución del presente proyecto investigativo se plantearon los siguientes objetivos.

Objetivo General

Realizar la caracterización geológica geotécnica de los taludes a lo largo de la vía El Carmelo – Lauro Guerrero a nivel de factor de seguridad, ubicado en la Parroquia Lauro Guerrero del Cantón Paltas, Provincia de Loja.

Objetivos Específicos

- Realizar el levantamiento geológico a detalle a escala 1:10000 a través de la recolección de información existente y directa en campo, como base para el estudio.
- Obtener parámetros físicos mecánicos de los geos materiales encontrados en los taludes a través de métodos directos e indirectos y definir zonas geológicas y mecánicas semejantes.
- Realizar la caracterización geológica y geotécnica de los taludes de la vía, a nivel de factor de seguridad a través de análisis de equilibrio límite para establecer su estabilidad presente.



4. Marco teórico

4.1 Marco geológico.

4.1.1 Topografía

Según Gámez (2010), la topografía es la ciencia que estudia el conjunto de procedimientos para determinar las posiciones de puntos sobre la superficie de la tierra, por medio de medidas según los tres elementos del espacio. Estos elementos pueden ser dos distancias y una elevación, o una distancia a y una dirección o bien una combinación de los tres elementos. Para distancias y elevaciones se emplean unidades de longitud (sistema métrico decimal) y para direcciones se emplean unidades de arco (grado sexagesimal).

4.1.2 Geología

Según (Tarbuck & Lutgens, 2005), la geología viene del griego geo, «Tierra», y logos, «discurso». Es la ciencia que estudia a la Tierra, se la ha dividido tradicionalmente en dos áreas: la física y la histórica. Por una parte, la Geología física se encarga de estudiar la composición de la tierra, y sus cambios tanto debajo como por encima de la Tierra.

El objeto de la geología es dar explicación a las leyes y causas que rigen estas variaciones en nuestro planeta, la geología estudia los restos orgánicos fosilizados y los procesos geológicos modernos.

4.1.3 Geología Estructural

La geología estructural es una parte de la geotectónica, es decir, de esa asignatura geológica que estudia las particularidades de la estructura y desarrollo de la corteza terrestre relacionadas con los procesos mecánicos, movimientos y deformaciones que en ella tienen lugar. (Belousov, 1979)

4.1.3.1 Rumbo y buzamiento

Rumbo. - El rumbo es una línea de intersección entre la capa geológica y un plano horizontal, es decir, es perpendicular al buzamiento. Babín & Gómez (2010)

Buzamiento. - Es el ángulo que forma la línea de máxima pendiente de una superficie de un estrato, filón o falla con su proyección sobre el plano horizontal.

4.1.3.1 Pliegue (Fold)

Según Chávez (2006), los pliegues se conocen como la ondulación de la superficie terrestre, que se presenta como un encorvamiento en los planos o elementos lineales en el interior de un material.



Curvatura desarrollada sobre una superficie planar (estratos, cualquier tipo de foliación, etc.) como resultado de la actuación de esfuerzos. Dichos esfuerzos pueden tener un origen tectónico o gravitatorio.

Partes de un pliegue

- **Charnela:** La charnela es la zona del pliegue que ha sufrido la mayor curvatura.
- **Flancos:** son las zonas del pliegue que han sufrido una menor deformación en comparación con la charnela.
- **Núcleo:** es el área más interna del pliegue.
- **Cresta y valle:** Son los puntos topográficamente más elevados o deprimidos respectivamente del plegamiento.
- **Punto de inflexión:** Punto de los flancos donde se cambia la curvatura de cóncava a convexa o viceversa.
- **Plano axial:** el plano que une las líneas de charnela.
- **Longitud de onda:** Es la distancia que separa una superficie plegada medida entre dos crestas o valles consecutivos.
- **Amplitud pliegue:** Es la distancia que separa distintos puntos de inflexión medida perpendicularmente a la superficie.

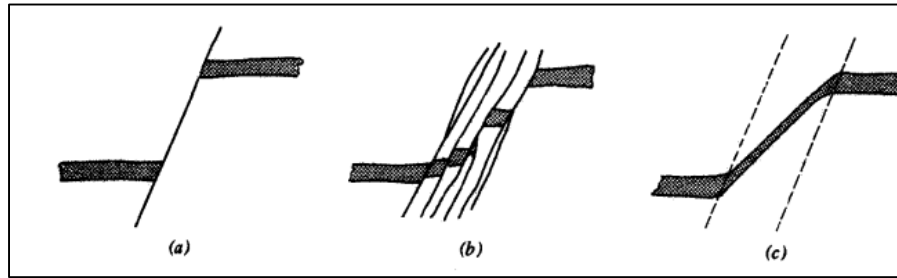
4.1.3.2 Fallas

Las fallas y diaclasas son las principales discontinuidades de origen tectónico que aparecen en los mapas geológicos. Su origen suele estar asociado a episodios geológicos de deformación, ya sean estos de tipo compresivo o distensivo. (Hobbs, B; Means, W.D 1981).

La diferencia más significativa entre falla y diaclasa es que en la primera existen evidencias de movimiento relativo entre los bloques a ambos lados de la misma. En las diaclasas (a menudo referidas como fracturas sin desplazamiento o, simplemente, juntas) no se reconocen tales evidencias de movimiento.



Figura 1. a) Falla; b) zona de falla; c) zona de cizalla

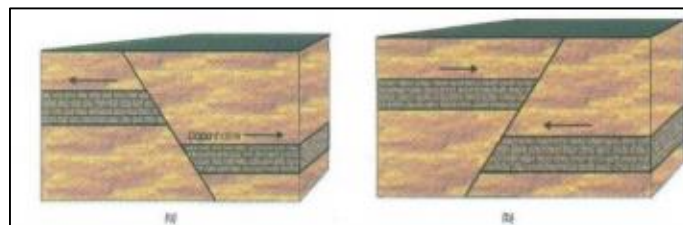


Nota. Obtenido de Hobbs, B.E., Means, W.D. y Williams, P.F. (1981) Geología Estructural; Ed. Omega, 518 pp.

Falla normal. - El bloque del techo se mueve hacia el bloque del piso, producto de esfuerzo de tensión o por acción de la gravedad, en este tipo de falla la secuencia litológica o estratigráfica se mantiene; las rocas jóvenes quedan sobre las antiguas, como se muestra en la Figura 2.

Falla inversa. - Donde el bloque del techo se mueve hacia arriba del bloque del piso, producto de esfuerzos de compresión. En este tipo de falla los materiales más antiguos se ubican sobre los más jóvenes, como se muestra en la Figura 2

Figura 2. a) Falla normal; b). Falla inversa



Nota. Tomado de (Chávez, 2006)

4.1.3.3 Juntas y Diaclasas

Las diaclasas o juntas, a diferencia de las fallas, son discontinuidades a favor de las cuales ha habido un desplazamiento de corte muy pequeño o nulo. Pueden ser reconocidas en cualquier macizo de rocas ígneas, metamórficas y sedimentarias y suponen una evidencia directa de la rotura frágil del macizo rocoso en alguna etapa de su historia de deformación. (Hobbs, B; Means, W.D 1981).



4.1.4 Estratigrafía

La Estratigrafía puede definirse como el estudio de las sucesiones de roca y la correlación de eventos y procesos geológicos en tiempo y espacio (Koutsoukos 2005).

4.1.4.1 Estrato

Un estrato se forma por el depósito de sedimento, es decir, de material acarreado por diversos agentes –agua, viento o la misma gravedad- a lugares más bajos, en donde pueda acumularse. Los estratos pueden ocupar grandes áreas geográficas, ya que su depósito puede ser continuo por la superficie de la Tierra, a menos que se interponga un cuerpo que interrumpa este proceso.

De acuerdo con Brookfield (2004), existen cuatro fases básicas en los estudios estratigráficos.

La primera fase consiste en inferir cómo se formaron los estratos.

- La segunda fase consiste en describir e identificar las rocas. Las unidades litológicas pueden describirse en función de su composición, textura, color, fauna fósil, propiedades geofísicas, relaciones de edad, posición geográfica y distribución.
- La tercera consiste en reconocer los complejos ambientales en los cuales se formaron los materiales rocosos.
- La cuarta etapa es integrativa de la información obtenida en las fases anteriores; una vez que se han reconocido y caracterizado los cuerpos estratificados, es posible clasificarlos de acuerdo a criterios establecidos en el Código Estratigráfico Norteamericano.

4.1.5 Geomorfología.

Etimológicamente, geomorfología deriva de las raíces griegas geo (Tierra), morphos (forma) y logos (tratado). Por lo tanto, esta ciencia se preocupa de la forma de la Tierra. La capacidad de un sistema geomorfológico puede expresarse de dos formas primera, por la velocidad de evacuación del sedimento y, segunda, por la energía consumida en mantenerlo o transformarlo. (Gutiérrez M, 2008).

4.1.5.1 Mapas Geomorfológicos.

Según Herrero (1988) define el Mapa geomorfológico como un mapa temático que proporciona un inventario explicativo del relieve, debidamente especializado. Su contenido debe ser referenciable sobre el terreno.



El mapa geomorfológico es un documento que representa sintéticamente las características de las formas del paisaje y su distribución en el interior de una unidad territorial; el detalle de la representación está en función de la escala a la que compete la observación y de la textura del relieve (Rodolfi, 1983).

4.1.5.2 Fotointerpretación.

Según, González de Vallejo (2002) La fotointerpretación es una técnica necesaria en la fase de estudios previos y reconocimiento geológico-geotécnicos en campo, presenta las siguientes ventajas.

- Permite reconocer superficies muy extensas, pudiendo analizar fácilmente no solo las características de la zona del proyecto, sino también sus áreas limítrofes.
- El carácter extensivo de la fotointerpretación posibilita apreciar factores regionales de posible interés en el proyecto.
- En relación con otros métodos de investigación la fotointerpretación es la técnica más rápida y económica.

4.1.6 Pendientes

La pendiente está muy relacionada con la aparición de roturas dado que es el principal factor geométrico que aparece en los análisis de estabilidad y es una de las principales condiciones para que ocurra un movimiento en masa. La variable se relaciona directamente con las tensiones de cortes tangenciales y normales en la formación superficial, e influye también en la distribución de agua en la ladera (Jones et al., 1961; Moser et al., 1983; Oyagi, 1984; Mulder, 1991).

Es una variable derivada del DEM, generada en ArcGIS desde un RASTER mediante algoritmo directo. Para cada celda, la pendiente calcula la tasa máxima de cambio en el valor de esa celda con sus 8 vecinos. Básicamente, el cambio máximo en la elevación más la distancia entre la celda y sus ocho vecinos identifica la pendiente cuesta abajo de la celda.

4.1.7 Hidrología

La Hidrología es la ciencia que se enfoca al ciclo hidrológico global y a los procesos involucrados en la parte continental de dicho ciclo, es decir, es la geociencia que describe y predice (Dingman 1994, citado por Breña: Jacobo, 2005, pag.10)



- Las variaciones espaciales y temporales del agua en las etapas terrestre, oceánica y atmosférica del sistema hídrico global
- El movimiento del agua sobre y debajo de la superficie terrestre, incluyendo los procesos químicos, físicos y biológicos que tienen lugar a lo largo de su trayectoria.

4.1.7.1 Hidrogeología

La hidrogeología trata del estudio integral del agua subterránea, su distribución y evolución en tiempo y espacio en el marco de la geología regional. Los recursos del agua subterránea, son yacimientos que no se explotan hasta su agotamiento, sino que se recuperan con el ciclo hidrológico, con el agua de las precipitaciones, escorrentías, etc. Es fundamental conocer la cantidad de recarga de dichos sistemas hidrológicos. (Wenner, 1996).

4.1.8 Movimientos de ladera

Según González de Vallejo et al. (2002), los procesos geológicos y climáticos producen cambios en el relieve terrestre a lo largo del tiempo y afirma que los movimientos de ladera, se refieren a los reajustes del terreno con la finalidad de conseguir el equilibrio en el caso de que suceda un cambio de sus condiciones.

4.1.8.1 Tipología de los movimientos de ladera.

El tipo de movimiento se refiere a los mecanismos internos de desplazamiento vertiente abajo de la masa inestabilizada. Los tipos de mecanismos principales son la caída (o desprendimiento), el vuelco, el deslizamiento, la expansión lateral y los flujos. También puede haber una combinación de varios tipos de mecanismos, entonces se denomina con el nombre de “movimiento complejo”

➤ Desprendimientos

Un desprendimiento (rockfall en inglés) es una masa rocosa, o de tierra, que se separa de una vertiente casi vertical y cae libremente a través del aire. Los volúmenes de los desprendimientos son extremadamente variables, desde las frecuentes caídas de bloques de pocos metros cúbicos, hasta la caída de grandes partes de una montaña que se manifiestan en casos muy excepcionales (Copons, 2007)

➤ Vuelcos

Los vuelcos (topple en inglés) son columnas rocosas, o de tierras, que muestran un movimiento de rotación hacia delante y hacia el exterior de una ladera alrededor de un eje situado por debajo de su centro de gravedad. Los vuelcos se producen principalmente en escarpes en donde existen



fracturas verticales en el terreno que son las causantes de separar las columnas rocosas, o de tierras, susceptibles al vuelco.

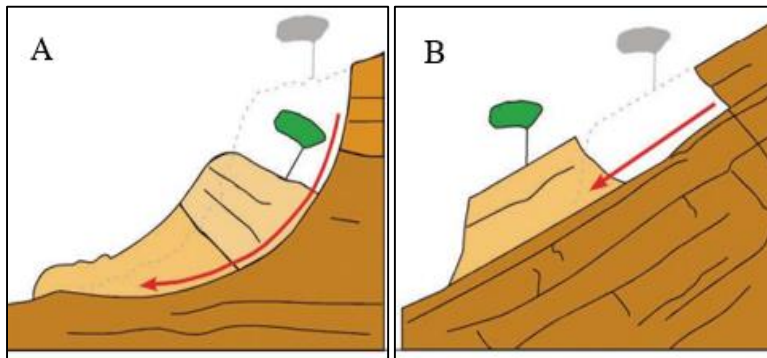
➤ **Deslizamientos**

Un deslizamiento es el movimiento de una porción de terreno a través de una superficie de rotura neta con la preservación general de la estructura interna original (Figura 5). Se puede diferenciar dos tipos de deslizamientos rotacionales y traslacionales.

Deslizamiento rotacional. - Son frecuentes en suelos cohesivos, la rotura se da a favor de superficies curvas, la masa rueda y se divide en bloques que forman un tipo de escalones, asimismo la masa deslizada se acumula en el pie de la ladera como se observa en la Figura 4. (Instituto geológico y minero de España, 1987)

Deslizamiento traslacional. – La rotura se produce a favor de planos de debilidad con una dirección aproximadamente paralela a la superficie del talud y una inclinación menor o igual a esta. Además, son poco profundos y alcanzan grandes distancias, un ejemplo de este se observa en la Figura 4. (Instituto geológico y minero de España, 1987)

Figura 3. Esquema de deslizamiento rotacional (A) y traslacional (B) donde se puede apreciar el desplazamiento de la masa inestabilizada a través de una superficie de rotura neta.



Nota. Tomado de Servicio Geológico del Canadá.

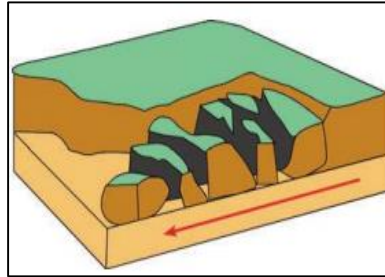
➤ **Expansión lateral**

La expansión lateral (lateral spread en inglés) es un fenómeno caracterizado por el desplazamiento lateral de una vertiente combinado con la subsidencia de la cima (Figura 5). Las expansiones laterales más habituales se manifiestan en formaciones geológicas en donde existen formaciones duras situadas encima de una formación arcillosa propensa a la licuefacción (como licuefacción se entiende a la transformación de un sedimento granular saturado en agua, poco consolidado y de



una cierta consistencia, en una masa con las propiedades de un fluido debido a la vibración causada, por ejemplo, por un sismo). (Servicio Geológico de Estados Unidos, 2005).

Figura 4. Esquema simplificado de una expansión lateral.



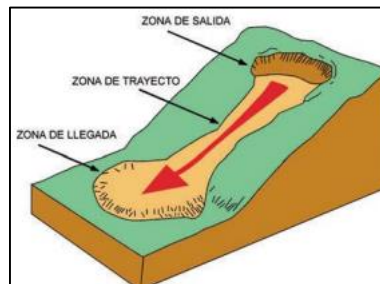
Nota. Tomado de Servicio Geológico de Estados Unidos

➤ Flujos

Un flujo es un movimiento continuo, similar a un líquido viscoso, que no preserva la estructura interna original del material desplazado, sino que adopta la morfología de la vertiente por la que discurre.

Existen diferentes tipos de los cuales los más habituales en España son las coladas fangosas, las corrientes de derrubios y la reptación superficial.

Figura 5. Esquema de una colada fangosa



Nota. Tomado Servicio Geológico de Estados Unidos

4.2 Marco Geotécnico.

Estudio geotécnico

Según la NEC (2014), Un estudio geotécnico es el conjunto de actividades que comprenden el reconocimiento de campo, la investigación del subsuelo, los análisis y recomendaciones de ingeniería necesarios para el diseño y construcción de las obras en contacto con el suelo, de tal forma que se garantice un comportamiento adecuado de las estructuras (superestructura y



subestructura) para edificaciones, puentes, torres, silos y demás obras, que preserve la vida humana, así como también evite la afectación o daño a construcciones vecinas.

4.2.1 Métodos Directos e Indirectos

4.2.1.1 Método directo.

Para González de Vallejo, (2002). Método directo son excavaciones poco profundas (1 a 3 o 4m) que se realizan para: la observación directa y relativamente amplia del terreno, describir estratigrafía del suelo superficial, conocer la profundidad de la roca y sus propiedades geotécnicas superficiales, detectar niveles freáticos superficiales, la toma de muestras para ensayos, la realización de ensayos “in situ” del terreno, clasificar geotécnicamente el suelo.

➤ Calicatas

Las calicatas, zanjas, pozos etc, Consisten en excavaciones realizadas mediante medios mecánicos convencionales, que permiten la observación directa del terreno a cierta profundidad, así como la toma de muestras y la realización del ensayo in situ. (González de Vallejo, 2002).

Tienen la ventaja de que permiten acceder directamente al terreno, pudiéndose observar las variaciones litológicas, estructura, discontinuidades, así como tomar muestras de gran tamaño para la realización de ensayos y análisis.

Según González de Vallejo et al. (2002), Las calicatas son uno de los métodos más empleados en el reconocimiento superficial del terreno, y dado su bajo coste y rapidez de realización, constituyen un elemento habitual en cualquier tipo de investigación in situ. Sin embargo, cuenta con las siguientes limitaciones.

- “La profundidad no suele exceder de 4m
- La presencia de agua limita su utilidad
- El terreno debe poderse excavar con medios mecánicos.
- Para su ejecución es imprescindible cumplir con las normas de seguridad frente a derrumbes de las paredes, así como cerciorarse de la ausencia de instalaciones, conducciones, cables, etc.”



➤ **Sondeos con equipo de exploración.**

Se realizan en suelos donde el equipo de Sondeos de Penetración Estándar (SPT) no es el adecuado, cuando el suelo es muy duro y rocoso, para su uso se ocuparán equipos de perforación rotativa y herramientas especializadas para la exploración y toma de muestras alteradas e inalteradas.

4.2.1.2 Método Indirecto (Geofísicos).

Según Del Valle, (1984). Una prospección geofísica consiste en realizar una serie de mediciones en la superficie de la Tierra o a cierta altura sobre ella. Las mediciones consisten en la determinación de las variaciones en el dominio del tiempo o del espacio, de uno o varios campos de fuerza. Las propiedades físicas de las rocas que pueden ser investigadas por métodos geofísicos, y expresadas en conceptos geológicos de interés son:

- a) La densidad
- b) La susceptibilidad magnética
- c) La Elasticidad
- d) La conductividad eléctrica
- e) La variación de la temperatura
- f) La variación de la radioactividad

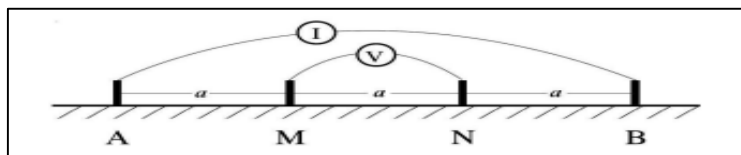
➤ **Sondeo Eléctrico -SEV-**

Esta técnica consiste en separar sucesivamente los electrodos de corriente Ay B del punto central, siguiendo una línea recta, y medir la resistividad en cada disposición. La resistividad aparente calculada será, por tanto, la correspondiente a mayores espesores según se van separando los electrodos. Se emplea generalmente la configuración Schlumberger.

- **Dispositivo wenner**

Es un dispositivo en el cual las distancias entre los electrodos contiguos son iguales: $AM = MN = NB = a$ (Figura 7). Es un dispositivo en el cual las distancias entre los electrodos contiguos son iguales: $AM = MN = NB$.

Figura 6. Esquema del dispositivo de electrodos wenner.



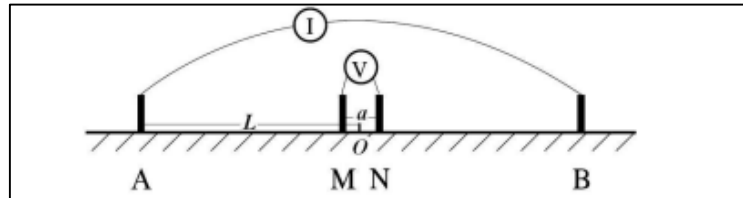
Nota. Tomado de (Foged, 2001)



- Dispositivo schlumberger

Es el más eficaz y utilizado en sondeo eléctrico Figura 7. Se trata de un dispositivo limite que, aunque en la práctica es irrealizable de modo riguroso, presenta grandes ventajas teóricas y puede llevarse a cabo con suficiente aproximación. La idea es hacer que la distancia a que separa los electrodos M y N tienda a cero.

Figura 7. Esquema del dispositivo de electrodos schlumberger.



Nota. Tomado de (Foged, 2001)

El dispositivo Schlumberger es un dispositivo simétrico que debe cumplir con la condición de que la distancia que separa a AB debe ser mayor o igual que 5MN. Los valores de resistividad aparente se representan en función de AB/2 y la constante geométrica es:

$$k = \frac{\pi}{4MN} (AM^2 - MN^2) = \frac{\pi * L^2}{a} \quad (1)$$

➤ Refracción Sísmica

La refracción sísmica es un método geofísico no destructivo para la interpretación de las propiedades de los suelos, y la detección de la profundidad de la roca, mediante el análisis de las variaciones en las velocidades sísmicas. (Encimas E, 2016).

Este ensayo permite obtener los perfiles de ondas P de una zona de investigación, el principio del método consiste en medir el tiempo de llegada de las ondas de compresión (P) de una fuente artificial (caída de peso, pistolas de aire, martillo, explosivo). La longitud de la línea (L) se encuentra relacionada en una proporción de 3 a 4 veces con la profundidad de investigación (h), (L ~ 3h a 4h). A medida que la línea de refracción es más larga, la energía necesaria para es mayor, necesitándose en algunos casos explosivos.

4.2.2 Mecánica de suelos.

Según Terzaghi. La mecánica de suelos es la aplicación de las leyes de la mecánica y la hidráulica a los problemas de ingeniería que tratan con sedimentos y otras acumulaciones no consolidadas de partículas sólidas, producto de la desintegración química y mecánica de rocas.



Además, Braja (2011) menciona que el suelo posee algunas propiedades geotécnicas con las que se busca conocer sus características físicas y tener una mejor comprensión de este.

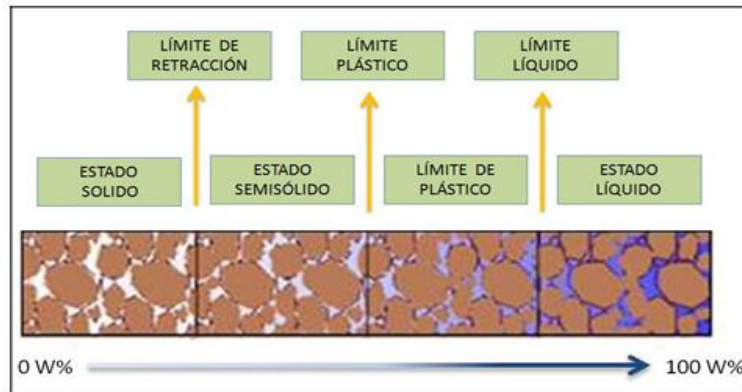
A continuación, se explica brevemente algunas de ellas.

- **Distribución granulométrica.** - El análisis granulométrico divide las partículas de suelos en grupos de tamaños y determina sus proporciones relativas por peso. El análisis es realizado mediante un ensayo de laboratorio básico, y es necesario para identificar los suelos en los sistemas ingenieriles de clasificación. (Juarez & Rodríguez, 2009)
- **Peso específico.** - El peso específico es la relación existente entre el peso y el volumen que ocupa una sustancia en el espacio. Es el peso de cierta cantidad de sustancia dividido el volumen que ocupa. En el Sistema Internacional se expresa en unidades de Newtons sobre metro cúbico (N/m³).
- **Contenido de humedad.** - La humedad o contenido de humedad de un suelo es la relación, expresada como porcentaje, del peso de agua en una masa dada de suelo, al peso de las partículas sólidas. Su unidad de medida es el porcentaje.
- **Límites de consistencia.** - Atterberg fue quien relacionó el grado de plasticidad de un suelo con su contenido de agua o humedad, expresado en función del peso seco de la muestra. También definió los de consistencia del suelo y determinó los límites existentes entre ellos de variación de las propiedades físicas y mecánicas.
 - **Límite Plástico (LP):** se define como el contenido de agua, en porcentaje, con el cual el suelo al ser enrollado en rollitos de 3.2mm de diámetro, se desmorona
 - **Límite Líquido (LL):** Es cuando el suelo pasa de un estado sólido a líquido al realizar el ensayo de la cuchara de Casagrande
 - **Límite de contracción (LC):** el contenido de humedad, donde el suelo que se encuentra en estado semisólido pasa a uno sólido.
 - **Índice de plasticidad (IP):** es la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico.

Estos límites presentan una alta deformabilidad del suelo y una drástica reducción de la capacidad portante.



Figura 8. Límites de Atterberg.



Nota. Tomado de Guerrón A., Tacuri L

4.2.2.1 Sistema de Clasificación de suelos.

La clasificación de los suelos consiste, en incluir un tipo de suelo en un grupo que presenta comportamiento semejante, correlacionando propiedades con un grupo de un sistema empírico. En la actualidad existen dos sistemas de clasificación de los suelos el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos, Norma ASTM D 2487-00 y la clasificación AASTHO (American Association of Sale Highway and Transportation Officials).

➤ Sistema Unificado de Clasificación de Suelo (S.U.C.S.)

Está basado en el análisis granulométrico y en los límites de Atterberg (límites líquido y plástico) de los suelos. Este sistema de clasificación de lo utiliza en cimentaciones.

Según Gonzales de Vallejo, (2002). Los suelos se dividen en esta clasificación, en origen están situados en una franja relativamente tres grandes grupos: suelos de grano grueso, suelos de estrecha y aproximadamente paralela a la línea A. grano fino y suelos de estructura orgánica.

Tabla 1. Símbolos y grupos de clasificación SUCS

TIPO DE SUELO	PREFIJO	SUBGRUPO	SUFIJO
Grava	G	Bien graduado	W
Arena	S	Pobrementemente graduado	P
Limo	M	Limoso	M
Arcilla	C	Arcilloso	C
Orgánico	O	Límite líquido alto (>50)	L
turba	Pt	Límite líquido bajo (<50)	h

Nota. Tomado de Marín (2008) mecánica de suelos.



En función de la clasificación de la Tabla 1, se pueden establecer diferentes combinaciones que definen uno y otro tipo de suelo como se muestra en la Tabla 2 a continuación.

Tabla 2. Nombres típicos de los materiales

GRUPO	NOMBRES TÍPICOS DEL MATERIAL
GW	Grava bien gradada, mezclas gravosas, poco o ningún fino
GP	Grava mal gradada, mezclas grava – arena, poco o ningún fin
GM	Grava limosa, mezclas grava, arena, lim
GC	Grava arcillosa, mezclas grava – arena arcillosas.
SW	Arena bien gradada
SP	Arena mal gradada, arenas gravosas, poco o ningún fin
SM	Arenas limosas, mezclas arena – limo
SC	Arenas arcillosas, mezclas arena – arcilla
ML	Limos inorgánicos y arenas muy finas, polvo de roca, limo arcilloso, poco plástico, arenas finas limosas, arenas finas arcillosa
CL	Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas gravosas, arcillas arenosas, arcillas limosas, arcillas magras (pulpa
OL	Limos orgánicos, arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad.
MH	Limos inorgánicos, suelos limosos o arenosos finos micáceos o diatomáceos (ambiente marino, naturaleza orgánica silíceo), suelos elásticos.
CH	Arcillas inorgánicas de alta plasticidad, arcillas gruesa
OH	Arcillas orgánicas de plasticidad media a alta, limos orgánico
Pt	Turba (carbón en formación) y otros suelos altamente orgánico

Nota. Tomado de Marín (2008) mecánica de suelos.

Existe una clara distinción entre tres grandes grupos de suelo.

- **Suelos Gruesos:** Son suelos donde más del 50% de las partículas retenidas en el tamiz N°200. Un suelo grueso será grava si la mayor parte de la fracción gruesa queda en el tamiz N°4 y se considera como arena caso contrario.
- **Suelos Finos:** Son aquellos suelos donde más del 50% de las partículas pasan por el tamiz N°200. Para distinguir si la fracción fina es de carácter limoso o arcillosos se emplea la siguiente figura que corresponde a la carta de plasticidad de Casa Grande.
- **Suelos muy orgánicos** Turba y otros suelos de alto contenido orgánico.

4.2.2.2 Clasificación de suelos (AASHTO).

Este sistema de clasificación de suelos fue desarrollado en 1929 como el Sistema de Clasificación de Administración de Carreteras. Ha sido objeto de varias revisiones, con la actual versión propuesta por la Comisión de Clasificación de Materiales para los Tipos de Carreteras Subrasantes



y Granulares de la Junta de Investigación de Carreteras en 1945 (Norma ASTM D-3282; método AASHTO M145).

Según Braja Das, (1985) El Sistema de Clasificación AASHTO clasifica el suelo en siete grupos mayores: A-1 al A-7. Los suelos clasificados en los grupos A-1, A-2 y A-3 son materiales granulares, donde 35% o menos de las partículas pasan por la criba No. 200. Los suelos de los que más del 35% pasan por la criba No. 200 son clasificados en los grupos AA, A-5, A-6 Y A-7. La mayoría están formados por materiales tipo limo y arcilla. El sistema de clasificación se basa en los siguientes criterios:

Tamaño del grano

- a) Grava: fracción que pasa la malla de 75 mm y es retenida en la malla No. 10 (2mm) US.
- b) Arena: fracción que pasa la malla No. 10 (2 mm) US. y es retenida en la malla No. 200 (0.075 mm) US.
- c) Limo y arcilla: fracción que pasa la malla No. 200 US.

La evaluación de cada grupo, se hace por medio de su “Índice de Grupo”, el cual es calculado mediante una formula empírica.

$$GI = (F - 35) [0.2 + 0.005 (LL - 40)] + 0.01 (F - 15) (PI - 10) \quad (2)$$

Dónde:

F: Porcentaje que pasa por 0.075 mm, expresado en números enteros.

LL: límite líquido

P: índice de plasticidad

El primer término de la ecuación es el índice de grupo parcial determinado a partir del límite líquido. El segundo término, es el índice de grupo parcial determinado a partir del índice de plasticidad. A continuación, se dan algunas reglas para determinar el índice de grupo:

- a) Si la ecuación da un valor negativo para GI, éste se toma igual a 0.
- b) El índice de grupo calculado se redondea al número entero más cercano (por ejemplo, GI = 3.4 se redondea a 3; GI = 3.5 se redondea a 4).
- c) No hay un límite superior para el índice de grupo.
- d) El índice de grupo de suelos que pertenecen a los grupos A-1-a, A-1-b, A-2-4, A2-5, Y A-3 siempre es 0.



- e) Al calcular el índice de grupo para suelos que pertenecen a los grupos A-2-6 y A2-7, use el índice de grupo parcial para PI, o **GI = 0.01 (F - 15) (PI - 10)**.

4.2.2.3 Resistencia al corte de los suelos.

La determinación de la resistencia al corte en suelos, está basado en el estudio de sus discontinuidades, el las cuales es más posible que la roca falle.

Dicha resistencia al corte, fue analizada por Coulomb (1976), para después hacer la ecuación de la falla de Coulomb. Mediante observación, descubrió que, si “el empuje de un suelo contra un muro se produce un desplazamiento, en el suelo retenido se forma un plano recto de desplazamiento”. (Duque Escobar & Escobar Potes, 2002)

La máxima resistencia al corte estaría dada por la siguiente formula:

$$\tau_f = c + \sigma \operatorname{tg}\varphi \quad (3)$$

Donde:

T_f : Resistencia máxima al esfuerzo cortante

σ : Esfuerzo normal al plano de falla.

φ : Es la cohesión del suelo (si solo se presenta este parámetro, se considera una arcilla).

- **Cohesión:** esta propiedad suele presentarse en las arcillas, se define como la atracción que tienen las partículas entre si y las mantienen unidas.
- **Angulo de fricción:** es una característica de los suelos por el cual se determina en ángulo máximo que puede estar un suelo en estado de reposo. El ángulo de fricción depende de muchas características físicas de los suelos, principalmente de compacidad, forma y rugosidad de las partículas y la granulometría (uniformidad).

➤ Ensayos de corte directo

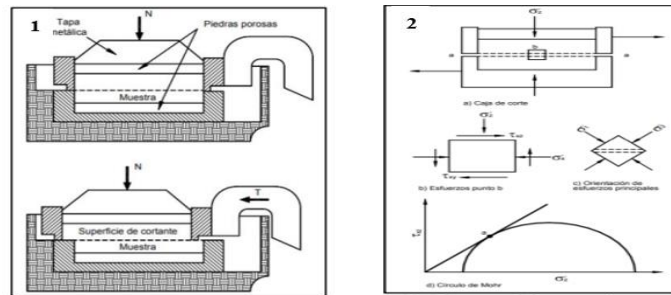
Es el método más usado y más antiguo en la investigación de la resistencia al corte de los suelos y se realiza utilizando una caja de acero llamada caja de corte. Esta caja consiste en un marco inferior fijo, y uno superior que puede deslizarse o desplazarse en dirección horizontal cuando se aplica la fuerza en el mismo sentido. La muestra se coloca entre dos piezas porosas que sirven de drenes durante la consolidación de los suelos saturados (cuando el ensayo es CD). Dichas piezas tienen como superficie de contacto con el suelo unos dientes de sierra que impiden el movimiento o deslizamiento entre las piedras y la muestra durante el ensayo. (TERZAGHI & PECK B., 1958)



Existen 3 tipos de ensayos según las condiciones en las que se realicen, estos son:

1. Ensayo consolidado-drenado (CD) (Norma ASTM D 3080): “se permite el drenaje de la muestra durante todo el ensayo, de modo que las presiones intersticiales sean nulas durante la aplicación del esfuerzo cortante” (IGLESIAS Pérez , 2002)
2. Ensayo consolidado-no drenado (CU) (Norma ASTM D 3080): se permite el drenaje de la muestra durante la aplicación del esfuerzo vertical, por lo que al comenzar a aplicar el esfuerzo de corte la presión intersticial es nula, pero no durante su aplicación posterior. (IGLESIAS Pérez, 2002)
3. Ensayo no consolidado-no drenado (UU): No se permite el drenaje de la muestra, ni durante la aplicación de la carga vertical y tampoco en la aplicación del esfuerzo cortante (IGLESIAS Pérez, 2002)

Figura 9. Movimiento de dos mitades del ensayo de corte directo en caja.



Nota. Tomado de Chávez (2006). Geotecnia

En la Tabla 3 y 4 se describen la aproximación del ángulo de fricción, cohesión de suelos y rocas.

Tabla 3. Aproximación del ángulo de fricción interna y cohesión de suelos.

TIPOS DE SUELO	Ángulo de fricción interna (°)	Cohesión (Kg/cm ²)
Granulares o no cohesivos	Arena suelta	30
	Arena de compacidad media	32,5
	Arena densa	35
	Grava	35
	Grava arenosa heterogénea	35



	Bloques de piedra escolleras (sin presencia de arena)	35	
Suelos	Arcilla semidura	15	0,25
	Arcillas firmes	16	0,10
	Arcillas blandas	17	0,15(1)
	Arcilla arenosa firme	22.5	0,05
	Arcilla arenosa blanda	23.5	0,15(1)
	Limo firme	24.5	
	Limo blando	25.5	0,05(1)
	Arcilla orgánica, limo y cieno, no fibroso	10	0,15(1)
	Turba	15	-

Nota. Tomado de Harmsen, 2002. (1) Geotechdata.info. Cohesión del suelo.2003.

Tabla 4. *Suelos típicos y propiedades de rocas.*

Tipo y material	Unidad de peso (Saturado/Seco) KN/m3	Angulo de fricción (°)	Cohesión (Kpa)
Sin cohesión (Suelos y Rocas Fracturadas)			
Arenisca	17 / 13	35 – 45	-
Grava y Arena, tamaño de grano mezclado	19 / 17	48 – 45	-
Lutita	20 / 16	30 – 35	-
Roca			
Arenisca, Lutita	17 a 23	25 – 35	1000 – 20000

Nota. Modificado de Borselli (2017)

4.2.3 Mecánica de rocas.

4.2.3.1 Macizo rocoso.

Se define macizo rocoso como la forma en la que se presentan las rocas en el medio natural. Así pues, un macizo rocoso estará definido por la roca y la estructura, que a su vez contendrá planos de estratificación, fallas, juntas, pliegues y otros caracteres estructurales.

Una definición comúnmente aceptada de mecánica de rocas propuesta en 1974 por el comité americano de esta disciplina es: “Mecánica de rocas es la ciencia teórica y aplicada que estudia el comportamiento de mecánico de las rocas y de los macizos rocosos. Sería pues la rama de la



ingeniería dedicada al estudio de la respuesta de las rocas y macizos rocosos al campo de fuerzas que actúan en su entorno”

4.2.3.2 Propiedades físicas y mecánicas de la matriz rocosa

La gran variabilidad de las características y propiedades físicas y mecánicas se refleja tanto a escala de matriz rocosa como macizo rocoso fracturado Gonzales de Vallejo, L (2004). Es necesario conocer sus características principales físicas y mecánicas mediante la observación directa en campo y ensayos de laboratorio.

Las propiedades mecánicas dependen de la variabilidad de las propiedades físicas para poder determinar el comportamiento mecánico del macizo rocoso, evaluado por ensayos de laboratorio.

A continuación, Tabla 5, se detallan las propiedades a determinarse:

Tabla 5. *Propiedades de la matriz rocosa y métodos para su determinación*

Propiedades de la matriz rocosa y métodos para su determinación		
	Propiedades	Métodos de determinación
Propiedades de identificación y clasificación	<ul style="list-style-type: none">▪ Composición mineralógica▪ Fabrica y textura▪ Tamaño de grano▪ Color	Descripción visual
	<ul style="list-style-type: none">▪ Porosidad▪ Peso específico▪ Contenido de humedad	Técnicas de laboratorio
Propiedades mecánicas	<ul style="list-style-type: none">▪ Resistencia a la compresión simple	Ensayo de compresión simple Martillo Schmidt

Nota. Adaptado de Gonzales de Vallejo, L (2004)

4.2.3.3 Caracterización Geomecánica del Macizo Rcoso.

La caracterización de un macizo rocoso viene a constituir la fase inicial en todo estudio geológico-geotécnico, y está basado en la descripción de las características particulares que influyen en el comportamiento mecánico del macizo, para hacer frente a los procesos de excavación ya sea a cielo abierto o subterráneo.

“Las descripciones de los macizos rocosos con fines geotécnicos precisan de observaciones y medidas adicionales a las geológicas; de ahí la necesidad de establecer una sistemática que



homogeneice los criterios y facilite la comunicación entre todos los profesionales que realicen trabajos de descripción geotécnica a partir de afloramientos. (González de Vallejo, 2002)

➤ **Rock Quality Designation RQD de Deere (1967).**

La clasificación de Deere o del índice RQD (RQD = Rock Quality Designation) se fundamenta en el grado de fracturación de la roca para valorar la calidad del macizo rocoso. Para obtener el índice RQD, se realizan perforaciones con diámetro mínimo de 54 mm, los tramos de testigo obtenidos de la perforación se miden y se contabilizan para aplicarlos en la Fórmula 4. Para ser contabilizadas la longitud de los tramos debe ser mayor de 10 centímetros.

$$\text{RQD}(\%) = \frac{\sum \text{Longitud de fragmentos} \geq \text{de } 100\text{mm}}{\text{Longitud total perforada}} \times 100 \quad (4)$$

Palmstrom (2005) demostró que el RQD se podía obtener utilizando la siguiente relación al no disponer de sondeos en estos casos se puede utilizar la ecuación 5:

$$\text{RQD}(\%) = 110 - 2.5 J_v \quad (5)$$

RQD = 0 para $J_v > 44$

RQD = 100 para $J_v < 44$

Dónde: J_v , es el número de juntas por m^3

$$J_v = \sum \left(\frac{1}{SM_i} \right) \quad (6)$$

Donde:

SM_i , es el espaciamiento medio de cada fisura en m.

Palmstrom (2005) menciona que el RQD es similar a todos los tipos de mediciones unidimensionales (perforaciones y líneas de exploración).

Entonces, se tiene la respectiva clasificación según el RQD en la Tabla 6.

Tabla 6. Clasificación de macizos rocosos mediante el RQD.

Designación de la calidad de la ROCA – RQD (%)	Descripción de la calidad de la roca
0-25	Muy mala
25-50	Mala
50-75	Media/ Regular
75-90	Buena



90-100

Excelente

Nota. Tomado de Deere. Design of Surface Construction in Rock.1967.

➤ **Rock Mass Rating o (RMR).**

Este sistema de clasificación desarrollado por Bieniawski en 1973 ha tenido varias modificaciones entre 1976 y 1989 en las que se realizan ajustes en las tablas de valoración agregando otras condiciones. El sistema presenta un índice calculado a partir de la valoración de seis parámetros, según la evaluación de cada parámetro se asigna un puntaje; por la suma de los puntajes se obtiene un índice que representa la calificación general del macizo rocoso y el método presenta cinco categorías de clasificación en total para macizos rocosos de acuerdo al índice obtenido.

Los criterios a calcular para obtener el RMR se enlistan a continuación

1. Fuerza del material de roca intacta
2. Calidad del núcleo de perforación RQD
3. Espacio de la discontinuidad
4. Condición de las discontinuidades
5. Agua subterránea

➤ **Slope Mass Rating (SMR).**

El índice SMR se obtiene restando del RMR primario un factor de ajuste F que depende de la orientación de las discontinuidades y sumando un factor de excavación F_4 que es función del método de excavación utilizado. A su vez, el factor F es el producto de tres subfactores que consideran: la orientación relativa del rumbo del plano del talud con respecto al de las discontinuidades, F_1 , la diferencia entre el buzamiento de las discontinuidades y del talud, F_3 , y el propio buzamiento de las discontinuidades, F_2 . La ecuación se muestra a continuación.

$$SMR = RMR + (F_1 + F_2 + F_3) + F_4 \quad (7)$$

➤ **Índice Q**

Desarrollado por Barton, Lien y Lunde en 1974, constituye un sistema de clasificación de macizos rocosos y proporciona parámetros geotécnicos, proyectando soportes para túneles. Este índice se encuentra relacionado con los siguientes factores.



$$Q = \frac{RQD}{J_n} * \frac{J_r}{J_a} * \frac{J_w}{SRF} \quad (8)$$

Donde:

RQD: índice de calidad de roca

J_n: grado de fracturación

J_r: grado de rugosidad

J_a: grado de alteración

J_w: factor de reducción por presencia de agua

SRF: (factor de reducción de esfuerzo), es un coeficiente que tiene en cuenta la influencia del estado tensional del macizo rocoso. En este caso daremos importancia a las tensiones cerca de la superficie.

➤ **Geological strength index (GSI).**

El GSI fue propuesto por Hoek & Brown en 1994 para corregir los problemas detectados con el uso del índice RMR desarrollado por Bieniawski, se define como un sistema de caracterización de macizos rocosos, desarrollado en el campo de la mecánica de rocas con el fin de incluir en el análisis numérico o soluciones de diseño de túneles, taludes o cimentaciones en roca.

Determinación del GSI según Bieniawski 1989:

$$RMR(89) > 23 \quad GSI = RMR(89) - 5$$

$$RMR(89) < 23 \quad \text{No se puede utilizar el RMR 89}$$

La determinación del GSI directa en el terreno no se utiliza cálculos, sino que se obtiene de la “Carta para evaluar el índice de resistencia geológica en macizos rocosos fracturados” la misma que se observa en la Tabla 7. (Karzulovic, 2006),



Tabla 7. Índice de resistencia geológica (GSI) para macizos rocosos fracturados (Hoek y Marinos, 2000)

ESTRUCTURA DEL MACIZO ROCOSO	CONDICIONES DE LOS LABIOS DE LAS DISCONTINUIDADES				
	MUY BUENA	BUENA	MEDIA	MALA	MUY MALA
<p>INTACTO O MASIVO Muestras intactas de roca o macizos rocosos masivos con pocas discontinuidades muy espaciadas.</p>	90			N/A	N/A
<p>FORMADO POR BLOQUES Macizo rocoso consistente en bloques cúbicos delimitados por tres familias de discontinuidades, con los bloques bien encajados.</p>	80				
<p>FORMADO POR MUCHOS BLOQUES Macizo rocoso formado por bloques angulares de muchas caras delimitados por cuatro o más familias de discontinuidades. Los bloques están encajados pero sólo parcialmente.</p>	70				
<p>FORMADO POR MUCHOS BLOQUES, DISTORSIONADO Y BANDEADO Pegado con muchos bloques angulares formados por la intersección de muchas familias de discontinuidades. Planos de estratificación o de esquistosidad persistentes.</p>	60				
<p>DESINTEGRADO Macizo rocoso muy fracturado con una mezcla de bloques angulares y redondeados débilmente encajados.</p>	50				
<p>LAMINADO Y CIZALLADO Debido a la existencia de numerosos planos débiles muy próximos de esquistosidad o de cizalla, no existen bloques.</p>	40				
	30				
	20				
	10				
	N/A	N/A			

Nota. Tomado de (Karzulovic, 2006)

4.2.4 Criterio de Rotura de Mohr – Coulomb

El criterio de rotura de Mohr-Coulomb, introducido por primera vez por Coulomb en el año 1773, inicialmente pensado para el estudio en suelos, es un criterio de rotura lineal. Esto significa, tal y como se ha indicado anteriormente, que la ecuación que define la superficie de fluencia es una ecuación lineal. (O. Ramírez, 2000)

Generalmente para el caso del criterio de Mohr-Coulomb, se define el criterio de rotura en función de la tensión tangencial y la tensión normal en un plano. En este caso la superficie de fluencia es de la forma $\tau = f(\sigma)$. La expresión matemática de dicha ecuación es:

$$\tau = c + \sigma_n \tan\phi \quad (9)$$

Donde:

C: es la cohesión, una constante que representa la tensión cortante que puede ser resistida sin que haya ninguna tensión normal aplicada.

ϕ : es el ángulo de fricción

τ : es la tensión tangencial que actúa en el plano de rotura

σ_n : es la tensión normal que actúa en el plano de rotura.



4.2.5 Criterio de Hoek & Brown Generalizado

El criterio de rotura de Hoek&Brown su versión original fue introducida en el 1980 (Hoek y Brown, 1980a; Hoek y Brown, 1980b) desde entonces su uso se ha generalizado en el ámbito de la mecánica de rocas, traspasando los límites para los que fue propuesto (cálculo de la estabilidad en taludes y estados tensionales en el entorno de un túnel, para macizos rocosos duros).

A continuación, se explica el criterio de rotura original de Hoek&Brown y su última versión, esto se realiza porque será de interés en el transcurso de esta tesina. El criterio original, es un criterio empírico para el estudio de macizos rocosos duros. Su expresión es:

$$\sigma'_1 = \sigma'_3 + \sigma_{Ci} + \left(m \frac{n\sigma'_3}{\sigma_{Ci}} + s \right)^{0.5} \quad (10)$$

Donde:

σ'_1 y σ'_3 : son las tensiones principales mayor y menor en el momento de rotura

σ_{Ci} : es la resistencia a compresión uniaxial del material intacto

m y s: son constantes del material, que dependen de las propiedades de la roca y del grado de fracturación de la roca antes de someterla a las tensiones de rotura.

El parámetro s es la medida de disminución de la resistencia a compresión simple de la roca debido a la fracturación.

El factor de alteración del criterio de rotura de Hoek&Brown D, tal y como se ha explicado antes, es un factor que depende principalmente el grado de alteración al que ha sido sometido el macizo. Alteraciones debidas a la relajación de esfuerzos, causados por excavaciones por voladura, mecánicas, o por otras causas.

En la Figura 10, se muestran los valores del factor de alteración D, para las distintas situaciones del macizo.



Figura 10. Guías para la estimación del factor de alteración *D*.

Apariencia del macizo rocoso	Descripción del macizo rocoso	Valor D sugerido
	Excelente calidad de voladura controlada o excavación con tuneladora, TBM, con resultados de alteración mínima del macizo rocoso confinado circundante al túnel.	D=0
	Excavación mecánica o manual en macizos rocosos de mala calidad (sin voladuras) con una alteración mínima en el macizo circundante. Cuando aparezcan problemas de deformación en el piso durante el avance. la alteración puede ser severa a menos que se coloquen una contrabóveda temporal, tal como se muestra en la figura.	D=0 D=0.5 No invert
	Voladura de muy mala calidad en un túnel en roca competente con daños locales severos, extendiéndose 2 o 3m en el macizo rocoso circundante.	D=0.8
	Pequeñas voladuras en taludes de ingeniería civil dan lugar a pequeños daños al macizo rocoso, particularmente si se usan voladuras de contorno como se muestra en el lado izquierdo de la fotografía. Sin embargo la liberación de tensión resulta en alguna alteración.	D=0.7 Good blasting D=1.0 Poor blasting
	Los taludes en las grandes minas a cielo abierto sufren alteraciones significativas debido a las grandes voladuras de producción y también debido a la relajación de tensiones al retirar el estéril de recubrimiento. En algunas rocas blandas la excavación puede llevarse a cabo mediante el rizado y empuje con tractores de orugas y el grado de afección a los taludes será menor.	D=1.0 Production blasting D=0.7 Mechanical excavation

Nota. (Hoek & Brown., 2002)

Finalmente, la resistencia a la compresión uniaxial se obtiene de $\sigma_3' = 0$ en la ecuación 11 , obteniendo:

$$\sigma_c = \sigma_{ci} S^a \quad (11)$$

Y la resistencia a la tracción se obtiene haciendo $\sigma_1' = \sigma_3' = \sigma_t$ en la ecuación 12:

$$\sigma_t = \frac{S\sigma_{ci}}{m_b} \quad (12)$$

4.2.6 Estabilidad de taludes

4.2.6.1 Análisis Cinemático.

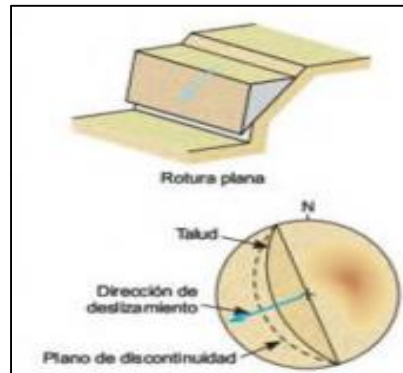
Dentro de las metodologías disponibles, se encuentran los métodos de límite de equilibrio, los métodos numéricos y los métodos dinámicos para el análisis de caídos de roca y flujos, Los métodos numéricos son la técnica que muestra la mejor aproximación al detalle, de las condiciones de estabilidad en la mayoría de los casos de evaluación de estabilidad de taludes. (Suarez, 2009)



➤ Condiciones estructurales para rotura planar

La rotura plana es una de las tipologías básicas de inestabilidad de taludes en roca. Tal y como muestra la Figura 11, este tipo de inestabilidad tiene lugar cuando una masa rocosa desliza respecto al resto del macizo a través de una discontinuidad que aflora en el exterior del talud, existiendo en todo momento una superficie de contacto entre la masa deslizante y el macizo rocoso.

Figura 11. *Rotura planar*



Nota. Tomado (González L, 2004) modificado de Hoeky Bray. 1981.

Es importante señalar que el análisis cinemático debe realizarse de forma independiente para cada discontinuidad (o familia o agrupación de discontinuidades) y para cada talud bajo estudio, ya que es más que probable que en un macizo rocoso sólo algunas de las discontinuidades existentes conlleven un riesgo potencial de rotura plana.

Así, para que una rotura plana pueda ocurrir tienen que darse los siguientes tres condiciones estructurales.

- La dirección de buzamiento de la discontinuidad (asimilada a un plano) debe ser “sensiblemente” paralela a la dirección de buzamiento del talud. Por lo general, se considera que la diferencia entre la dirección de buzamiento de la discontinuidad y la dirección de buzamiento del talud debe encontrarse un rango de más / menos 20°.
- El buzamiento de la discontinuidad (β_{disc}) debe ser menor que el buzamiento del talud (β_{talud}), de forma que la discontinuidad debe aflorar en la superficie del talud.
- El buzamiento de la discontinuidad (β_{disc}) debe ser mayor que el ángulo de rozamiento (ϕ) del plano de deslizamiento (normalmente se toma el ángulo de rozamiento o fricción de la discontinuidad).



➤ **Condiciones estructurales para rotura en cuña**

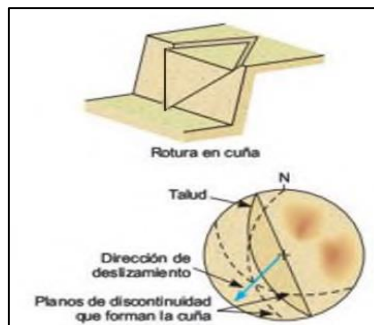
La rotura en cuña se puede considerar como un caso particular de la rotura plana, en la cual se requiere de la existencia de dos discontinuidades, que converjan formando bloques tetraédricos, ver Figura 12, Este tipo de rotura se produce generalmente en macizos rocosos resistentes con discontinuidades bien marcadas.

Este tipo de rotura es sin duda alguna una de las más comunes en taludes excavados en roca, fácilmente observable en múltiples carreteras, cualquier cantera o mina a cielo abierto, y no extraña en zonas de montaña. (Ramírez et al, 2004)

Según Wyllie & Mah (2004) las condiciones generales para que este tipo de falla son:

- Dos planos de discontinuidades deben intersectarse en una línea.
- El rumbo de la cuña debe estar $\pm 20^\circ$ dentro del rumbo de la cara del talud para ambas direcciones.
- El buzamiento de la discontinuidad debe ser menor que el buzamiento de la cara del talud, e inclinarse hacia dicha cara.
- El ángulo de fricción deberá ser menor que el buzamiento de la intersección.

Figura 12. *Condiciones para rotura en cuña*



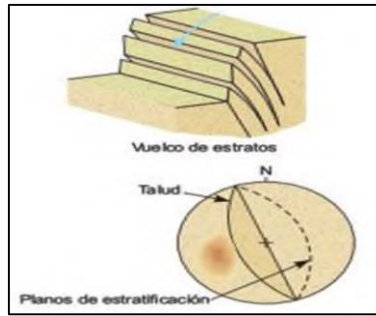
Nota. Tomado de (González L, 2004) modificado de Hoeky Bray. 1981.

➤ **Condiciones estructurales para rotura en vuelco.**

- Se produce en taludes de macizos rocosos donde los estratos presentan buzamiento contrario a la inclinación del talud y dirección paralela o subparalela al mismo.
- En general, los estratos aparecen fracturados en bloques a favor de sistemas de discontinuidades ortogonales entre sí.
- Este tipo de rotura implica un movimiento de rotación de los bloques, y la estabilidad de los mismos no está únicamente condicionada por su resistencia al deslizamiento.



Figura 13. Rotura por Vuelco



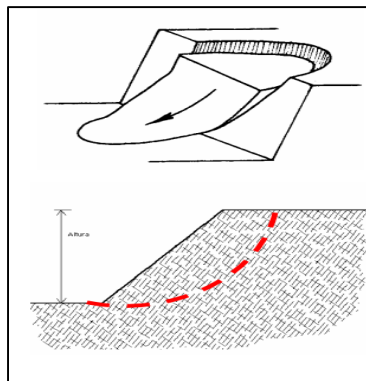
Nota. Tomado de (González L, 2004) modificado de Hoeky Bray. 1981.

➤ **Condiciones de falla circular.**

La falla circular (Figura 14) se refiere a un tipo de análisis para materiales débiles como rocas muy erosionadas o muy fracturadas, y rellenos rocosos, en estos casos la falla se produce a lo largo de una superficie de forma circular.

- Macizos altamente fracturados
- Suelos y rocas blandas
- Taludes formados por roca estéril
- Macizos rocosos altamente meteorizados y alterados

Figura 14. Rotura Circular



Nota. Tomado de (Wyllie & Mah., 2004)

4.2.7 **Análisis de Equilibrio Límite y Factor de Seguridad**

➤ **Análisis de equilibrio límite.**

Un análisis de límite de equilibrio permite obtener un factor de seguridad o a través de un análisis regresivo, obtener los valores de la resistencia al cortante en el momento de la falla. Una vez se han determinado las propiedades de resistencia al cortante de los suelos, las presiones de poros y



otras propiedades del suelo y del talud, se puede proceder a calcular el factor de seguridad del talud. Este análisis de estabilidad consiste en determinar si existe suficiente resistencia en los suelos del talud para soportar los esfuerzos de cortante que tienden a causar la falla o deslizamiento Tabla 8.

Tabla 8. *Métodos de equilibrio límite más utilizados.*

Método	Superficies 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	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)	Circulares	Momentos	Círculo de falla, el cual es analizado como un solo bloque. Se requiere que el suelo sea cohesivo
Ordinario o de Fellenius	Circulares	Fuerzas	No tiene en cuenta las fuerzas entre dovelas
Bishop simplificado	Circulares	Momentos	Asume que todas las fuerzas de cortante, entre dovelas son cero
Jambú simplificado	Cualquier forma	Fuerzas	Asume que no hay fuerza de cortante entre dovelas
Sueco modificado	Cualquier forma	Fuerzas	Las fuerzas entre dovelas tienen la misma dirección que la superficie del terreno

Nota. Tomado de (Ducan y Wright, 1980); (Abramson et.al, 2002).

➤ **Factor de seguridad (F.S).**

Según Suarez, J (2009) el factor de seguridad es empleado por los ingenieros para conocer cuál es el factor de amenaza para que el talud falle en las peores condiciones de comportamiento para el cual se diseña.

$$F_s = \frac{T_f}{T_d} \quad (13)$$

Donde

F_s = Factor de seguridad

T_f = Resistencia cortante promedio del suelo

T_d = Esfuerzo cortante promedio desarrollado a lo largo de la superficie potencial de falla.



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

$$T_f = c' + \sigma' \tan \phi' \quad (14)$$

Donde

c' = cohesión

ϕ' = ángulo de fricción de drenado

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

De una manera similar, también podemos escribir

$$T_d = c'_d + \sigma' \tan \phi'_d \quad (15)$$

Donde

c'_d y ϕ'_d son, respectivamente, la cohesión eficaz y el ángulo de fricción que se desarrollan a lo largo de la superficie potencial de falla.

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



5. Metodología

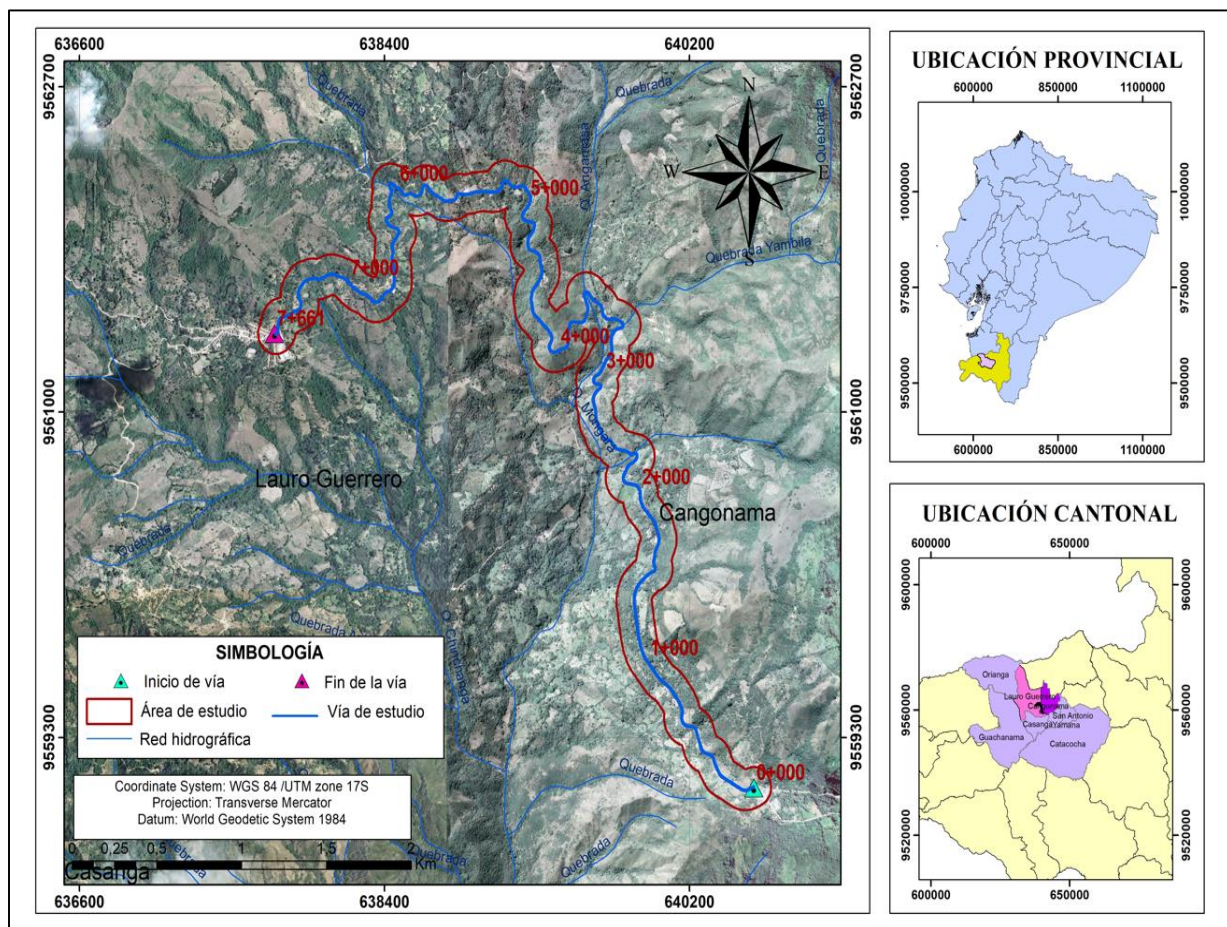
5.1 Descripción general del área de estudio.

5.1.1 Ubicación administrativa del área de estudio.

El proyecto se encuentra ubicado al sur del país, en el cantón Paltas, provincia de Loja, con un recorrido Sur – Noreste como se muestra en la Figura 15, se inicia en el barrio El Carmelo 0+000 hasta llegar a la parroquia Lauro Guerrero en la abscisa 7+661 (**Ver Anexo 8.1**).

- **Norte:** Cantones Chaguarpamba y Parroquia Orianga
- **Sur:** Parroquias Guachanama y Casanga.
- **Este:** Parroquia Cangonamá
- **Oeste:** Rio Puyango

Figura 15. Mapa de Ubicación de la vía el Carmelo- Lauro Guerrero del cantón Paltas.



Nota. Obtenido de Google Earth. Elaborado por: La Autora, 2023



5.1.2 Localización Geográfica.

La vía en estudio se encuentra localizada en las coordenadas que se muestran en la Tabla 9, con (DATUM WGS84) a continuación, se describe el punto inicial y final del tramo de estudio:

Tabla 9. *Coordenadas de localización geográfica de la vía.*

Puntos de Localización Geográfica de la vía Coordenadas WGS 84		
Puntos	x	y
Inicio (Km 0+000)	641127,36	9559172,55
Fin (Km 7+661)	633641,00	9565532,82

Nota. Elaborado por: La Autora, 2023

5.1.3 Acceso.

El acceso al lugar de estudio se lo puede realizar tanto por vía terrestre como por vía aérea, ver Figura 16.

Vía terrestre.

El acceso a la vía el Carmelo – Lauro Guerrero desde la ciudad de Quito se lo se puede realizar por dos rutas:

- a) La primera es por la Troncal de la Sierra, atraviesa las capitales de Latacunga, Ambato, Riobamba, Azogues, Cuenca hasta llegar a Loja, en esta ciudad se aborda el bus con destino a Catacocha, el mismo que va por vía a la Costa/E35, continuando la Troncal de la Sierra pasando Velacruz, se recorren 18.6 Km por vía Panamericana
Desde Catacocha a la parroquia Lauro Guerrero hay una distancia de 32 km, el tiempo estimado de la ruta de viaje entre las dos parroquias es de aproximadamente 34 min y en línea recta es de 15km.
- b) La segunda que corresponde a la ruta de la costa, el recorrido es de 785km., en un tiempo estimado de 11 h 31 min, la salida es desde la terminal de Quitumbe, se toma la Troncal de la Sierra, avanzamos por la misma 190 km, y de ahí se sigue la troncal de la Costa hasta llegar a Machala, posterior tomamos la E25, pasamos Santa Rosa, luego circulamos por la autopista E50 hasta llegar a Velacruz continuando por la E35 hasta llegar a el área de estudio

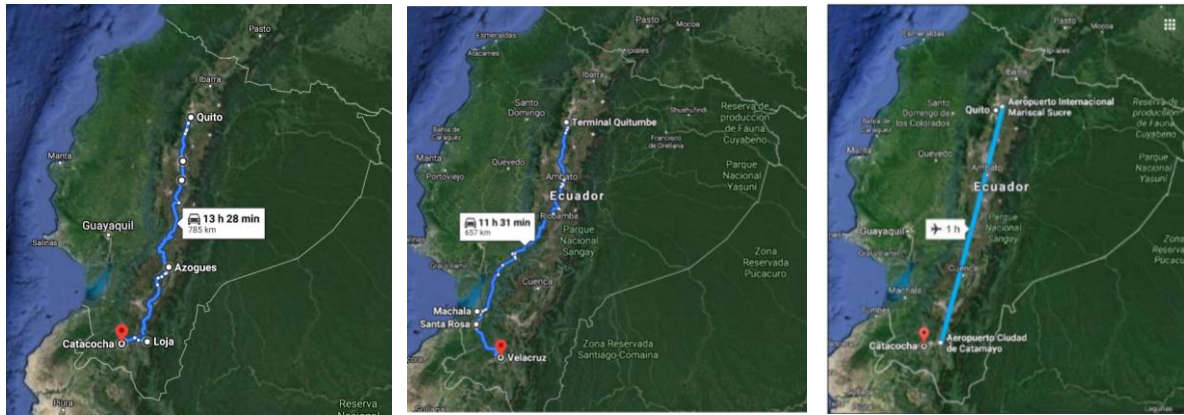
Vía aérea

Quito – Catamayo, desde el Aeropuerto Internacional Mariscal Sucre, hasta el aeropuerto Ciudad de Catamayo por el lapso (1Hora). En Catamayo por vía terrestre se toma la Troncal de la Sierra



(E35), llegando a Velacruz se recorren 18.6 Km hasta llegar a Catacocha, donde se continúa por la vía hasta llegar a la vía en estudio.

Figura 16. Rutas de acceso al área de estudio.



Ruta de Acceso por la Sierra

Ruta de Acceso por la Costa

Ruta de vía aérea

Nota. Obtenido de Google Earth. Elaborado por: La Autora, 2023

5.1.4 Información Climática

El clima de la parroquia de Lauro Guerrero es de tipo Ecuatorial Mesotérmico Semihúmedo, donde se distinguen dos estaciones climáticas: Estación húmeda (invierno) entre los meses diciembre a abril y la seca (verano) el resto de los meses siendo de larga duración

De acuerdo al Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Parroquia Lauro Guerrero, (2019-2023), la temperatura media en la Parroquia Lauro Guerrero se sitúa entre los 15 y 23 °C, y la humedad relativa entre 65 y 85%, diferenciando una fluctuación de 15-19 grados centígrados en la parte sur, este, oeste y centro de la Parroquia. La temperatura promedio anual en las estaciones seleccionadas (Catacocha) es de 16,8°C. El mes más caluroso del año con un promedio de 19.1 °C es septiembre. Los meses de enero, febrero y marzo son los más fríos del año con 17.8 °C es enero, las precipitaciones del lugar fluctúa entre los 500 y 2000 mm anuales.

Según el Plan de Ordenamiento Territorial de la Parroquia Cangonamá (2015) presenta precipitaciones registradas en las estaciones meteorológicas vecinas del cantón cuyos valores varían desde 1100 mm hasta 1400 mm anuales. Así mismo la temperatura en la parroquia presenta valores que van desde 16 a 22°C



5.1.5 Hidrografía

Según el Plan de Ordenamiento Territorial de la parroquia Lauro Guerrero (2019-2023), el cantón Paltas pertenece a la red hídrica de las cuencas de los Ríos Catamayo - Chira y Río Puyango – Tumbes.

Así mismo, según el Plan de Ordenamiento Territorial de la parroquia Lauro Guerrero (2019-2023), en la parroquia existen 5 microcuencas de agua, las más importante son la Quebrada Santa Ana con un área de 4897.16 ha, además tenemos otras microcuencas como son la Quebrada de Shoa, Quebrada de Chipianga, Quebrada de Naranjo, Quebrada Almendral y drenajes menores, todas estas representan 4928.17 ha. **Ver Anexo 8.2**

El área de estudio atraviesa la microcuenca de la Quebrada Naranjo correspondiente al río Catamayo, a la cual confluyen una serie de drenajes naturales las cuales hacen referencia a quebradas de bajo caudal en temporadas de verano tales como: las quebrada Yambilla, Angamasa, Mongará y Chinchanga e intermitentes en épocas de invierno, siendo estas áreas de drenaje menores ver Tabla 10.

Tabla 10. Red hidrográfica del área de estudio

SISTEMA	CUENCA	SUBCUENCA	MICROCUENCA	DRENAJES MENORES
Catamayo-Chira	Río Chira	Río Catamayo	Q. Naranjo	Q. Yambilla Q. Angamasa Q. Mongorá Q.Chinchanga

Fuente: Información Base: IGM (2010).

Nota: Elaboración Equipo técnico PDYOT 2020.

5.1.6 Geomorfología

Una unidad geomorfológica la entendemos como una porción del paisaje constituida por una misma roca o material superficial y con características similares en cuanto a su génesis (origen, como, por ejemplo: denudativo o tectónico erosivo), morfología (aspectos descriptivos, como, por ejemplo: valle o superficie de mesa) y morfometría (aspectos cuantitativos, como: pendiente y desnivel relativo).

De manera general el PDOT (2019-2023) de la parroquia Lauro Guerrero, describe el relieve del cantón Paltas como la suma de infinidad de montañas y riscos con valles profundos y laderas escarpadas y el PDOT (2015-2019) de la parroquia Cangonamá, dice que paltas se



caracteriza por poseer relieves montañosos y colinados muy altos en la parte occidental y oriental ligados litológicamente al intrusivo grano diorítico Tangula, la formación Ciano y Celica.

De acuerdo a la zona de estudio ubicada en la parroquia Cangonamá y Lauro guerrero, se identificaron 6 geoformas, mediante la fotointerpretación de fotografías aéreas, la topografía y posteriormente corroboradas en campo. **Ver Anexo 8.3**, en la Tabla 11 se muestra los resultados obtenidos:

Tabla 11. *Geomorfología del área de estudio.*

GEOMORFOLOGÍA			
Color	Geoforma	Área(ha)	Área en Porcentaje
	Relieve coligado alto	28.87	19.01
	Relieve montañoso	93.58	61.54
	Relieve escarpado	13.28	8.73
	Coluvión antiguo	2.68	1.76
	Superficie ondulada	12.31	8.09
	Deslizamientos	1.32	0.87

Nota. Elaborado por: La Autora, 2023

A continuación, se describen las geoformas identificadas en el área de estudio.

5.1.6.1 Relieve montañoso

Este tipo de relieves se encuentran en aglomerados de la Formación Ciano; en las rocas andesíticas, andesitas basálticas y tobas andesíticas, morfológicamente presentan cimas agudas en su mayoría, asociadas a vertientes rectilíneas y cóncavas, los relieves presentan pendientes que van desde los (25-100%) . El relieve montañoso es la unidad más representativa del área de estudio con 93.97 ha, lo que representa el 61.80 %, dentro de esta unidad existe un desnivel relativo variado que supera los 300m.



Figura 17: *Relieve montañoso identificado*

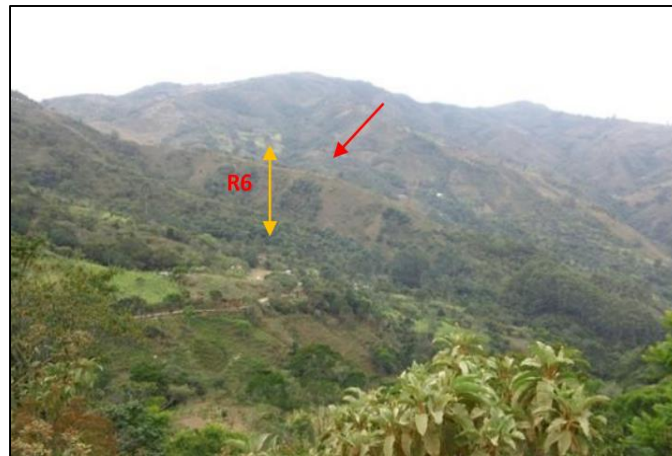


Nota. Elaborado por: La Autora, 2023

5.1.6.2 Relieve colinado alto.

Estos relieves se desarrollan en una gran variedad de tipos de roca, se encuentra distribuido entre las abscisas 2+000 a 3+600 aproximadamente, morfológicamente presentan cimas redondeadas asociadas a vertientes convexas y mixtas en su mayoría, estos relieves presentan pendientes que van de (12-100%). Este tipo de relieve ocupa en el área de estudio 28.87 ha, lo que representa el 19.01%.

Figura 18: *Relieve colinado alto identificado*



Nota. Elaborado por: La Autora, 2023

5.1.6.3 Relieve escarpado

Los relieves escarpados abundan en el mundo, especialmente en zonas de cordilleras y se trata de elevaciones que son abruptas, extremadamente desniveladas y contienen rocas. El relieve escarpado tiene un área de 14.21, y representa el 9.34% de la zona de estudio.



Figura 19: *Relieve escarpado identificado*



Nota. Elaborado por: La Autora, 2023

5.1.6.4 Coluvión antiguo (Can)

Está compuesto por materiales detríticos, transportados desde las partes altas de los relieves y vertientes por acción de la gravedad y depositadas en las partes intermedias o al pie de las mismas, los materiales depositados son clastos angulosos métricos a milimétricos en una matriz generalmente arenosa, en algunos casos se puede identificar la forma de la cima por lo general redondeada, las cuales se presentan asociadas a vertientes convexas e irregulares, las pendientes varían de suaves a fuertes (5 al 70%).

Esta geoforma se encuentra entre las abscisas 2+300 a 2+450 aproximadamente ocupando el área más pequeña de 2.68 ha, lo que corresponde al 1.76 % de la zona de estudio.

Figura 20: *Coluvión antiguo identificado*



Nota. Elaborado por: La Autora, 2023



5.1.6.5 Superficie ondulada.

Se diferencia por exhibir cimas redondeadas, eventualmente se encuentran cimas planas, morfométricamente presentan pendientes suaves (5-12) y medias (12-25%), con desniveles inferiores a 25m. Esta geoforma se puede apreciar a un costado de la vía entre las abscisas 0+000 y 1+350 del área de estudio y representa el 8.09 % del área total.

Figura 21: Superficie ondulada identificada



Nota. Elaborado por: La Autora, 2023

5.1.7 Geología Regional

El cantón paltas ubicado en la Sierra Austral, donde las formaciones superficiales y de basamento muestran diferencias muy marcadas con los paisajes andinos del norte. De acuerdo a la hoja geológica de Zaruma, Hoja NVI-E, escala 1:100000, obtenida del INIGEMM 2017, la zona de estudio se encuentra localizada dentro de las unidades que se describen a continuación.

Unidad Celica (Cretácico). En este trabajo se redefine como una secuencia volcanoclástica proximal de grano medio a grueso intercalada con mantos de rocas volcánicas, que forman varios cuerpos alargados de diferente magnitud. Las rocas volcanoclásticas incluyen hialoclastitas, tobas de cristales y microbrechas, mientras que las rocas volcánicas incluyen predominantemente lavas. Las hialoclastitas son gris verdosas, grano fino y textura piroclástica, con líticos volcánicos en matriz con piroxeno, plagioclasa y vidrio volcánico.

Unidad Bramaderos (Cretácico)

Definida en la hoja Cariamanga, escala 1:100.000, ejecutada paralelamente a la hoja geológica de Zaruma, Hoja NVI-E, constituye una secuencia volcano clástica de color gris verdoso, fino granular, bien estratificada. Contiene aglomerados volcánicos de granulometría variable,



fuertemente meteorizados y subordinadas tobas de cristales medianamente meteorizadas. Los aglomerados constituidos por líticos de composición básica a intermedia de color gris, rojizo y verde, soportados en matriz arenosa tobácea, en lámina delgada presentan textura piroclástica, contienen mayormente líticos volcánicos de composición básica a intermedia, además de fenocristales rotos de plagioclasa y clinopiroxeno como parte de la matriz.

Unidad Ciano (Cretácico)

Cubre la mayor parte del S del área de estudio, formando varias franjas entre las fajas tectónicas y erosionales de las unidades Célica, Chaguarpamba y Bramaderos. Consiste de capas bien estratificadas de lutitas, limolitas, arcillolitas y areniscas. Las lutitas, limolitas y arcillolitas son de color verde y negro, ocurren en capas centimétricas, finamente laminadas, contienen mayormente granos de plagioclasas y esporádicos granos de cuarzo, además de esporádicos líticos volcánicos, clorita, epidota, circón y minerales opacos. Las areniscas son de color verde, grano fino a medio, contienen mayormente líticos de origen volcánico, además de granos de plagioclasa alterada, cuarzo, sericita, granos de cuarzo microgranular y arcillas.

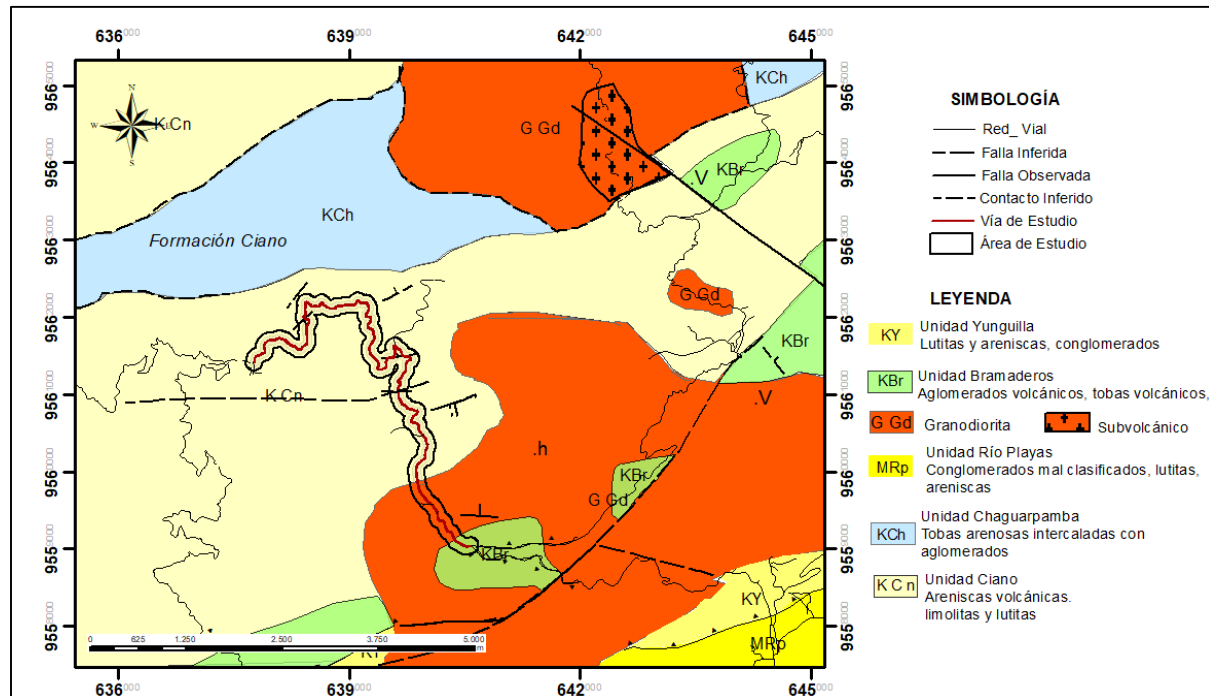
Intrusivos

Los afloramientos están compuestos por rocas ígneas intrusivas de composición básica de colores grises y negros. Las rocas intrusivas están constituidas por gabros con textura fanerítica y estructura masiva, mineralógicamente compuestos por piroxenos, plagioclasas y óxidos de Fe; además estas rocas presentan magnetismo.

Finalmente, en la Figura 22 se observan la representación de la Geología Regional del área de estudio.



Figura 22. Geología Regional del área de estudio.



Nota. Obtenido de (CONALI,2017; IGM,2013b; IIGE,2013), Modificada por la autora, 2023.

5.2 Materiales

En la Tabla 12 y 13, se describen los materiales y equipos utilizados en campo y en la Tabla 14 y 15 los materiales y equipos utilizados en oficina.

5.2.1 Materiales de Campo

Tabla 12. Materiales y equipos implementados en la identificación del área de trabajo.

Materiales y Equipos

Libreta de Campo, lápiz de colores, marcadores, cinta adhesiva.

Ácido clorhídrico diluido al 5 %.

Fichas de campo.

Fundas plásticas para muestreo de suelos y rocas.

GPS Garmin.

Brújula Brunton.

Lupa

Martillo Geológico.

Flexómetro.

Cámara Fotográfica.

Nota. Elaborado por: La Autora, 2023



Tabla 13 : *Materiales y equipos utilizados en la prospección geofísica*

Prospección geofísica – Geotécnica.

Resistivímetro marca PASI y accesorios.
Sismógrafo de refracción PASI ANTERO DE 48 CANALES, con sus respectivos accesorios geófonos, batería y detonador.
Martillo Schmitt

Nota. Elaborado por: La Autora, 2023

5.2.2 *Materiales de gabinete*

Tabla 14: *Materiales utilizados en oficina*

Insumos	Escala
Carta Geológica del cantón Zaruma	1:100000 IGM
Modelo Digital de elevación (DEM)	SIGTierras,
Límites Nacionales y Cantonales	1:100000

Nota. Elaborado por: La Autora, 2023

Tabla 15: *Equipos y programas implementados en el procesamiento de datos.*

Equipos y Programas

Computador
Programas office
Software de uso libre ArcGis 10.5.
Software AutoCAD 2018
Paquete de ROCSCIENCE (RocLab, Slide)

Nota. Elaborado por: La Autora, 2023

5.3 **Métodos.**

Para el desarrollo del presente estudio se utilizó el método científico, el mismo que es metodología para obtener nuevos conocimientos, que ha caracterizado históricamente a la ciencia y que consiste en la observación sistemática, medición, experimentación, la formulación, análisis y modificación de hipótesis, además otorga ideas sobre la experimentación planificada y los modos de comunicar los resultados experimentales y teóricos.

Además se utilizó el método de observación directa para conocer, verificar e interpretar los fenómenos existentes en la zona de estudio, sin dejar de lado el método inductivo que permitirá obtener conclusiones generales a partir de premisas particulares, es decir la derivación inductiva parte de los hechos y permite llegar a una generalización y la contrastación para brindar la solución



al problema planteado, a fin de llegar a cumplir con los objetivos planteados y determinar las condiciones reales que ofrece el suelo antes de empezar con la construcción de obras civiles.

5.4 Metodología.

5.4.1 Recopilación de Información Base.

Esta etapa consistió en obtener información secundaria y de libre acceso como: documentos, mapas geológicos, papers o tesis referentes a la zona de estudio, las mismas que han sido proporcionados a través de la carrera de Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial y por organismos públicos y privados, de entidades gubernamentales como: MTOP, GAD Cantonal, GAD Parroquial Gobierno Provincial de Loja y entidades no gubernamentales como ONG's con la finalidad de ser utilizados en la creación de una base de datos para la realización de esta investigación.

5.4.2 Levantamiento Geológico – Estructural.

La generación del mapa geológico estructural del área de estudio se llevó a cabo en varias fases, la primera de ellas consistió en obtener información base que sirvió como recurso para la posterior visita en campo como, Hoja Geológica de Zaruma (NVI-E Zaruma Hoja-38) a escala 1: 100 000 del año 2017 publicado por el Instituto Nacional de Investigación Geológico Minero Metalúrgico, ver Tabla 16.

Tabla 16: Ubicación de la Hoja Geológica de Zaruma a escala 1: 100 000

MVI – D	NVI – C	NVI – D
Huaquillas	STA. Rosa	Saraguro
HOJA - 20	HOJA - 37	HOJA - 55
MVI – F	NVI – E	NVI – F
Puyango	Zaruma	Loja
HOJA - 21	HOJA - 38	HOJA - 56
MVII – B	NVII – A	NVII – B
Alamor	Cariamanga	Gonzanamá
HOJA - 22	HOJA - 39	HOJA - 57

Nota. Tomado de INIGEMM (2017)



Trabajo de campo

La segunda fase consistió en la descripción de afloramientos, se realizó mediante las fichas destinadas a ese fin en donde se realizó una observación directa de afloramientos artificiales y naturales, en su gran mayoría son afloramientos producto del corte de la vía y de afloramientos naturales ya existentes.

El levantamiento de los afloramientos se lo realizó a lo largo de la vía cada 100 metros siendo un total de 80 afloramientos, de los cuales 14 afloramiento se consideró como los principales de la zona de estudio, mismos que permitieron definir contactos litológicos y toma de datos estructurales como: rumbo, buzamiento y dirección de los estratos. **Ver Anexo 1**

Por otro lado, se describió los deslizamientos observados mediante la ficha de inventario de movimiento de ladera, donde se logró determinar las zonas críticas. **Ver Anexo 2**

Trabajo de Gabinete

Esta fase consistió en la elaboración del mapa geológico estructural, utilizando la información obtenida a través de fichas descriptiva de afloramientos obtenidos durante el levantamiento en campo y su posterior digitalización en ArcGIS 10.5.

1. Se creó la una base de datos en excel con los datos de los afloramientos en campo, los mismos que fueron: coordenada UTM, sector o referencia, litología, datos estructurales, etc.
2. Se agregaron los puntos al software ArcGIS 10.5, se creó una entidad “shp” para la geología y se digitalizó manualmente mediante polígonos en función de la litología realizando todas las correcciones de cada punto tomado.
3. Finalmente se creó campos para el respectivo análisis como litología, área (ha y %), obteniendo como resultado un mapa geológico estructural a escala 1:10000.

— Mapa de pendientes.

Para la elaboración del mapa de pendientes del terreno se partió de la topografía base, los datos obtenidos fueron procesados a través del software ArcGIS 10.5.

1. Se trabajó a partir de MDT correspondientes a la zona de estudio, considerando el tamaño de celda para la escala de trabajo a 1:10 000.



2. Seguidamente se realizó el primer modelo de pendientes a partir de la herramienta: *ArcToolbox/ Spatial Analyst Tools/Surface/Slope*, se ingresó el MDT y se guardó la entidad de salida
3. Se reclasifico el resultado obtenido mediante la herramienta *ArcToolbox/ Spatial Analyst Tools/Reclass/Reclassify*, para ello se siguieron los criterios establecidos por Demek (1972), ver Tabla 17 el cual agrupa las pendientes en 5 categorías como se indica a continuación:

Tabla 17: Clasificación del ángulo de pendiente.

Categoría (°)	Descripción
> 0 – 5	Ligeramente inclinado
> 5 – 15	Fuertemente inclinado
> 15 – 35	Muy inclinado
> 35 – 55	Empinado
> 55	Vertical

Nota. Tomado de (Demek, 1972)

5.5 Mecánica de suelos

La recolección de datos de campo se realizó mediante el levantamiento topográfico en cada talud, con el fin de conocer las dimensiones del mismo utilizando como herramienta principal: GPS y metro. Posteriormente se describieron los estratos, de los cuales se extrajeron muestras de cada uno de ellos con el fin de realizar los ensayos correspondientes para obtener sus propiedades físico-mecánicas.

5.5.1 Corte directo.

5.5.1.1 Características Geotécnicas (muestras de taludes)

Trabajo de campo

Una vez identificadas las características del lugar, fue necesario identificar y caracterizar los materiales que tienen tendencia a ser más débiles, localizar los niveles de agua que puedan estar afectando la estabilidad del terreno y de estos sitios realizar el respectivo muestreo.

Este tipo de ensayo se realizó a dos muestras de suelo las mismas que son muestras alteradas, ya que según (Suárez 2009) se puede realizar este ensayo en casos de caracterización de suelos debido a que los resultados serían cercanos a la realidad.



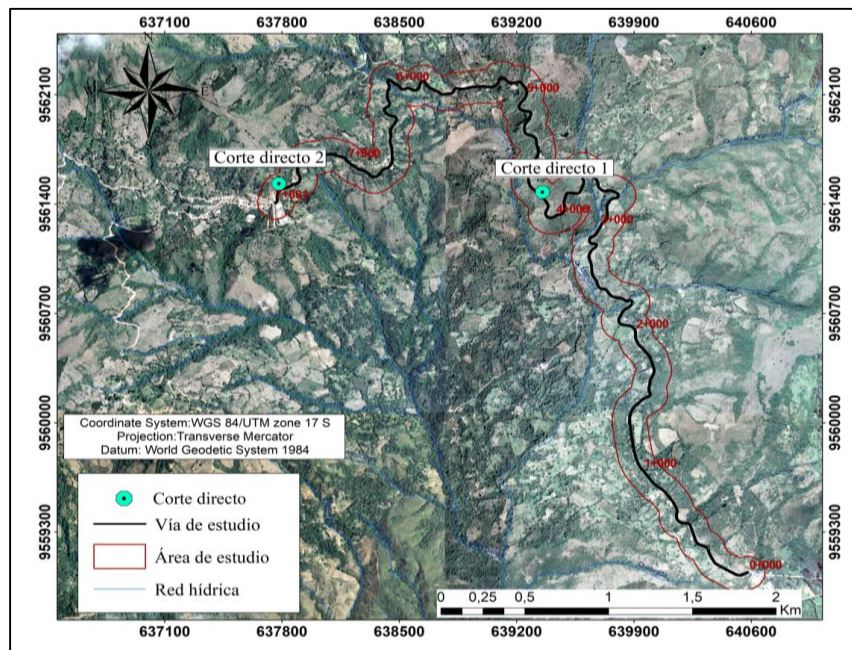
En la Tabla 18 y Figura 23 se detalla la ubicación geográfica de las muestras de suelo extraídas.

Tabla 18. Punto de obtención de muestras para ensayo de corte directo

Ensayos	Coordenadas UTM WGS 84		ABSCISA Referencia
	Este	Norte	
Muestra 1 alterada	639371	9561487	4+500
Muestra 2 alterada	637798	9561511	7+500

Nota. Elaborado por: La Autora, 2023

Figura 23. Ubicación de las muestras para el ensayo de corte directo



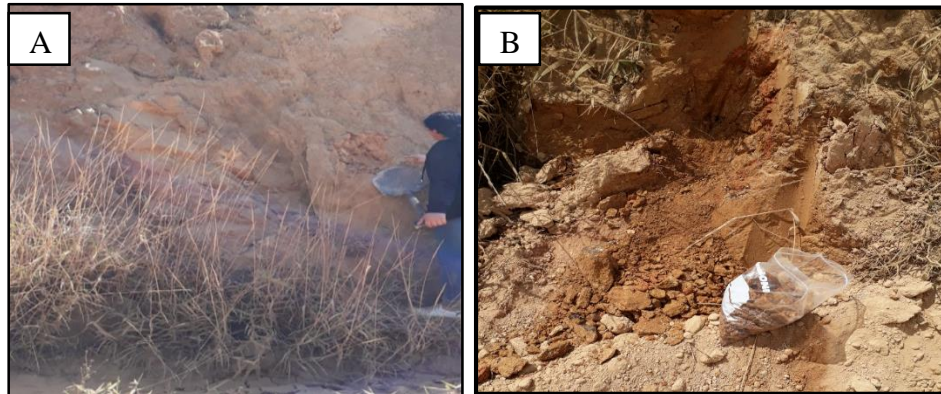
Nota. Elaborado por: La Autora, 2023

Muestras alteradas en funda de plástico se ejecutaron de acuerdo a la norma ASTM D-420 (Prácticas Normalizadas para la Preservación y Transporte de Muestras de Suelo).

En esta etapa se tomaron 8 muestras de los niveles de suelo de los taludes, debido a las características de los suelos no se pudo obtener muestras inalteradas, se procedió a obtener muestras representativas ya que los materiales están constituidos por material muy disgregado y fracturado, se procuró tomar precauciones especiales para evitar alterar las propiedades de las muestras, Ver Figura 24.



Figura 24. (A) Extracción de la muestra de suelo. (B) Muestra extraída para ser llevada al laboratorio.



Nota. Elaborado por: La Autora, 2023

Trabajo de laboratorio

Para los ensayos de corte directo se utilizó la norma:

- Corte directo ASTM – 3080
- Contenido de Humedad ASTM D -2216

El ensayo de corte directo consistió en hacer deslizar una porción de suelo, respecto a la otra a lo largo de un plano de falla predeterminado mediante la acción de una fuerza de corte horizontal incrementada, mientras se aplica una carga normal al plano de movimiento.

Para el análisis se relacionaron dos esfuerzos, en donde para el esfuerzo normal es un dato conocido, se usan así los valores de la Tabla 19, para aquellos suelos con menos contenido de humedad. **Ver Anexo 6**

Tabla 19. Valores de las cargas empleadas para el ensayo de corte directo.

Esfuerzo normal (kg/ cm²)	Carga empleada (Kg)
0.51	15.3
1.02	30.06
2.04	61.04

Nota. Datos usados por ESTSUELCON. Adaptado por: La Autora, 2023

Una vez obtenidos los datos para los diferentes esfuerzos normales se procedió a realizar los cálculos correspondientes.



5.5.2 Calicatas.

Trabajo de campo

Para la obtención de las muestras se utilizó métodos manuales y convencionales, se realizaron 3 calicatas de aproximadamente 1m de largo x 1m de ancho y a profundidades desde 0.5 m, 1 m y 1.50 m cercanas a los taludes que se analizaron en el presente estudio, considerados como las zonas más críticas de la vía cuya finalidad es caracterizar el suelo e identificar la presencia del nivel freático. La realización de las calicatas y obtención de muestras se lo hizo siguiendo la normativa correspondiente.

Tabla 20 . Ubicación de las calicatas.

Elaboración de Calicatas					
N°	Abscisas	Coordenadas UTM WGS 84			Profundidad (m)
		x	y	z	
1	3+500	639531	9561580	1671 m	1.50
2	4+500	639371	9561487	1735 m	
3	7+500	637784	9161485	1942	

Nota. Elaborado por: La Autora, 2023

Trabajo de laboratorio

Luego de recolectadas las muestras de cada talud, se llevó para los ensayos de clasificación SUCS y AASHTO para conocer (granulometría por tamizado seco y límites de Atterberg) según la norma ASTM D2487-AASHTO3282-2487; **Ver Anexo 5.**

Sobre las muestras obtenidas de las calicatas se realizaron los siguientes ensayos detallados en la Tabla 21.

Tabla 21. Normas usadas en los ensayos de laboratorio.

N°	ENSAYO	NORMA
1	Contenido de humedad natural	ASTM D-2216
2	Análisis Granulométrico	ASTM D-422
3	Límite Líquido	ASTM D-4318
4	Límite Plástico	ASTM D-4318
5	Índice de Plasticidad	ASTM D-4318
6	Clasificación	(Métodos AASHTO y S.U.C.S.)

Nota. Elaborado por: La Autora, 2023



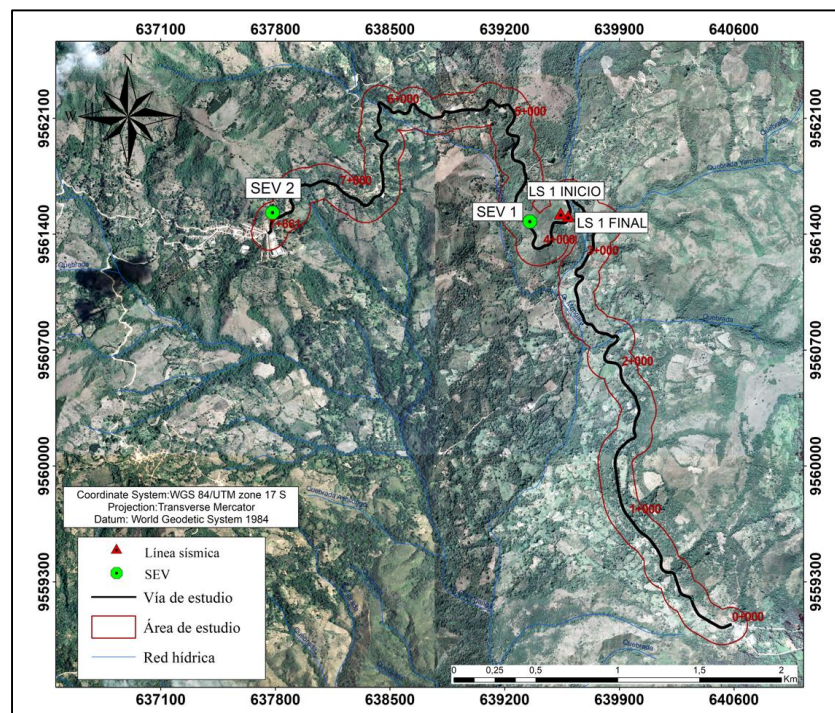
5.6 Campaña Geotécnica

Exploración geofísica

Para la obtención de los datos geofísicos del área de estudio se inició con un reconocimiento previo en cuanto a la elección de puntos específicos, considerando la topografía con el fin de correlacionar información.

Se llevó a cabo dos fases de trabajo, la primera se realizó in-situ en donde se genera la información mediante un recorrido en la zona de estudio; la segunda fase corresponde al trabajo de gabinete donde se procesa la información obtenida en campo mediante softwares, para así obtener los resultados finales. La ubicación de los sondeos eléctricos verticales y línea sísmica según sus coordenadas descritas en la Tabla 22 y 23, se pueden visualizar en la Figura 25 a continuación.

Figura 25. Ubicación de los Sondeos Eléctricos Verticales y Líneas Sísmica.



Nota. Elaborado por: La Autora, 2023

5.6.1 Resistividad eléctrica

Se realizaron dos sondeos eléctricos verticales, cuya ubicación se presenta en la Figura 25 y en la tabla a continuación:



Tabla 22. Coordenadas geográficas (DATUM/WGS_84 17S) de SEV's.

Línea sísmica	Eje central			Abertura AB/2	Abscisa
	Norte (y)	Este (x)	Cota (z)		
Línea 1	9591489	639371	1735	30 m	4+180
Línea 2	9561461	637759	1948	30 m	7+600

Nota. Elaborado por: La Autora, 2023

Trabajo en campo

Este método se llevó a cabo con los servicios de la compañía GEOCONS CIA. LTDA, y se utilizó el medidor de resistividad PASI, mediante la configuración de electrodo Schlumberger, en donde los electrodos se distribuyeron sobre una misma línea en la cual se introduce corriente eléctrica al subsuelo desde la superficie por medio de dos electrodos A y B (electrodos de corriente), y se mide la caída de potencial eléctrico con los electrodos M y N (electrodos de potencial), ver Figura 26.

Las mediciones de campo consistieron en medir repetidas veces la intensidad y voltaje en un punto para diferentes distancias entre los electrodos de alimentación.

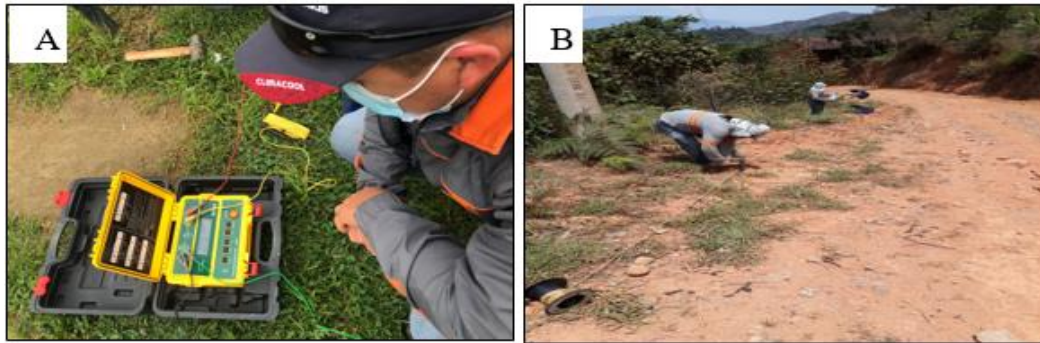
Para el desarrollo de los trabajos de campo se siguieron las siguientes actividades.

1. Teniendo en cuenta el mapa de ubicación, se ubicó con el GPS el punto de localización de cada S.E.V.
2. Ubicar el equipo en el centro de la línea de manera equitativa, es decir en este paso se procedió a abrir los electrodos de medición (M y N) y de alimentación (A y B).
3. De manera simultánea al paso anterior colocar los electrodos en las distancias fijadas en la ficha de campo.
4. Anotar las resistividades obtenidas en el respectivo formato, para que la información que se obtenga en campo quede registrada de manera ordenada y así agilizar la labor de la interpretación. Los pasos anteriores se repitieron para los dos puntos S.E.V.

La ficha de campo usada se compone de la abertura AB/2 y MN, coeficiente geométrico K, resistividad aparente (Ohm.m), y la relación V/I que se calcula automáticamente y visualiza en la pantalla digital en ohmios.



Figura 26. Equipo de resistividad eléctrica (A), disposición de electrodos en línea SEV (B).



Nota. Elaborado por: La Autora, 2023

Trabajo de oficina

Obtenidos los datos de campo se procesa las resistividades de las líneas (SEV) mediante el software de interpretación geofísica ZONDIP1d, originando de esta manera las curvas de resistividades aparentes.

Se establecen los espesores de las capas y las resistividades de cada una de ellas, mismas que sirvieron para la construcción de pseudo secciones aparentes, construcción de los cortes geofísicos y realizar un análisis hidrogeológico de los sitios donde se realizaron los SEV.

5.6.2 Sísmica de refracción.

Se realizó una línea sísmica, cuya ubicación se presenta en la Figura 25 y Tabla 23 a continuación:

Tabla 23. Coordenadas geográficas (DATUM/WGS_84 17S) sísmica de refracción.

Línea sísmica	Ubicación	Eje central			Abertura	Abscisa
		Norte (y)	Este (x)	Cota (z)		
Línea 1	Inicio	9561507	639586	1627	60 m	3+700
	Final	9561524	639541	1627		

Nota. Elaborado por: La Autora, 2023

Se realizó una línea de ensayo de Sísmica de Refracción, para efectuar la línea de sísmica se analizó y se determinó el lugar estratégico para poder implantar la línea de 60 metros de longitud y poder obtener en esta área crítica la estratigrafía y sus características mecánicas de los estratos subterráneos.

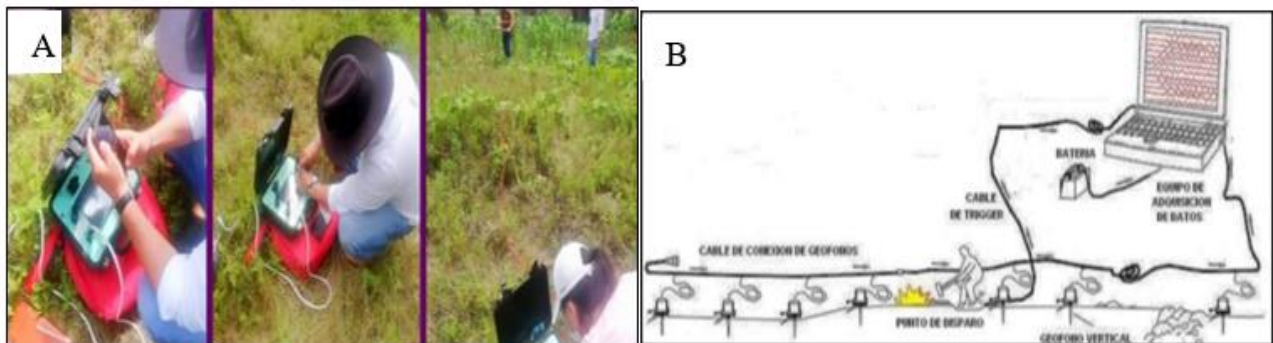


Las investigaciones se realizaron utilizando un sismógrafo de refracción PASI ANTERO DE 48 CANALES, como también se emplearon sus respectivos accesorios de cables de geófonos y de extensión, batería y detonador. Este equipo tiene la particularidad de registrar las ONDAS Longitudinales y las Transversales, además facilita el sismograma directamente mediante la pantalla táctil y realiza la verificación automáticamente establece las características de los materiales y su tipo según la base de datos de más de 5000 ensayos realizados en distintos tipos de suelos y ubicaciones geográficas. **Ver Anexo 4**

Trabajo en campo

- Se realiza el tendido de Refracción Sísmica (TRS), con una longitud de 60 m, donde se utilizan 12 geófonos o hidrófonos, espaciados 5 metros uno con respecto al otro en base a la horizontal, para los tendidos, los geófonos se disponen sobre la línea recta, como se indica en la Figura 27.
- Se localizan tres puntos de tiro, uno central y dos laterales, empleando una fuente sísmica
- Se coloca una placa metálica a un costado del geófono, la cual servirá como base para dar el golpe con la ayuda de un combo de 20 lbs, propagando así ondas hacia el sismógrafo. Este procedimiento se lo realizó en los tres puntos de tiro, en caso de que las ondas no llegaran correctamente al sismógrafo se deberá repetir el golpe.
- Obtenidos los resultados en campo, en oficina se los analiza mediante el programa Zondlp-2D, que nos permite obtener resultados.

Figura 27. Esquema general de la conexión de todos los elementos del equipo utilizado en ensayo de refracción sísmica.



Nota. Elaborado por: La Autora, 2023



Trabajo de oficina

Obtenidos los valores de campo, en oficina se los analiza por medio del programa Zondlp-2D, de acuerdo a los siguientes pasos.

- Determinación de las primeras llegadas de las ondas V_p , refractadas en los sismogramas de campo, seguidamente se realiza la elaboración y correlación de los sistemas de domocronas.
- Obtención de los retardos mediante los métodos “de lay time”, interceptos y paralelismo.
- Se calcula los espesores y profundidades para el caso de multicapas.

Las velocidades de las ondas V_s , de determinaron mediante la metodología establecida por Goriainov N.N. para los suelos y rocas.

Obtenidos los valores de las velocidades de las ondas “P” y “S” (V_p y V_s), se pueden determinar las propiedades elásticas de las diferentes capas detectadas. Las velocidades V_p y V_s están en función del coeficiente Poisson (η) y del módulo de Young (E), según las ecuaciones:

$$V_p = \sqrt{\frac{E(1-n)}{\delta(1+n)(1-2n)}} \quad (16)$$

$$V_p = \sqrt{\frac{E}{2\delta(1+n)}} \quad (17)$$

$$\frac{V_p}{V_s} = \sqrt{\frac{(1-n)}{(1-2n)}} \quad (18)$$

En base al criterio de (Oguilbi A, 1990, Savivh A, 1990), citado en (Naranjo & Dranichnikov, 2012), puntualiza que de la relación de velocidades V_p y V_s se puede obtener las ecuaciones para el cálculo de las propiedades elásticas de los materiales que componen un terreno tales como coeficientes de Poisson, módulo de elasticidad y módulo de corte.

5.7 Mecánica de rocas.

La caracterización geomecánicas facilita de forma significativa y hacen que los resultados obtenidos sean más confiables sobre el comportamiento de un macizo rocoso.

5.7.1 Compresión Simple.



Trabajo de campo

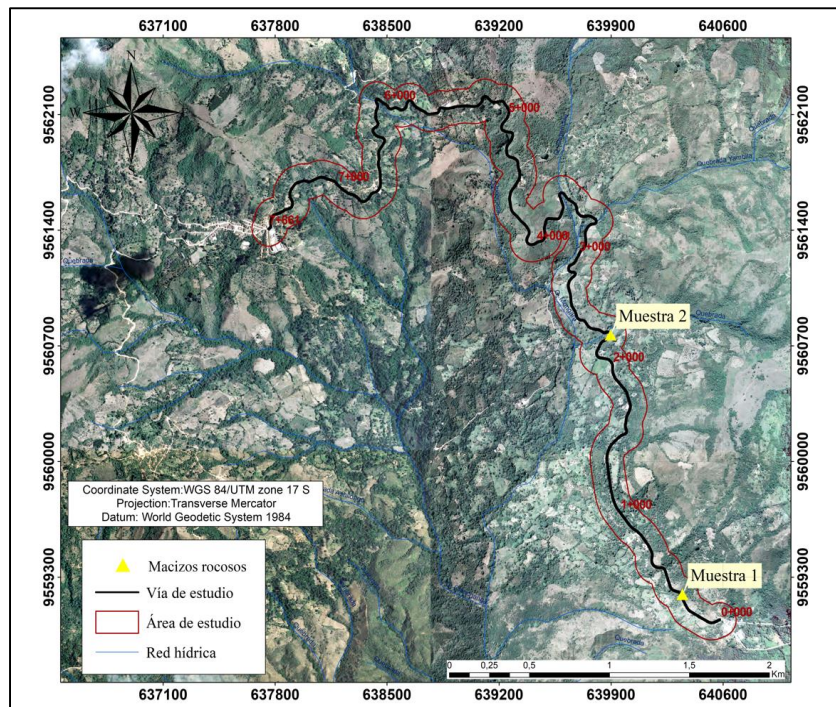
Mediante el recorrido en campo del área de estudio se logró identificar dos macizos rocosos, en la Tabla 24 y Figura 28 se detalla la ubicación.

Tabla 24. Puntos de obtención de muestras de roca para ensayo de compresión simple.

Línea sísmica	Eje central			Abscisa
	Norte (y)	Este (x)	Cota (z)	
Macizo rocoso 1	9559195	640346	1495	0+300
Macizo rocoso 2	9560766	639897	1515	2+150

Nota. Elaborado por: La Autora, 2023

Figura 28. Puntos de obtención de muestras para ensayo de compresión simple.

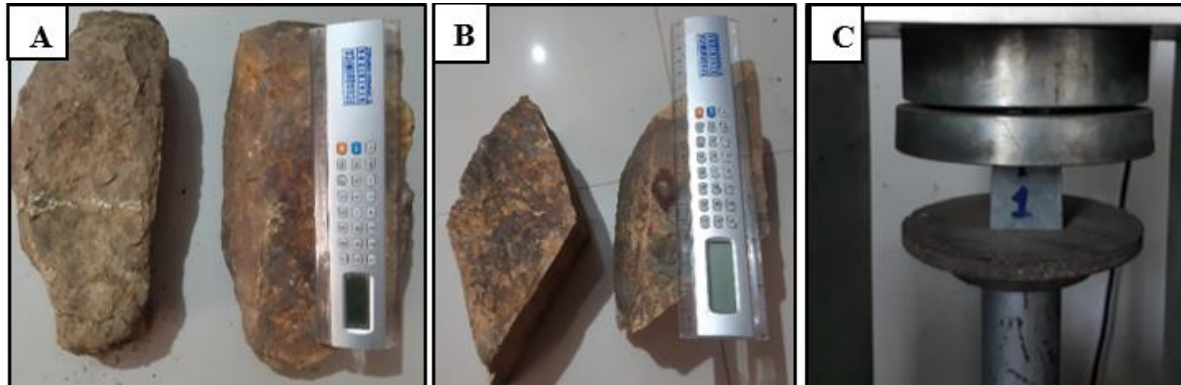


Nota. Elaborado por: La Autora, 2023

Para el análisis de compresión simple, en campo se obtuvieron dos muestras de roca por talud, cuyas dimensiones fueron de 25cm x 25cm aproximadamente ver Figura 29, esto con la finalidad que la muestras sea lo suficientemente representativa para obtener un cubo por muestra de roca de 5cm por lado para realizar los ensayos necesarios.



Figura 29. (A) Muestra de roca macizo 1 (B) Muestras de roca macizo 2 y (C) Aplicación de esfuerzos uniaxial.



Nota. Elaborado por: La Autora, 2023

Trabajo de laboratorio.

Obtenidas las muestras talladas y en forma de cubo, se realizó el ensayo de compresión simple mediante la aplicación de una carga axial, esto se llevó a cabo en el laboratorio ESTSUELCON CIA.LTDA, siguiendo la normativa correspondiente. **Ver Anexo 7.**

- Contenidos de Humedad ASTM D – 2216
- Compresión simple ASTM – D2166

Obtenidos los valores necesarios para el cálculo de la resistencia a la compresión simple estos se reemplazaron en la ecuación 19. Al obtener dos cubos por muestra, el valor de resistencia a la compresión simple fue un valor promedio con el cual se realizó los cálculos posteriores.

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (19)$$

Datos:

σ = Esfuerzo expresado en Kg/cm^2

F = Fuerza o carga

A= Área

5.7.2 Cálculo de las Distintas Propiedades Físicas de las Rocas.

Para calcular las propiedades físicas de las rocas se lo realizó mediante los servicios del laboratorio ESTSUELCON CIA. LTDA siguiendo la normativa para cada uno de los ensayos, las propiedades



físicas a determinar son: Gravedad específica, Peso específico aparente Porosidad eficaz, Capacidad de absorción, Contenido de humedad densidad, Densidad

Gravedad específica (método del picnómetro)

El ensayo de gravedad específica se realizó de acuerdo a la norma ASTM D854-58, con la muestra de mano obtenida del macizo rocoso.

1. Las muestras pasaron por trituración y molienda con el fin de obtener material granular fino mismo que pueda pasar por el tamiz #200.
2. Obtenidos los 50 gr de material granular fino por talud se procede a realizar el ensayo mediante el uso del picnómetro.
3. Se toma los datos de peso del picnómetro vacío, limpio y con su respectiva tapa, lleno de agua, con la muestra y picnómetro con la muestra más agua.
4. Seguidamente se coloca el picnómetro con la muestra + agua destilada en la cámara de vacío para succionar el aire
5. Se vuelven a pesar para realizar los cálculos correspondientes.

Para el cálculo de las propiedades físicas de las muestras de roca se tomó las fórmulas de los libros de Ingeniería geológica y fundamentos de ingeniería de Luis Vallejo (2002), y Braja. M.Das (2013).

Área

$$A = l * a = \text{largo} * \text{ancho} \quad (20)$$

Volumen

$$v = A * h = \text{área} * \text{altura} \quad (21)$$

Esfuerzo

$$\sigma_c = \frac{Fc}{A} = \frac{\text{Fuerza compresiva aplicada}}{\text{Area de aplicacion}} \quad (22)$$

Densidad, ρ (g/cm³)

$$\delta = \frac{m}{v} = \frac{\text{masa}}{\text{volumen}} \quad (23)$$



Gravedad específica, G_s

$$G_s = \frac{W_s}{W_w} = \frac{W_s}{W_s + W_{bw} - W_{bws}} \quad (24)$$

Donde:

W_{bws} = peso picnómetro + agua + suelo

W_{bw} = peso picnómetro + agua

Contenido de humedad, CH (%)

$$CH = \frac{W - W_{sec}}{W_{sec}} * 100 = \frac{\text{peso muestra} - \text{peso seco}}{\text{peso seco}} * 100 \quad (25)$$

Porosidad eficaz, n_e %

$$n_e = \frac{W_{sat} - W_{sec}}{W_{sat} - W_{im}} * 100 = \frac{\text{peso saturado} - \text{peso seco}}{\text{peso saturado} - \text{peso sumergido}} * 100 \quad (26)$$

Porosidad, n (%)

$$n = 1 - \frac{\rho_a}{\rho_r} * 100 = \frac{\text{peso específico aparente}}{\text{peso específico real}} \quad (27)$$

Porosidad cerrada n_c %

$$n_c = n - n_e = \text{porosidad} - \text{porosidad eficaz} \quad (28)$$

Peso específico aparente ρ_a ($\frac{g}{cm^3}$)

$$\rho_a = \frac{W_{sec}}{W_{sat} - W_{im}} * \rho_w \quad (29)$$

Peso específico real ρ_r ($\frac{g}{cm^3}$)

$$\rho_r = \frac{W_{pulverizada}}{W_2 - W_{pulverizada} - W_2} * \rho_w \quad (30)$$

Coefficiente de absorción, c_{abs} (%)

$$c_{abs} = \frac{W_{sat} - W_{sec}}{W_{sec}} * 100 = \frac{\text{peso saturado} - \text{peso seco}}{\text{peso seco}} * 100 \quad (31)$$

Compacidad, C (%)

$$C = 100 - n \quad (32)$$

Módulo de saturación, M_{sat} (%)

$$M_{sat} = \frac{n_e}{n} * 100 \quad (33)$$



5.7.3 Caracterización del macizo rocoso

Trabajo de campo

Se realizó un recorrido por la zona de estudio con el fin de definir puntos específicos para la toma de datos de calidad del macizo rocoso, a lo largo del mismo se identificó de manera visual dos zonas de estudio en base a la litología y discontinuidades presentes, mismas que tienen características en común en cuanto a tipo de roca y grado de fracturamiento, en cada uno de los taludes se definió la zona más representativa en donde predominen las discontinuidades para así poder dar una mejor valoración del macizo como se indica en la Figura 30.

En la zona más significativa, se trazó un cuadro de 1x1m, para la recolección de los datos: separación, longitud, rugosidad, meteorización, infiltración, relleno de las discontinuidades y demás datos estructurales.

Figura 30. *Recolección de información, parámetros para la clasificación geomecánica. (A) Conteo de J_v ; (B) Medida de abertura, espaciamiento y longitud de las discontinuidades y (C) Datos estructurales.*



Nota. Elaborado por: La Autora, 2023

La obtención de los datos geomecánicos se tomaron en base a ficha de zonificación, para la toma de datos para la caracterización del macizo rocoso estas fueron tomadas de Gonzales de Vallejo et al. (2004) adaptadas por la autora para la recolección de toda la información base para el desarrollo del presente trabajo de investigación las cuales se detallan en el apartado de anexos. **Ver Anexo 3**



Trabajo de Gabinete

En esta etapa se procedió a la interpretación y procesamiento de la información realizando una evaluación integrada y diferenciada de los macizos rocosos, permitiendo así efectuar la caracterización geomecánica.

▪ Índice de Calidad de la Roca (RQD)

Se determinó el Índice de Calidad de la Roca para los dos macizos de roca en estudio, para lo cual se realizó la sumatoria de las fisuras por metro cúbico (J_v) en el macizo rocoso, luego a partir de la fórmula del RQD planteada y actualizada por Palmstrom (2005) se determinó el RQD de cada uno de los macizos y se asignó su clasificación y calidad de la roca. En base a la ecuación 33:

$$RQD = 110 - 2.5J_v \quad (34)$$

$$RQD = 0 \text{ para } J_v > 44$$

$$RQD = 100 \text{ para } J_v < 44$$

Dónde: J_v , es el número de juntas por m^3

$$J_v = \sum \left(\frac{1}{SM_i} \right) \quad (35)$$

Donde

SM_i , es el espaciamiento medio de cada fisura en m.

5.7.3.1 Clasificación RMR (Bieniawski, 1973. Act. 1989)

Para determinar el tipo de macizo rocoso en base a la clasificación RMR, fue necesario el trabajo previo en campo, con el fin de describir los macizos rocosos más representativos de la zona de estudio, ya que se debe tener información correspondiente a parámetros que a continuación se indican.

Primer parámetro. La clasificación RMR se aplicó a una muestra de roca (Lava andesita), la cual fue llevada al laboratorio y se obtuvo el valor de la resistencia a la compresión simple. Este valor fue tomado para posteriormente ubicarlo en la Tabla 25, y así poder asignarle una valoración final al primer parámetro de la clasificación RMR.

Tabla 25. Valoración para el parámetro de RCS de la clasificación RMR

1) Resistencia de la roca intacta				
Ensayo carga puntual	>10MPa	4-10 Mpa	2-4 Mpa	1-2 Mpa



Compresión simple	>250 Mpa	100-250 Mpa	50-100 Mpa	25-50 Mpa	5-25 Mpa	1-5 Mpa	<1 Mpa
Valor	15	12	7	4	2	1	0

Fuente. Bieniawski. Engineering rock mass classifications. 1989

Segundo parámetro. El valor es calculado mediante el conteo del número de fisuras por metro cuadrado su valor fue determinado usando la correlación de Palmstrom 2009, cuyo resultado es comparado en la Tabla 26 que se muestra a continuación:

Tabla 26. Valoración del espaciado de discontinuidades en la clasificación RMR.

2) Índice de la calidad de la roca					
RQD	90- 100%	75 - 90%	50- 75%	25- 50%	<25%
VALOR	20	17	13	8	3

Fuente. Bieniawski. Engineering rock mass classifications. 1989.

Tercer parámetro. La medida del espaciado de las discontinuidades consistió en tomar la distancia perpendicular entre discontinuidades adyacentes; en esta fase se determinó el tamaño de los bloques más representativos de roca intacta para dar su valoración final se utilizó la Tabla 27.

Tabla 27. Valoración del espacio de discontinuidades en la clasificación RMR

3) Espaciado de las discontinuidades					
Rango	>2 m	0,6 – 2m	0,2 – 0,6 m	6 – 20cm	<6 cm
Valor	20	15	10	8	5

Nota. Obtenido de Bieniawski. Engineering rock mass classifications. 1989.

Cuarto parámetro. Para determinar el estado de las discontinuidades se dio una valoración numérica a cada variable (longitud de la discontinuidad, abertura, rugosidad y relleno) de acuerdo a la Tabla 28.

Tabla 28. Valoración del estado de las discontinuidades para la clasificación RMR.

4) Estado de las discontinuidades					
Longitud	< 1 m	1-3 m	3 – 10 m	10 - 20 m	>20 m
Valor	6	4	2	1	0
Abertura	Nada	<0.1 mm	0.1 – 1.0 mm	1-5 mm	>5 mm
Valor	6	5	3	1	0
Rugosidad	Muy rugosa	Rugosa	Ligeramente rugosa	Ondulada	Suave
Valor	6	5	3	1	0
Relleno	Ninguno	Relleno duro <5 mm	Relleno duro >5 mm	Relleno blando <5 mm	Relleno blando > 5 mm
Valor	6	4	2	2	0



Alteración	Inalterada	Ligeramente alterada	Moderadamente alterada	Muy alterada	Descompuesta
Valor	6	5	3	1	0

Nota. Obtenido Bieniawski. Engineering rock mass classifications. 1989.

Quinto parámetro. El parámetro de flujo de agua en las juntas realizó una observación minuciosa para identificar si existe algún grado de humedad en el macizo rocoso y para posteriormente asignar una valoración en base a la Tabla 29.

Tabla 29 . Valoración de acuerdo a la infiltración de agua en las juntas.

5) Flujo de agua en las juntas					
Relación Pagua/Pprine	0	0 – 0,1	0,1 – 0,2	0,2 – 0,5	>0,5
Condiciones generales	Completament e secas	Ligeramente Húmedas	Húmedas	Goteando	Agua fluyendo
Valor	15	10	7	4	0

Nota. Bieniawski. Engineering rock mass classifications. 1989.

Finalmente se realiza la sumatoria de los primeros cinco parámetros dando como resultado un valor índice y se realiza la clasificación de acuerdo a la Tabla 30, la fórmula empleada para determinar el índice RMR corresponde a la Ecuación 35.

$$RMR = P(UCS) + P(RQD) + P(s) + P(JC) + P(WC) \quad (36)$$

Tabla 30. Clasificación y calidad del macizo rocoso según RMR

CLASE	Calidad de roca	RMR
I	Muy buena	81 – 100
II	Buena	61 – 80
III	Regular	41 – 60
IV	Mala	21 – 40
V	Muy mala	0 – 20

Nota. Bieniawski. Engineering rock mass classifications. 1989.

5.7.3.2 Clasificación SMR, slope mass rating. (Romana, 1985)

Se realizó la clasificación geomecánica SMR de Romana (1985), la cual se obtuvo a partir del RMR, factores de ajuste por orientación de las discontinuidades y por el método de excavación, para ello se utilizó la información recolectada en campo de los taludes y las diaclasas.



Se estableció el valor SMR de cada una de las familias de juntas que conformaban los dos macizos rocosos en estudio, y se adoptó el valor menor de los resultados obtenidos. Seguidamente, con las fórmulas respectivas, se determinó el análisis para la rotura planar, por vuelco.

La determinación de los factores de ajuste por la orientación de las juntas (F1, F2 y F3) y el factor de ajuste por el método de excavación (F4), se realizaron tomando como referencia la Tabla 31 obtenida de Tomás et al., (2006):

Tabla 31. Orientación de las discontinuidades, SMR.

CASO		Muy favorable	Favorable	Normal	Desfavorable	Muy desfavorable
P	$ \alpha_j - \alpha_s $	$>30^0$	$30^0 - 20^0$	$20^0 - 10^0$	$10^0 - 5^0$	$<5^0$
T	$ \alpha_j - \alpha_s = 180^0 $					
P/T	F₁	0,15	0,40	0,70	0,85	1,00
P	$ \beta_j $	$<20^0$	$20^0 - 30^0$	$30^0 - 35^0$	$35^0 - 45^0$	$> 45^0$
	F_2	0,15	0,40	0,70	0,85	1,00
T	F₂	1	1	1	1	1
P	$\beta_j - \beta_s$	$> 10^0$	$10^0 - 0^0$	0^0	$0 - (-10^0)$	$< -10^0$
T	$\beta_j + \beta_s$	$<110^0$	110^0 $- 120^0$	$> 120^0$		-
P/T	F₃	0	-5	-25	-50	-60

DONDE:

P: Rotura plana

T: Rotura por vuelco

α_s : Dirección de buzamiento del talud

α_j : Dirección de buzamiento de las juntas

β_s : Buzamiento del talud

β_j : Buzamiento de las juntas

Nota. Obtenido de Romana, M. 1985

El índice SMR, fue calculado para los dos taludes rocosos, compuesto por lavas andesíticas ya que está constituido por planos de familia de discontinuidades, se apreció este parámetro para los casos de rotura planar y por vuelco. Se empleó la siguiente Ecuación 36, expuesta a continuación:

$$SMR = RMR + (F1 * F2 * F3) + F4 \quad (37)$$

5.7.3.3 Clasificación Q de Barton

Para clasificar el macizo rocoso de acuerdo al Q de Barton se necesitan de seis parámetros, que a continuación se muestran en las distintas tablas con la descripción de los factores necesarios para la cuantificación.



Primer parámetro. se obtuvo contando el número de las familias de juntas aplicando la ecuación 4 y su valoración en función de la Tabla 32.

Tabla 32. Calidad del R.Q.D de acuerdo al Q de Barton.

Descripción de la calidad del macizo rocoso	R.Q.D (%)	Observaciones
Muy mala	0-25	Para R.Q.D <10 se puede tomar R.Q.D. =10 en la ecuación de Q.
Mala	25-50	
Regular	50-75	
Buena	75-90	
Excelente	90-100	

Nota. Obtenido de Barton, et, (1974).

Segundo parámetro. se contabilizó el número de conjuntos de estructuras o familias presentes en el macizo rocoso y se valoró en función de la Tabla 33.

Tabla 33. Valoración del Índice de diaclasas (J_n)

Descripción	J_n
Roca masiva	0,5 - 1
Una familia de diaclasas	2
Una familia de diaclasas y algunas diaclasas ocasionales	3
Dos familias de diaclasas	4
Dos familias de diaclasas y algunas diaclasas ocasionales	6
Tres familias de diaclasas	9
Tres familias de diaclasas y algunas diaclasas ocasionales	12
Cuatro o más familia de diaclasas, roca muy fracturada	15
Roca triturada terrosa En boquillas, se utiliza 2 juntas y en túneles 3juntas	20

Nota. Obtenido de Barton, et, (1974).

La determinación en campo de la rugosidad, la meteorización y alteración de las juntas, el estado tensional de la roca y la presencia de agua, se realizó mediante observación directa y se evaluó en función de los **cuatro parámetros** restantes de las Tablas 34, 35, 36 y 37 respectivamente



Tabla 34. Valoración del Índice de rugosidad (*Jr*)

Contacto entre las 2 caras de las diaclasas con poco desplazamiento lateral de menos de 10cm	Jr
Juntas discontinuas	4
Juntas rugosas o irregular ondulada	3
Suave ondulada	2
Espejo de falla, ondulada	1.5
Rugosa o irregular, plana	1.5
Suave plana	1
Espejo de falla, plano	0.5
No existe contacto entre las 2 caras de las diaclasas cuando ambas se desplazan lateralmente	Jr
Zona de contenido de minerales arcillosos	1
Arenas, gravas o zona de fallado suficientemente gruesa para impedir el contacto entre las dos caras de las diaclasas	1

Nota. Obtenido de Barton, et, (1974).

Tabla 35. Valor Índice de Alteración de las discontinuidades.

Descripción	Ja	θ^0
Contacto entre las 2 caras de las diaclasas		
Junta sellada dura, sin reblandecimiento impermeable como por ejemplo cuarzo en paredes sanas	0.75	25-30
Cara de la junta únicamente manchadas	1	25-30
Las caras de la junta están alteradas ligeramente y contienen minerales no blandos partículas de arna, roca desintegrada libre de arcilla	2	25-30
Recubrimiento de limo o arena arcillosa, pequeña fricción arcillosa no reblandecible.	3	20-25
Recubrimiento de minerales arcillosos blandos o de baja fricción como caolinita, clorita, talco, yeso, grafito y pequeñas cantidades de arcillas.	4	8-16
Contacto entre las 2 caras de las diaclasas con < de 10cm desplazamiento lateral		
Partículas de arena, roca desintegrada libre de arcilla	4	25-30
Fuertemente sobreconsolidados rellenos de minerales arcillosos no blandos, los recubrimientos son continuos de menos de 5mm de espesor	6	16-24
Sobreconsolidación media a baja, blandos, rellenos de minerales arcillosos. Los recubrimientos son continuos de < de 5mm de espesor.	8	12-16
Rellenos de arcilla expansiva, de espesor continuo de 5mm. El valor de Ja dependerá del porcentaje de partículas del tamaño de la arcilla expansiva	8-12	6-12
No existe contacto entre las 2 caras de la diaclasa cuando esta cizallada.		
Zonas o bandas de roca desintegrada o manchada y arcilla	6-8	6-24



Zonas blandas de arcilla limosa o arenosa con pequeña fricción de arcillas no blandas.	12-5	6-24
Granos arcillosos gruesos	13-20	6-24

Nota. Obtenido de Barton, et, (1974)13-20

Tabla 36. Factor de reducción por presencia de agua (J_w)

Descripción	J_w	Presión del agua Kg/cm ²
Excavaciones secas o de influencia poco importante	1	<1
Fluencia o presión medias, ocasional lavado de los rellenos de las diaclasas	0.66	1-2.5
Fluencia grande o presenta alta, considerable lavado de los rellenos de las diaclasas	0.33*	2.5-10
Fluencia o presión de agua excepcionalmente altas, decayendo con el tiempo	0.1- 0.2*	>10
Fluencia o presión de aguas excepcionalmente altas y continuas, sin disminución.	0.05- 0.1*	>10

Los valores presentados con el signo* son solo valores estimados. Si se instalan elementos de drenaje, hay que aumentar J_w

Nota. Obtenido de Barton, et, (1974).

Tabla 37 . Valoración SFR

1.- Zona débil que interceptan la excavación y pueden causar caídas de bloques	S.F.R		
A. Varias zonas débiles contenido arcilla o roca desintegrada químicamente, roca muy suelta alrededor	10		
B. Solo una zona débil contenido arcilla o roca desintegrada químicamente (profundidad de excavación < 50m)	5		
C. Solo una zona débil contenido arcilla o roca desintegrada químicamente (profundidad de excavación > 50m).	2.5		
D. Varias zonas de fractura en roca competente libre de arcilla, roca suelta alrededor (cualquier profundidad).	7.5		
E. Solo una zona fracturada en roca competente, libre de arcilla (profundidad de excavación < 50m).	5		
F. Solo una zona fracturada en roca competente, libre de arcilla (profundidad de excavación > 50m).	2.5		
G. Diaclasas abiertas sueltas, muy fracturadas. Cualquier profundidad.	5		
2.- Rocas competentes con problemas tensionales en las rocas	σ_c / σ_1	σ_t / σ_1	S.R.F.
H. Tensiones superficie. Pequeñas	>200	>13	2.5
I. Tensiones medias	200-10	13- 0.33	1.0
J. Tensiones altas estructura muy compacta	10-5	0.66- 0.33	0.5-2.0
K. Explosión de roca suave (roca masiva)	5-2.5	0.33- 0.16	5-10
L. Explosión de roca fuerte (roca masiva)	<2.5	<0.16	10-30



3.- Rocas fluyentes, flujo plástico de roca incompetente bajo la influencia de altas presiones litostática. S.R.F

M. Presión de flujo suave	5-10
N. Presión de flujo intensa	10-20
4.- roca expansiva, actividad expansiva química dependiendo de la presencia del agua	S.R.F
O. Presión expansiva suave	5-10
P. Presión expansiva intensa	10-15

Observaciones: reducir los valores de SRF en unos 25 a 50% si las zonas de rotura solo influyen, pero no interceptan a la excavación. En los casos que la profundidad de las claves del túnel sea inferior a la altura del mismo se sugiere aumentar el SRF de 2.5 a 5. Para campos de tensiones muy anisótropos cuando $5 \leq \sigma_1 / \sigma_3 \leq 10$, reducir el σ_c y σ_t a $0.8\sigma_c$ y $0.8\sigma_t$

Nota. Obtenido de Barton, et, (1974).

Una vez determinado cada parámetro y obtenido su puntaje se calcula la relación propuesta en la ecuación 8 con el objetivo de obtener el índice de calidad Q; La clasificación se realizó en base a la Tabla 38, en donde (Barton et al., 1974) los macizos rocosos se los clasifica en 9 categorías de la siguiente manera:

Tabla 38. Clasificación de los macizos rocosos según el índice Q.

VALOR DE Q	TIPO DE ROCA
0,001-0,01	Excepcionalmente mala
0,01-0,1	Extremadamente mala
0,1-1	Muy mala
1-4	Mala
4-10	Media
10-40	Buena
40-100	Muy buena
100-400	Extremadamente buena
400-1000	Excepcionalmente buena

Nota. (Barton et al., 1974)

5.7.3.4 Clasificación GSI, Geological strength index. (Hoeñ, 1994)

El índice GSI se consideró las relaciones con el RMR_{89} , se aplicó a los taludes 1, 2.

$$RMR_{89} > 23 \rightarrow GSI = RMR_{89} - 5 \quad (38)$$

$RMR_{89} < 23 \rightarrow$ No se puede utilizar el RMR_{89} para la obtención del GSI

De acuerdo al a valor obtenido se asigna una clase que va desde muy mala a muy buena.

- Muy buena ($80 < GSI \leq 100$)
- Buena ($60 < GSI \leq 80$)



- Regular ($40 < \text{GSI} \leq 60$)
- Mala ($20 < \text{GSI} \leq 40$)
- Muy mala ($0 \leq \text{GSI} \leq 20$)

5.8 Análisis Geológico – Geotécnico.

El factor de seguridad se lo realiza para conocer cuan estables son los taludes en los que hay presencia de materiales sueltos, se consideró datos como ubicación geográfica, ángulo de trabajo, cohesión, ángulo de fricción interna y presencia del nivel freático.

Para dar cumplimiento al tercer objetivo se utilizó los métodos de equilibrio límite (desarrollado por Suárez, 2009, debido a su relativa simplicidad, característica principal de los métodos de equilibrio límite de los cuales se obtienen resultados razonables de factor de seguridad, y su aplicación se extiende a todo tipo de terrenos.

5.8.1 Análisis Estático de estabilidad global.

Para el modelamiento en condición estática, se tomó en cuenta la mayoría de los factores que afectan a la estabilidad de los taludes, como: la geometría, los parámetros geológicos, las propiedades y las características geológicas-geotécnicas de los geomateriales.

Cohesión y ángulo de fricción en el software RocLab v 1.010

Para el análisis de estabilidad de los taludes rocosos 1 y 2 se eligió analizar por rotura general, en donde se inició por obtener los parámetros de cohesión y ángulo de fricción en el software RocLab que permite determinar los parámetros de resistencia del macizo rocoso, de acuerdo al criterio de rotura generalizado de Hoek-Brown ajustado al criterio de Morh-Coulomb, basados en la introducción de los siguientes datos que se muestran en la Tabla 39.

Tabla 39. Parámetros geotécnicos empleados en el software RocLab.

Nro.	RCS (Mpa)	GSI	mi	Factor de Perturbación D	Peso específico MN/m^3	Altura en (m)
1	54.57	49.7	25	0.7	0.0273	21
2	44.41	56	25	0.7	0.0259	13.25

Nota. Elaborado por: La Autora, 2023

- Resistencia a la compresión simple (RCS) **sigci**, dato obtenido en los ensayos de laboratorio.
- Parámetro de la roca intacta **mi** (valor asignado según el tipo de roca)



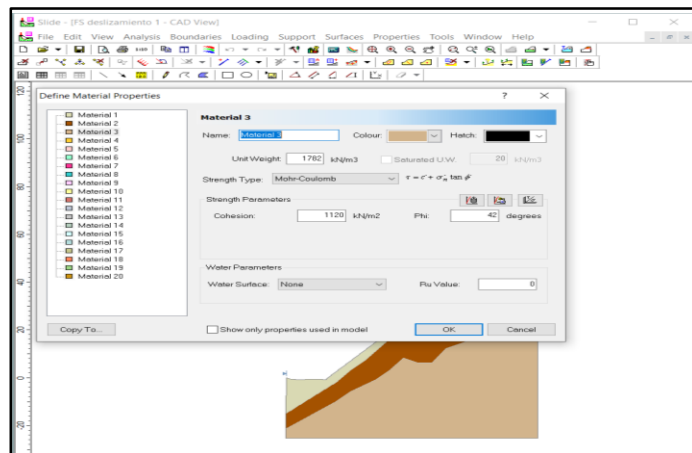
- Índice de la resistencia geológica **GSI**, valor determinado en la clasificación geomecánica.
- Altura, fue un dato tomado en campo.
- Peso específico, obtenido de los ensayos de laboratorio.

Análisis de estabilidad en el software Slide v.6.0.

El programa que se utilizó fue SLIDE 6.0. desarrollado por Rocscience, para lo cual fue necesario realizar la geometría del talud y el perfil del subsuelo mismo que contiene los materiales con los respectivos espesores realizados en el Software AutoCAD, para luego ser importados al software SLIDE.

Los parámetros geotécnicos obtenidos de los materiales muestreados, se ingresan en el software tales como (*peso específico, ángulo de fricción y cohesión*) y los niveles freáticos en el caso de existir, finalmente se hace correr el programa y se obtiene las modelaciones de acuerdo a los métodos escogidos como se muestra en la Figura 31.

Figura 31. Interfaz del Software Slide 6.0.. al ingresar los datos del talud.

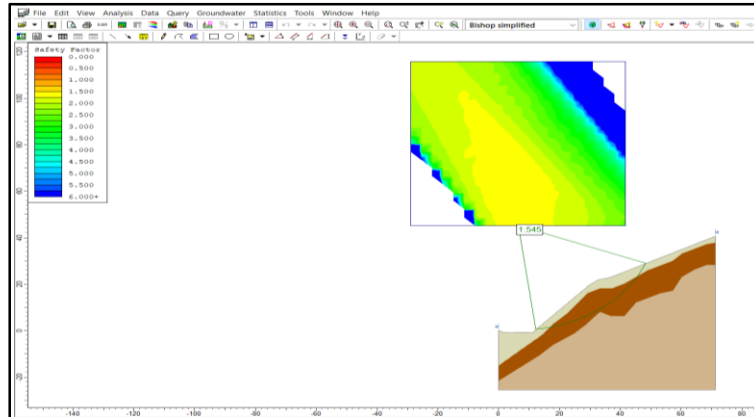


Nota. Obtenido de Slide 6.0

El programa muestra el comportamiento de los materiales de acuerdo al criterio de Mohr – Coulomb. Finalmente, el programa entrega todas las posibles superficies de falla, haciendo realce en la superficie de falla menos favorable como se indica en la Figura 32.



Figura 32. Interfaz del Software Slide 6.0. con las posibles roturas y estratos existentes.



Nota. Obtenido de Slide 6.0

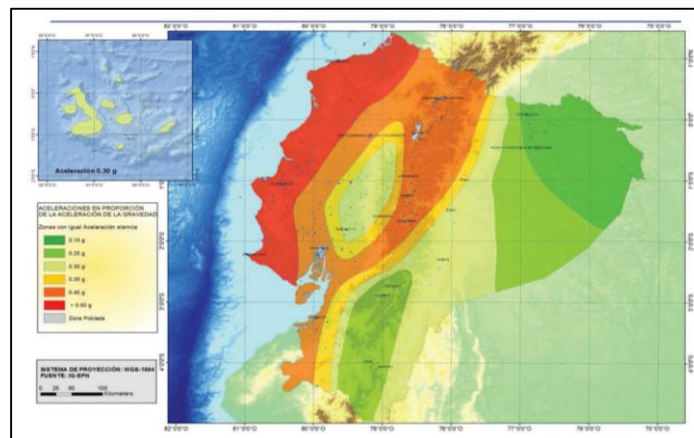
5.8.2 Análisis Pseudo-Estático de estabilidad global.

Para el análisis pseudo-estático, se utilizó un coeficiente correspondiente a una aceleración horizontal, donde no se tuvo en cuenta las aceleraciones verticales. Ecuador se divide en 6 zonas sísmicas, caracterizadas por el valor de Z. La zona sur de la provincia está catalogada como una zona de amenaza sísmica alta, por lo cual es importante realizar este tipo de análisis en la zona de estudio.

En el software Slide v6.0 se introdujo un coeficiente sísmico horizontal de 0.23. Para obtener el coeficiente sísmico horizontal de la zona del proyecto se realizó lo siguiente:

1. Se obtuvo el factor de la zona Z, en función del mapa de zonas sísmicas de Ecuador, ver Figura 33.

Figura 33. Zonas sísmicas para propósitos de diseño y valor de factor de zona Z.



Nota. Obtenido de NEC, 2015.



Para facilitar la determinación del valor de Z, se tomó como referencia la Tabla 40 de la NEC-11- Capítulo 2.

Tabla 40. Valores del factor Z en función de la zona sísmica.

ZONA SÍSMICA	I	II	III	IV	V	VI
Valor factor Z	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	≥0.50
Caracterización del peligro sísmico	Intermedia	Alta	Alta	Alta	Alta	Muy Alta

Fuente. NEC, 2015.

- Se presentó los datos del valor de Z de la población más cercana a la parroquia Lauro Guerrero, que se muestra en la Tabla 41.

Tabla 41. Valoración de la zona sísmica de las parroquias Lauro Guerrero y el Carmelo y poblaciones.

Población	Parroquia	Cantón	Provincia	Zona Sísmica	Factor Z
Chaguarpamba	Chaguarpamba	Chaguarpamba	Loja	III	0.30
Catacocha	Catacocha	Paltas	Loja	III	0.30
Alamor	Alamor	Puyango	Loja	V	0.40

Nota. Obtenido de NEC, 2015.

- De acuerdo con la NEC, el sector de estudio se ubicó en la Zona Sísmica III, adaptándose así un valor de Z entre 0.30, y la línea sísmica dio a conocer un tipo de perfil del subsuelo tipo D. Dando como resultado una Fa de 1.3 de acuerdo a la Tabla 42.

Tabla 42. Tipo de suelo y Factores de sitio Fa.

Tipo de perfil del subsuelo	I	II	III	IV	V	VI
FACTOR Z	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	≥ 0.5
A	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
B	1	1	1	1	1	1
C	1.4	1.3	1.25	1.23	1.2	1.18
D	1.6	1.4	1.3	1.35	1.2	1.12
E	1.8	1.5	1.39	1.26	1.14	0.97
F	Véase Tabla 2 : Clasificación de los perfiles de suelo y la sección 10.6.4					

Nota. Obtenido de NEC, 2015.



4. Según la NEC-SE-GC-2015 la demanda sísmica para los análisis pseudo-estático será del 60% de la aceleración máxima en el terreno.

$$K_h = 0.6(a_{max})/g \quad (39)$$

Donde:

$$a_{max} = ZF_a \quad (40)$$

F_a = Fuerzas actuales

5. Se realizó el cálculo y reemplazo de la ecuación 40, donde el valor de Z, fue de 0.30, y F_a igual a 1.3 según lo recomendado en la normativa de peligro sísmico NEC-SE-GC-2015

Donde:

$$a_{max} = 0.30 * 1.3 = 0.39$$

6. Finalmente, se obtuvo el coeficiente sísmico horizontal de 0.23, reemplazando la ecuación 39.

$$K_h = 0.6(0.39) = 0.23$$



6. Resultados.

6.1 Topografía

La información correspondiente a la topografía del tramo vial del kilómetro 0+000 – 7+661 de la vía El Carmelo –Lauro Guerrero se la realizó haciendo uso del análisis y procesamiento de modelos digitales de elevación (MDT), otorgados por el ministerio de Agricultura y Ganadería por medio de su geoportal (SIGTIERRAS) e información otorgada por el Gobierno provincial de Loja (Departamento de estudios viales y obras civiles, tal como red vial entre carreteras, senderos, red hídrica como quebradas y ríos, zonas pobladas, etc. y el uso de softwares que hacen posible tener este tipo de información (**Ver Anexo 8.4 y 8.5**).

A los MDT, se les asignó el tamaño de pixel para trabajar a una escala de 1:10000, de acuerdo al criterio de Tobler, W (1988), aplicando un Resample, ajustando el tamaño del pixel a 5 x 5m. Los MDT utilizados para la zona de estudio fueron los siguientes NVI-E3d-C4; NVI-E3d-F2; NVI-E4c-A3; NVI-E4c-D1; y NVI-E4c-D3.

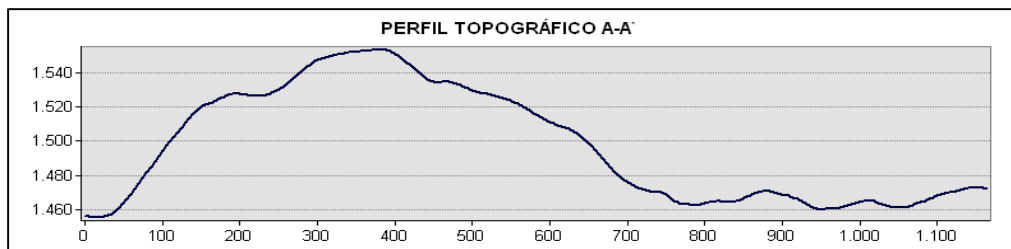
Como resultado se obtuvo un mapa a escala 1:10 000, con curvas de nivel secundarias a 5m y las principales a 25m obteniendo un relieve del terreno irregular con alturas que oscilan entre 1985 m s.n.m (cota más alta) y 1430 m s.n.m (cota más baja).

A partir de la topografía del terreno se elaboró tres perfiles topográficos.

Perfil Topográfico A-A'

En la Figura 34, se aprecia el perfil topográfico ubicado al inicio de la vía en estudio, con una dirección NW-SE con una longitud de 1.163,89m, su altitud mayor es de 1.553,08 m y la altitud menor de 1.455,69, lo que corresponde a una diferencia de 95 m.

Figura 34. *Perfil Topográfico A-A'*



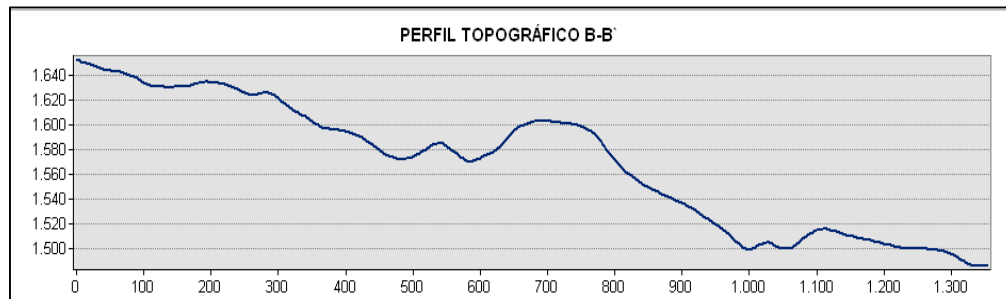
Nota. Elaborado por: La Autora, 2023



Perfil Topográfico B -B'.

En la Figura 35, se aprecia el perfil topográfico ubicado al centro de la vía en estudio, con una dirección NW-SE con una longitud de 1.354,17 m, su altitud mayor es de 1.653,00 m y la altitud menor de 1.486,51 m lo que corresponde a una diferencia de 265 m.

Figura 35. Perfil Topográfico B -B'

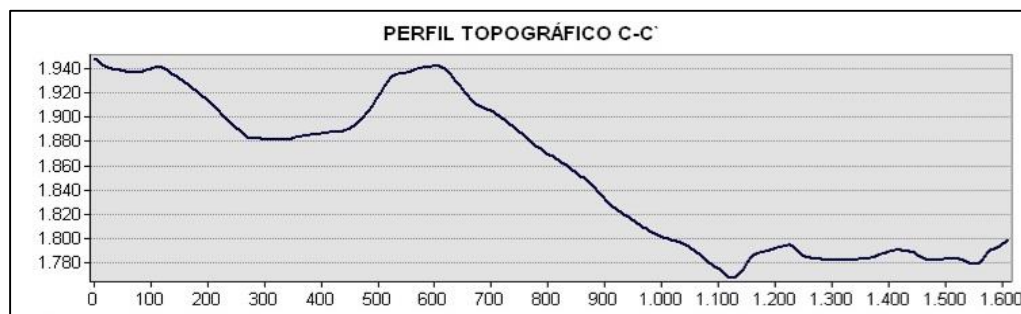


Nota. Elaborado por: La Autora, 2023

Perfil Topográfico C-C'.

En la Figura 36, se aprecia el perfil topográfico ubicado al inicio de la vía en estudio, con una dirección SW-NE, con una distancia de 1.610,532 m, su altitud mayor es de 1.948,32 m y la altitud menor de 1.767,771 m lo que corresponde a una diferencia de 180 m.

Figura 36. Perfil Topográfico C-C'







Nota. Elaborado por: La Autora, 2023

6.1.1 Pendientes

Las pendientes obtenidas mediante el procesamiento SIG a partir del modelo digital de elevación se aprecia en la Tabla 43, representadas en grados de acuerdo a la clasificación de DEMEK 1972, dando un total de 4 clases de pendientes



Tabla 43. Resultados de la caracterización de la pendiente de la zona de estudio

Color	Clase	Rango	Área (ha)	Área en (%)
	Ligeramente inclinada	$>2^{\circ} - 5^{\circ}$	3.23	2.13
	Fuertemente inclinada	$>5^{\circ} - 15^{\circ}$	30.06	19.79
	Muy inclinada	$>15^{\circ} - 35^{\circ}$	102.65	67.57
	Empinado	$>35^{\circ} - 55^{\circ}$	15.96	10.51

Nota. Elaborado por: La Autora, 2023

La zona de estudio está compuesta por relieves que varían de pendientes ligeramente inclinadas que ocupan un área de 3.23 ha que corresponde al 2.13 % del territorio, seguida por relieves fuertemente inclinadas con pendientes que varían desde los 5 a 15° con una superficie de 30.06 ha representado el 19.79 % del territorio.

Por otra parte, los lugares con mayor pendiente, están ligados principalmente a relieves montañosos obteniendo dentro de la misma 2 clases, la clase de relieve muy inclinado y empinado que se distribuyen a lo largo de toda la zona de estudio en un área de 102.65 ha y 15.96 ha correspondiente al 67,57 y 10.51 % del territorio, siendo el relieve muy inclinada la categoría más predominante en el mapa.

En el **Anexo 8.6** puede observarse el resultado obtenido para el mapa de pendientes del área de estudio correspondiente, derivado del procesamiento de información geográfica en el software ArcGIS versión 10.5.

6.2 Geología

6.2.1 Geología local

En la zona de estudio la descripción de la geología local encontrada en el área de estudio se la realizó mediante la descripción detallada de los afloramientos hallados en la misma, se describió 14 afloramientos a través del uso de fichas de campo, mismos que son de origen antrópico, producto de la apertura de la vía. A continuación, se da una descripción de la litología encontrada en campo que afirma lo descrito.

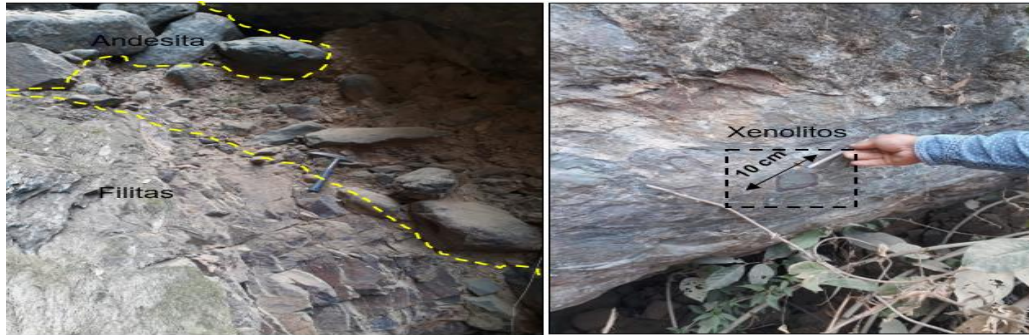
6.2.1.1 Andesitas basálticas

Esta roca aflora en la vía en dirección SE ubicado en las coordenadas UTM: 640332E; 9559187N, este afloramiento natural representa a una quebrada que en épocas de invierno contiene gran cantidad de piroclastos lo que da indicios de inestabilidad e inseguridad en la vía, las rocas



presentes en este sector tienen tonalidades que van desde azul verdoso claro a gris claro, caracterizadas por una textura porfídica de composición intermedia, compuesta fundamentalmente por plagioclasa cálcica, piroxenos y hornblenda, con abundantes xenolitos que consisten en fragmentos angulosos de rocas de color gris claro a oscuro visibles a simple vista, en la matriz se pueden apreciar claramente, ver Figura 37 cuyos diámetros superan los 10cm.

Figura 37. Afloramiento de andesita.

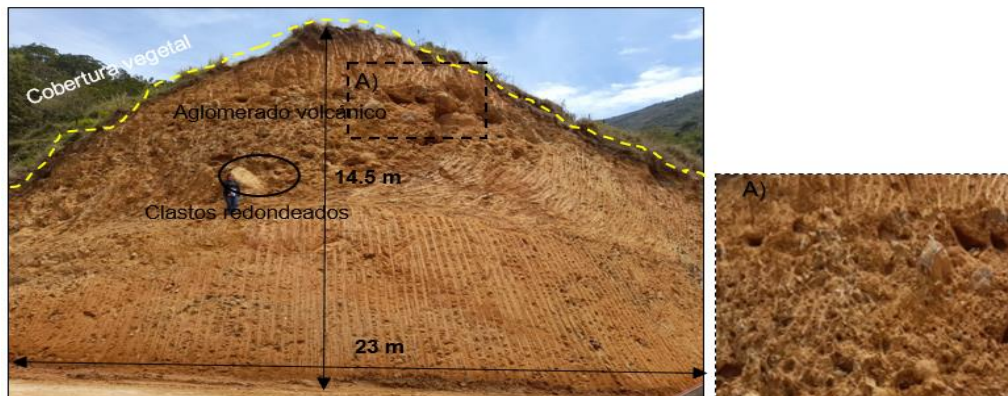


Nota. Elaborado por: La Autora, 2023

6.2.1.2 Aglomerado volcánico

Este tipo litología se observa en una serie de afloramientos antrópicos presentes en la zona de estudio, esta roca ígnea volcánica formada casi en un 75% por trozos angulares o redondeados (bombas y bloques volcánicos) que alcanzan tamaños de hasta 70 cm de forma desordenada de composición química básica a intermedia de coloración grisácea – rojiza y se encuentran soportados por un matriz limo arenosa. Esta información se puede verificar en la Figura 38.

Figura 38. Depósito de aglomerado volcánico



Nota. Elaborado por: La Autora, 2023

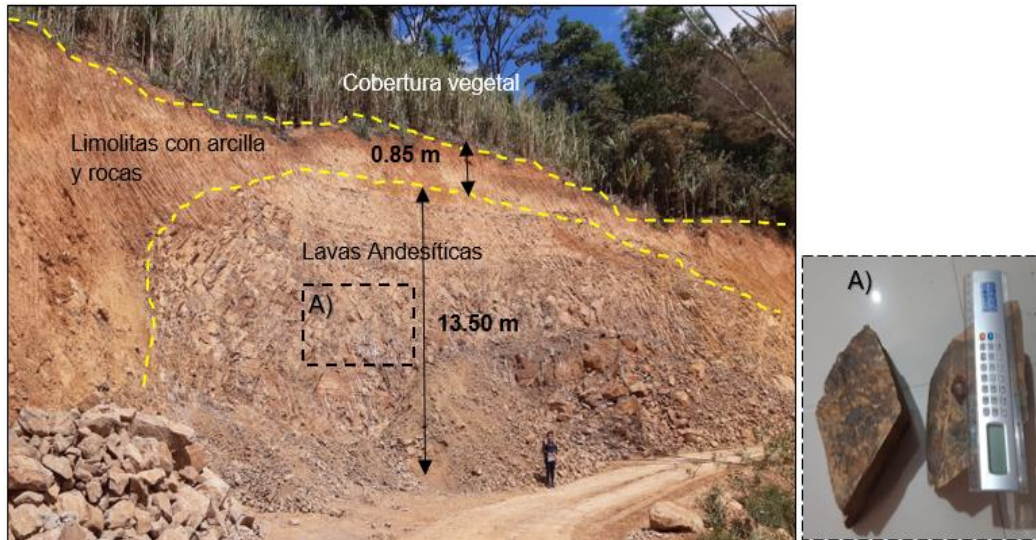


6.2.1.3 Lavas Andesíticas

Se presentan en colores grisáceos, tonalidades oscuras y textura afanítica a fanerítica y compuesta mineralógicamente por un 45% de plagioclasas, 20% de piroxenos y 10% de hornablendas. Desde el punto de vista estructural se muestran generalmente masivas.

El afloramiento que corresponden a andesitas basálticas de coloración gris oscuro compactas, densas y algo apizarradas con un grado de meteorización alto, se presentan en los afloramientos en estratos de más de 1m de diámetro y dispersos en un matriz limo arcillosa de color marrón amarillento. En la Figura 39, se evidencia que existe una meteorización física de la roca (fragmentación).

Figura 39. Lavas Andesíticas



Nota. Elaborado por: La Autora, 2023

6.2.1.4 Areniscas masivas con clastos de roca volcánicas

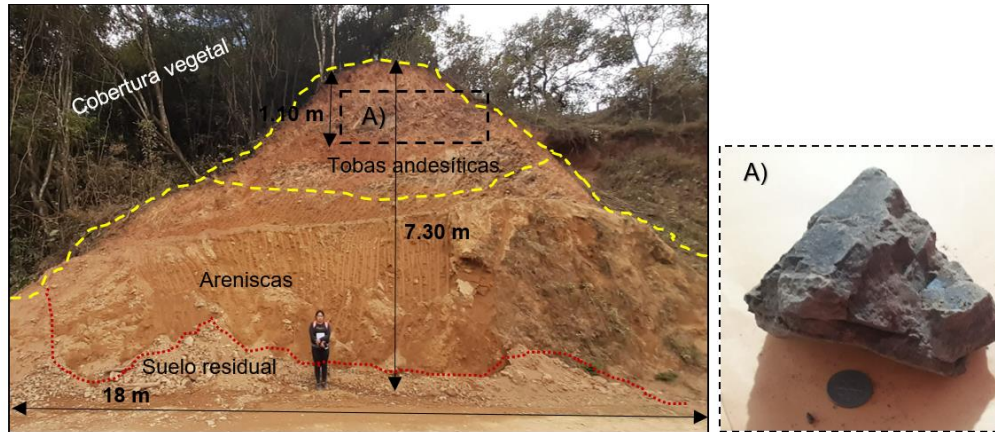
Roca detrítica compuesta por partículas cuyo tamaño está comprendido entre 2 mm y 1/16 mm, estas partículas son mayoritariamente minerales resistentes a la meteorización (cuarzo principalmente, micas, feldespatos y óxidos) y fragmentos de rocas. Cuando no están cementadas se denominan arenas.

El afloramiento de la Figura 40, se constituye de tobas andesíticas muy compactas en la parte superior de tonalidades verdosas a cafés amarillentas, estas se presentan densas y esquistas en forma de bloques cuya potencia supera los 1m aproximadamente, la cual se relaciona con el tamaño



de grano ya que a menor tamaño de grano, menor potencia y mayor compactación se encuentran soportados en un matriz de arenisca.

Figura 40. *Toba andesíticas compacta*



Nota. Elaborado por: La Autora, 2023

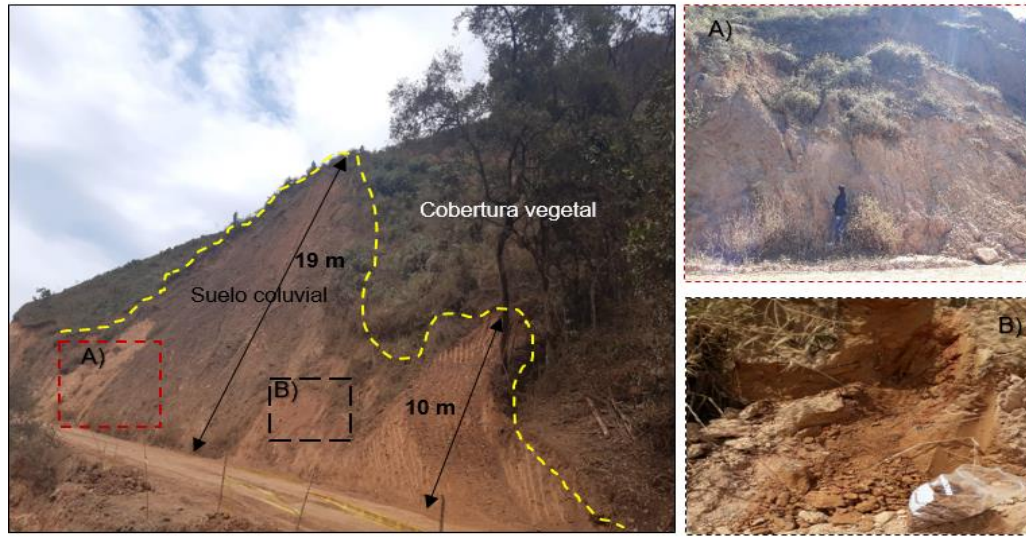
6.2.1.5 Depósitos Coluviales

Están formados por fragmentos de roca conformados por masa inestables de gravas (guijarros, cantos y bloques) angulosas transportadas por gravedad y agua bajo, en forma de derrubios por lo general estos depósitos se encuentran en relieves con pendientes pronunciadas. Su resistencia es baja, sobre todo en la zona de contacto con el sustrato rocoso que es donde se desarrollan altas presiones como resultado del ingreso de agua intersticial.

Los afloramientos se describen y se caracterizan por contener rocas (andesita, tobas volcánicas Filitas y metalimolitas), gravas angulosas y subangulosas de baja redondez distribuidas en forma desordenada, sin estratificación aparente y consolidación regular a pobre en una matriz de suelos limo – arcillosos compactos de coloración grisácea amarillenta ligeramente plásticos, ver Figura 41.



Figura 41. Depósito coluvial



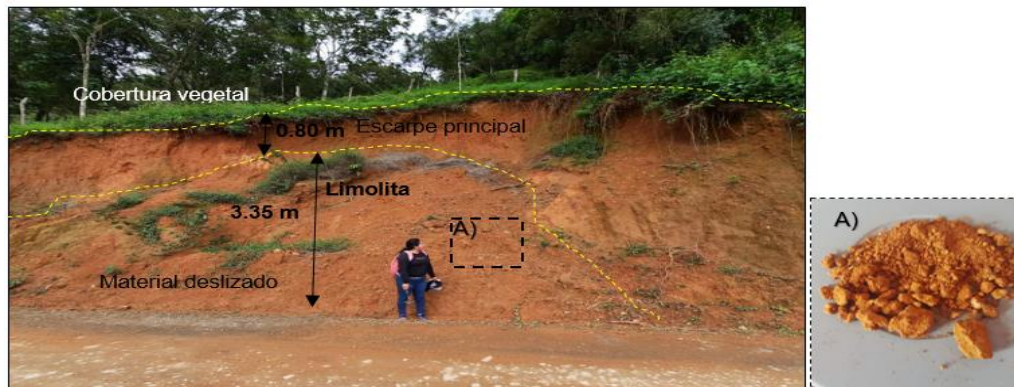
Nota. Elaborado por: La Autora, 2023

6.2.1.6 Limolitas

La limolita es una roca sedimentaria clástica, compuesta principalmente por más de 2/3 de limo, partículas de tamaño definidos como granos de 1/16-1/256 mm consolidados y de textura bien sorteada no se rompen en capas ver Figura 42.

En los afloramientos identificados en campo se puede evidenciar claramente que la roca presenta estructura física, humedad baja, meteorización media es incompetente al golpeo del martillo geológico, el material posee coloración anaranjada-rojiza, con textura clástica, tamaño de grano fino, entre limos y arcillas muy finas y la matriz ocupa alrededor del 100% de la roca.

Figura 42. Depósito de limolitas color rojizo



Nota. Elaborado por: La Autora, 2023

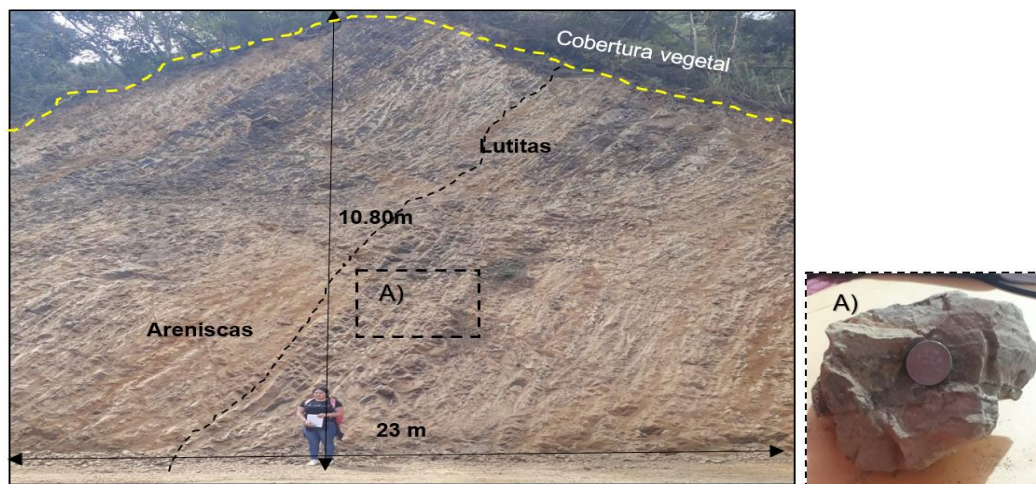


6.2.1.7 Lutitas

Este tipo de material sedimentario detrítico se visualiza en las zonas de mayor altitud, sobreyaciendo a las areniscas, se caracterizan por tener granulometría del tamaño de limo (entre 0.002mm a 0.06mm), además, su textura es bien sorteada y mineralógicamente se compone de un 30% de arcilla, feldespatos, cuarzo, micas y óxidos de hierro.

Un ejemplo se plasma en la Figura 43, el cual representa a un afloramiento antrópico compuesto por lutitas estratificadas de coloraciones que varían de color amarillento rojizo a cafés oscuros que alternan con areniscas calcáreas.

Figura 43. Afloramiento de Lutitas y areniscas



Nota. Elaborado por: La Autora, 2023

En la Figura 44 y 46 se presenta el mapa geológico del sector realizado mediante herramientas SIG y en la Figura 45, 47 y 48 se plasman los cortes geológicos del mapa de estudio en el sector en la que constan las principales litologías. **Ver Anexo 8.7, 8.8 y 8.9.**

La descripción de los afloramientos se representó gráficamente, y en la Tabla 44 se muestra la litología existente en el área de estudio.

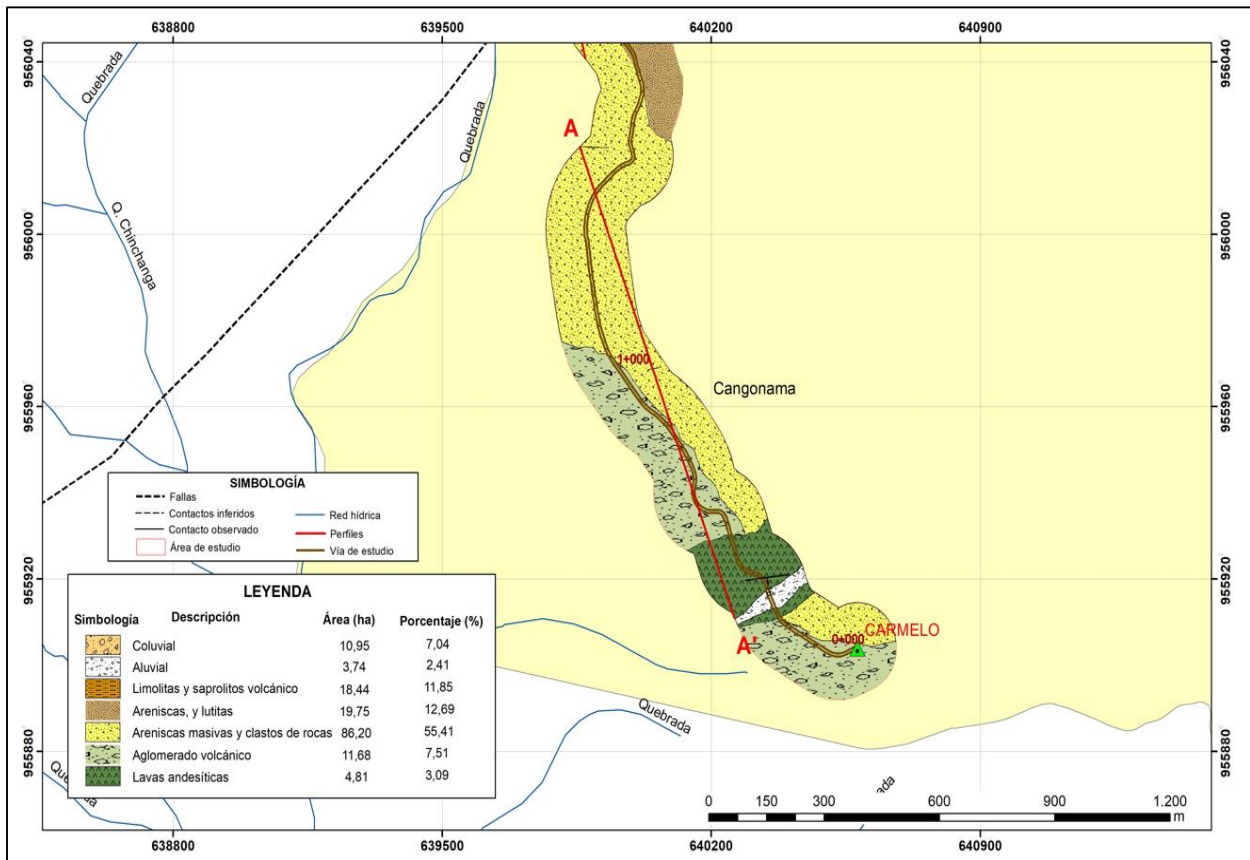


Tabla 44. Unidades litológicas en el área de estudio.

ID	Litología	Área (Ha)	Porcentaje (%)
1	Coluvial	10,95	7,04
2	Aluvial	3,74	2,41
3	Limolitas y areniscas	18,44	11,85
4	Areniscas y lutitas	19,75	12,69
5	Areniscas masivas y clastos de rocas	86,20	55,41
6	Aglomerado volcánico	11,68	7,51
7	Lavas andesíticas	4,81	3,09

Nota. Elaborado por: La Autora, 2023

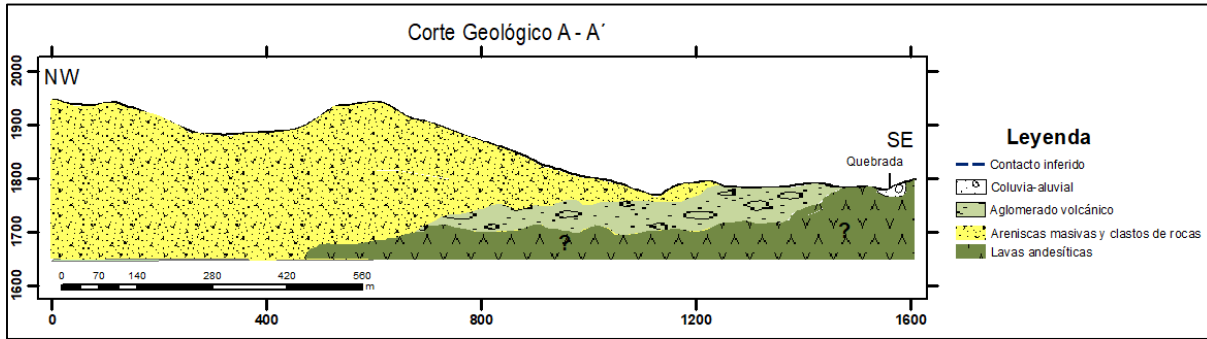
Figura 44. Mapa geológico del tramo abs. 0+000 - 2+000.



Nota. Elaborado por: La Autora, 2023

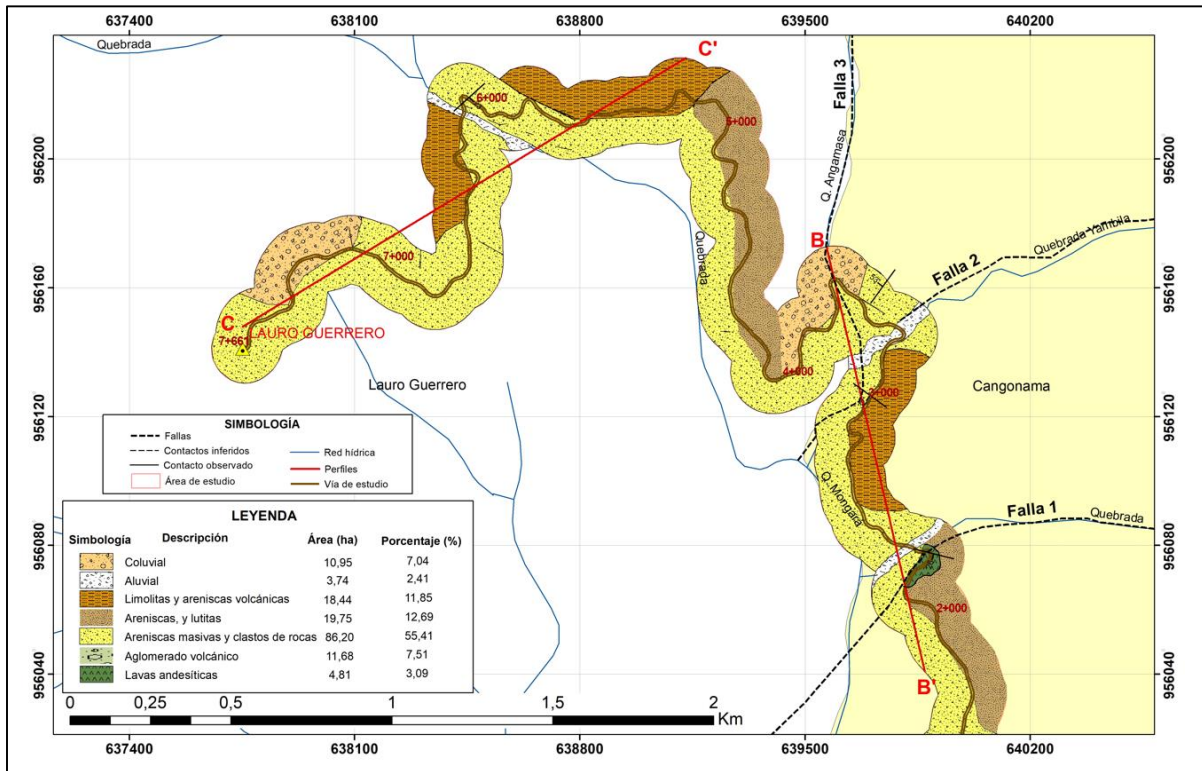


Figura 45. Perfil geológico del sector A -A`.



Nota. Elaborado por: La Autora, 2023

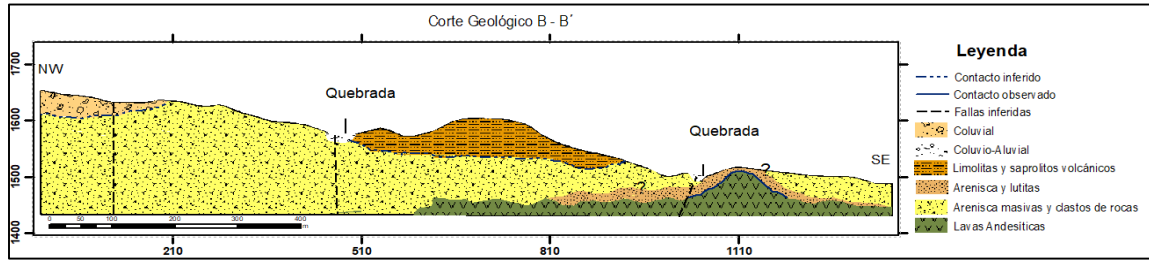
Figura 46. Mapa geológico del tramo abs. 2+000 - 7+600.



Nota. Elaborado por: La Autora, 2023

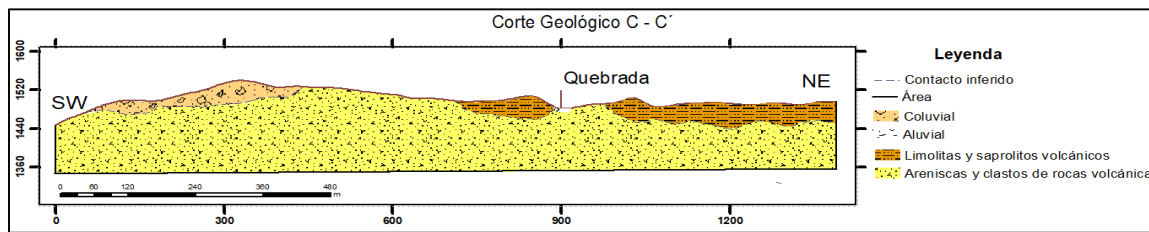


Figura 47. Perfil geológico del sector B-B`



Nota. Elaborado por: La Autora, 2023

Figura 48. Perfil geológico C -C`.



Nota. Elaborado por: La Autora, 2023

Para dar una estimación geológica de los taludes de corte en la Tabla 45, se ha efectuado un levantamiento geológico cada 200m de los taludes presentes en caminos existentes en la zona de la vía, señalándose que los cortes de los caminos cercanos practicados en materiales similares no presentan alturas mayores a los 20 m.

Tabla 45. Caracterización geológica de taludes.

Tramo	Unidad	Tipo de Material
	Litológica	
0+000 – 0+200	Formación Bramaderos	Aglomerado volcánico compuesto por trozos y clastos redondeados en una matriz areno tobácea. fragmentos aislados de roca andesita.
0+200 – 0+400	Formación Bramaderos	Aglomerado volcánico compuesto por trozos y clastos redondeados en una matriz areno tobácea. fragmentos aislados de roca andesita.
0+400 - 0+600	Formación Bramaderos	Aglomerado volcánico compuesto por trozos y clastos redondeados en una matriz areno tobácea.
0+600 – 0+800	Formación Ciano	Arenisca volcánica intercalado granodiorita meteorizada y bloques andesitas y presencia de color gris y textura afanítica con algunas fajas de color verde claro debido a la influencia de la alteración hidrotermal.



0+800 – 1+000	Formación Ciano	Excavación en suelo, Suelos arcillosos, café claro, ligeramente plásticos, algo consistentes, presencia de fragmentos aislados de roca andesita. (Deposito coluvial)
1+000 – 1+200	Formación Ciano	Arenisca volcánica intercalado con bloques andesíticas de color gris y textura afanítica con algunas fajas de color verde claro debido a la influencia de la alteración hidrotermal.
1+200 – 1+400	Formación Ciano	Excavación en suelo, Suelos limo arenosos, café claro, ligeramente plásticos, algo consistentes, presencia de fragmentos aislados de roca andesítica (Deposito coluvial).
1+400 – 1+600	Formación Ciano	Excavación en suelo, suelos arcillosos, café claro, ligeramente plásticos, algo consistentes, presencia de fragmentos aislados de roca andesítica. Presencia de meta filitas y meta limonitas (Deposito coluvial).
1+600 – 1+800	Formación Ciano	Excavación en suelo areno limosos con arcilla, café claro, ligeramente plásticos, algo consistentes, presencia de fragmentos aislados de roca andesítica (Deposito coluvial).
1+800 – 2+000	Formación Ciano	Excavación en suelo areno limoso y arcilloso, café claro, ligeramente plásticos, algo consistentes, presencia de fragmentos aislados de roca andesítica (Deposito coluvial).
2+000 – 2+200	Formación Ciano	Excavación en Roca (Lavas andesíticas) y suelo limo arenoso con presencia de clastos redondeados.
2+200 – 2+400	Formación Ciano	Arenisca volcánica intercalado con bloques andesíticas de color gris y textura afanítica con algunas fajas de color verde claro debido a la influencia de la alteración hidrotermal.
2+400 – 2+600	Formación Ciano	Arenisca volcánica intercalado con bloques andesíticas de color gris y textura afanítica con algunas fajas de color verde claro debido a la influencia de la alteración hidrotermal.
2+600 – 2+800	Formación Ciano	Suelos limo- arcillosos, café claro, ligeramente plásticos, algo consistentes, presencia de fragmentos aislados de roca andesita.
2+800 – 3+000	Formación Ciano	Lutitas y areniscas compactas, aglomerado volcánico intercalado con bloques de andesíticas de color gris
3+000 – 3+200	Formación Ciano	Arenisca volcánica intercalado con bloques andesíticas de color gris y textura afanítica con algunas fajas de color verde claro debido a la influencia de la alteración hidrotermal.
3+200 – 3+400	Formación Ciano	Arenisca volcánica intercalado con bloques de andesita de color gris y textura afanítica con algunas fajas de color verde claro debido a la influencia de la alteración hidrotermal.



3+400 – 3+600	Formación Ciano	Arenisca volcánica intercalado con bloques andesíticas de color gris, presencia de meta filitas
3+600 – 3+800	Formación Ciano	Suelos limo-arcillosos, café claro, ligeramente plásticos, algo consistentes.
3+800 – 4+000	Formación Ciano	Arenisca volcánica intercalado con bloques andesíticas de color gris y textura afanítica con algunas fajas de color verde claro debido a la influencia de la alteración hidrotermal.
4+000 – 4+200	Formación Ciano	Arenisca volcánica intercalado con bloques andesíticas de color gris y textura afanítica con algunas fajas de color verde claro debido a la influencia de la alteración hidrotermal.
4+200 – 4+400	Formación Ciano	Suelos limo- arcillosos, café claro, ligeramente plásticos, algo consistentes .
4+400 – 4+600	Formación Ciano	Areniscas masivas café claro, ligeramente plásticos, algo consistentes. Presencia de meta filitas y limolitas.
4+600 – 4+800	Formación Ciano	Areniscas y suelos limo-arcillosos, café claro, ligeramente plásticos, algo consistentes. Presencia de meta filitas y limolitas.
4+800 – 5+000	Formación Ciano	Areniscas y suelos limo-arcillosos, café claro, ligeramente plásticos, algo consistentes. Presencia de meta filitas y limolitas.
5+000 – 5+200	Formación Ciano	Areniscas y suelos limo-arcillosos, café claro, ligeramente plásticos, algo consistentes. Presencia de meta filitas y limolitas..
5+200 – 5+400	Formación Ciano	Areniscas y suelos limo- arcillosos, café claro, ligeramente plásticos, algo consistentes. Presencia de meta filitas y limolitas..
5+400 – 5+600	Formación Ciano	Areniscas y suelos arcillosos, café claro, ligeramente plásticos, algo consistentes. Presencia de meta filitas y limolitas.
5+600 – 5+800	Formación Ciano	Arenisca volcánica intercalado con bloques andesíticas de color gris y textura afanítica con algunas fajas de color verde claro debido a la influencia de la alteración hidrotermal.
5+800 – 6+000	Formación Ciano	Arenisca volcánica, café claro, ligeramente plásticos, algo consistentes. Presencia de meta filitas y limolitas.
6+000 – 6+200	Formación Ciano	Arenisca volcánica intercalado con bloques andesíticas de color gris y textura afanítica con algunas fajas de color verde claro debido a la influencia de la alteración hidrotermal.



6+200- 6+400	Formación Ciano	Arenisca volcánica intercalado con bloques andesíticas de color gris y textura afanítica con algunas fajas de color verde claro debido a la influencia de la alteración hidrotermal.
6+400 – 6+600	Formación Ciano	Arenisca volcánica intercalado con bloques andesíticas de color gris y textura afanítica con algunas fajas de color verde claro debido a la influencia de la alteración hidrotermal.
6+600 – 6+800	Formación Ciano	Suelos arcillosos, café claro, ligeramente plásticos, algo consistentes. Presencia de meta filitas y limolitas.
6+800 – 7+000	Formación Ciano	Suelos arcillosos, café claro, ligeramente plásticos, algo consistentes. Presencia de meta filitas y limolitas.
7+000 – 7+200	Formación Ciano	Arenisca volcánica intercalado con bloques andesíticas de color gris y textura afanítica con algunas fajas de color verde claro debido a la influencia de la alteración hidrotermal.
7+200 – 7+400	Formación Ciano	Arenisca volcánica intercalado con bloques andesíticas de color gris y textura afanítica con algunas fajas de color verde claro debido a la influencia de la alteración hidrotermal.
7+400 – 7+600	Formación Ciano	Arenisca volcánica intercalado con bloques andesíticas de color gris y textura afanítica con algunas fajas de color verde claro debido a la influencia de la alteración hidrotermal.
7+600 – 7+630	Formación Ciano	Arenisca volcánica intercalado con bloques andesíticas de color gris y textura afanítica con algunas fajas de color verde claro debido a la influencia de la alteración hidrotermal.

Nota. Elaborado por: La Autora, 2023

6.2.2 Geología estructural

6.2.2.1 Fallas

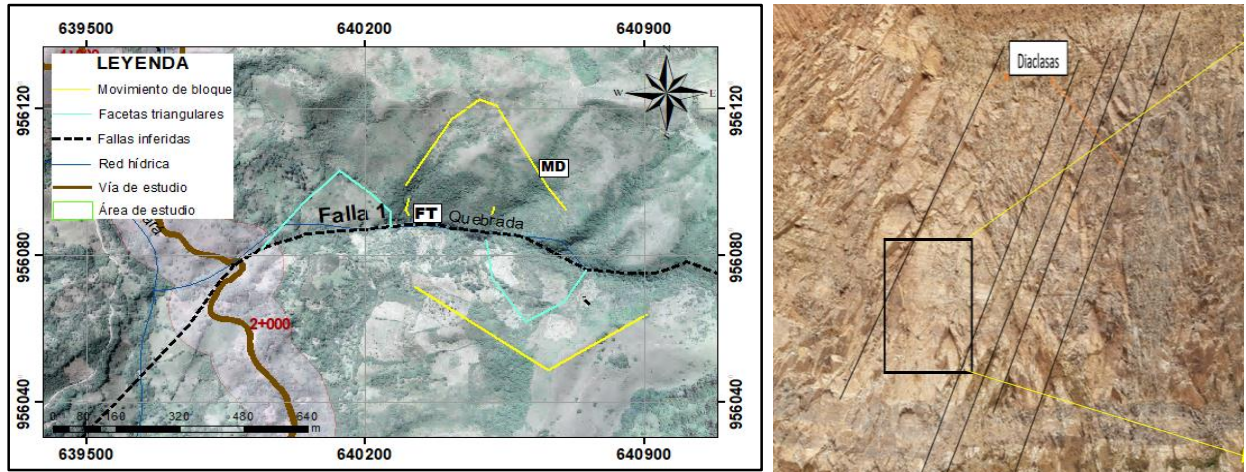
En base a la hoja geológica de Zaruma a escala de 1:100 000 del INIGEMM (2017), en la zona de estudio las fallas geológicas identificada presenta dos direcciones preferenciales E-O y NE-SO, un lineamiento regional con dirección E-O se localiza a lo largo del denominado Filo Miraflores.

Falla 1, Con el objetivo de observar en campo indicios de la falla, se recorrió varias zonas accesibles del área de estudio, pero no se encontraron afloramientos que permitan mapear claramente la falla existente. Sin embargo, en la Figura 49 se observa rasgos del terreno en donde se logró identificar zonas donde la morfología era discontinua al entorno, básicamente por donde



pasaría la falla con dirección E-O, se pudo observar que la topografía se presenta con cambios de pendientes abruptas y desniveles considerables.

Figura 49. Diaclasas encontradas en un macizo de lavas andesíticas



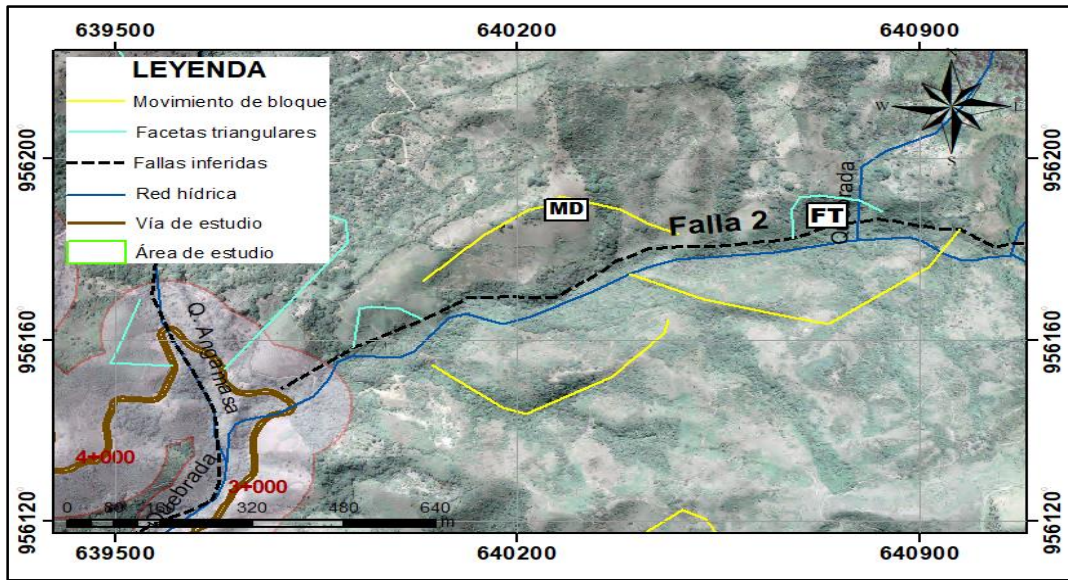
Nota. Elaborado por: La Autora, 2023

Además, se identificó un afloramiento ubicado por donde posiblemente cruza la falla entre las abscisas 2+200 a 2+500 aproximadamente, el mismo que corresponde un macizo rocoso compuesto por lavas andesíticas en el cual se identificó un diaclasamiento o fracturas, a las cuales se las denominó diaclasas tectónicas formadas por el mismo campo de esfuerzos que crea la falla. Los datos de yacencia de la familia predominante son $102^{\circ}/26^{\circ}$ SW

Falla 2, Se considera una falla inferida con dirección NE-SO, debido a que se evidencia una alineación bastante marcada a lo largo del fondo del valle y un contraste de altitudes, a través de ortofotos en la Figura 50 se visualiza facetas triangulares a ambos lados de la traza, se observa una alineación de las escorrentías alimentan el curso principal.



Figura 50. Ortofoto de posible falla 2



Nota. Elaborado por: La Autora, 2023

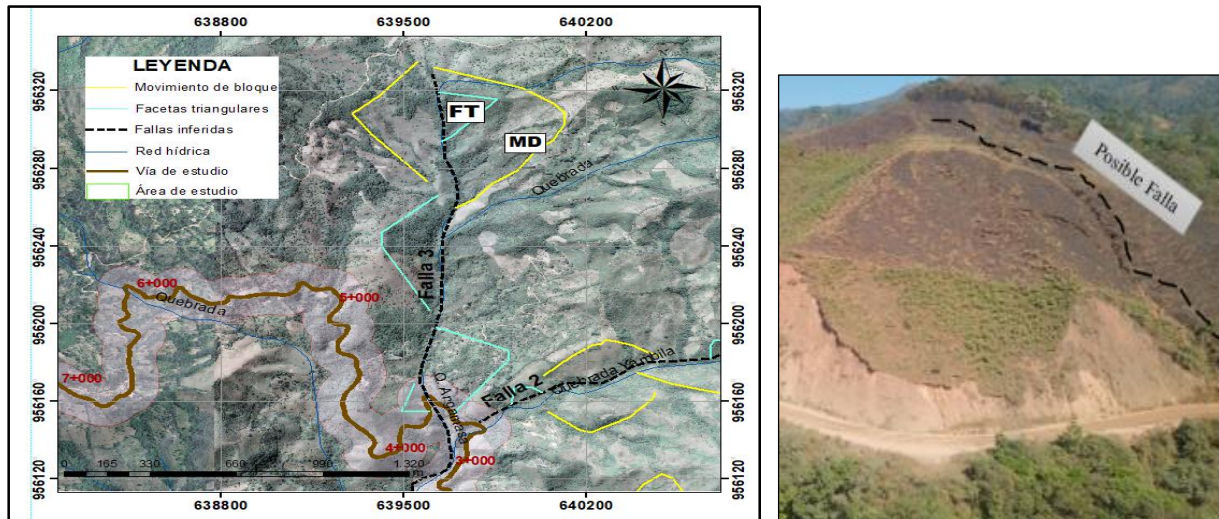
Falla 3, se refiere a una extensa falla denominada falla inferida misma que presenta una dirección preferencial NE-SO con lineamiento de carácter regional localizada en la abscisa 3+500 aproximadamente, la falla separa las zonas geográficas actuales de la región norte de la parroquia Lauro Guerrero al límite con la parroquia Cangonamá, los rasgos estructurales se identificaron en base a los rasgos morfológicos e imágenes satelitales, donde el curso de la quebrada Angamasa se alinea claramente siguiendo el sentido N-S.

Como evidencia mediante fotointerpretación, se logró identificar facetas triangulares que coinciden con el plano de falla en ambos sentidos de la traza, que al visualizar la morfología se aprecia un movimiento de bloques (MD).

Entre otros indicios mediante el recorrido en campo, se identificó un afloramiento (Figura 51) cercano al lugar por donde posiblemente la falla atraviesa y se visualizó un talud que presenta una fractura en el terreno, en la que no se logró identificar un techo o piso de referencia, permitiendo así asumir la existencia de una falla inferida.



Figura 51. Análisis estructural de la falla 3



Nota. Elaborado por: La Autora, 2023

6.2.2.2 Contactos

Se pudo apreciar un contacto en las abscisas 3+100, el contacto irregular en forma de curva esta dado entre lavas andesíticas de la Unidad Celica y Areniscas masivas de coloración rojiza de la Unidad Ciano Cuyos datos estructurales son $124^{\circ}/26^{\circ}\text{SW}$. Los contactos inferidos se hallan entre el resto de las litologías presentes en la zona, donde la inaccesibilidad para la toma de datos estructurales se han inferido dichos contactos.

Figura 52. Contacto identificado entre lavas andesíticas y areniscas masivas



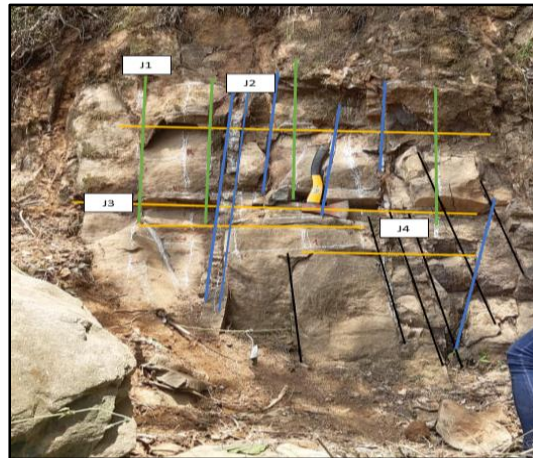
Nota. Elaborado por: La Autora, 2023



6.2.2.3 Diaclasas

Las diaclasas de la zona de estudio se identificaron en dos macizos rocosos ubicados en las abscisas 2+300 (macizo rocoso 1), la estructura presento tres familias de diaclasas cuyos datos estructurales para la familia uno es $105/39^{\circ}NE$; familia dos $30/87^{\circ}SE$; familia tres $25/82^{\circ}SE$; familia $170/79^{\circ}NE$ ver Figura 53.

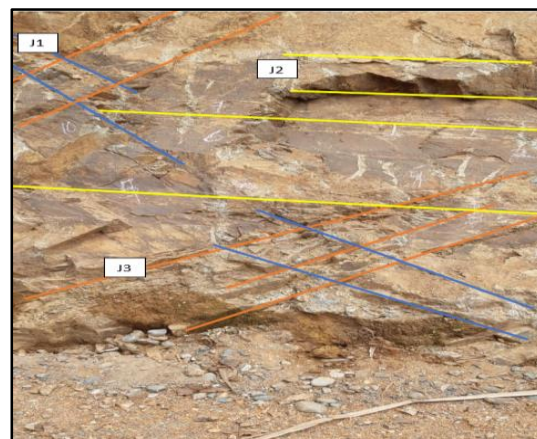
Figura 53. *Diaclasas del macizo rocoso 1.*



Nota. Elaborado por: La Autora, 2023

Para el talud ubicado en la abscisa 3+100, corresponden a diaclasas de tipo tectónico originadas como resultado de plegamientos o empuje en las rocas en su mayoría estas se presentan inclinadas, (Figura 54) los datos estructurales para la familia uno $160^{\circ}/42^{\circ}SW$ y para la familia dos $221^{\circ}/51^{\circ}SE$ siendo estas las familias más significativas del talud.

Figura 54. *Diaclasas macizo rocoso Nro. 2*



Nota. Elaborado por: La Autora, 2023



6.3 Inventario de Deslizamientos

En la zona de estudio se identificó tres deslizamientos, sobre el cual se sitúa la vía el Carmelo-Lauro guerrero, en la Tabla 46, se muestra la ubicación y sus características se describen a continuación.

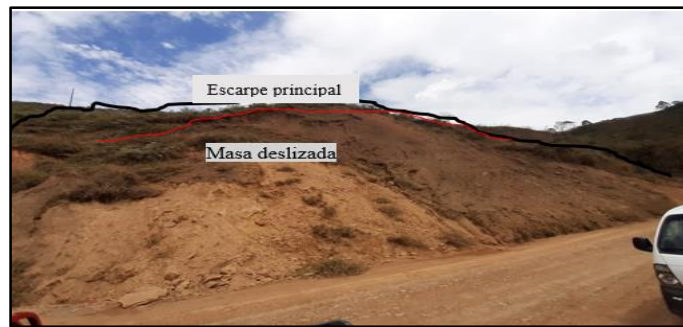
Tabla 46. *Coordenada de los deslizamientos en la vía el Carmelo – Lauro Guerrero.*

Nº Deslizamientos	X	Y	Z	Área (m ²)	Perímetro(m)
1	639583	9561610	1627	4814,74	289.72
2	639343	9561451	1710	2618,18	289,72
3	637784	9161485	1942	3105,12	299.07

Nota. Elaborado por: La Autora, 2023

6.3.1 Deslizamiento D-01.

Figura 55. *Deslizamiento D-01*



Nota. Elaborado por: La Autora, 2022

El talud inestable, se ubica en la abcisa 3+600, es un deslizamiento traslacional al encontrarse visible la superficie de falla, con una superficie estimada de unos 4814,74 m², producto de la fuerte pendiente y como resultado de la apertura de la vía.

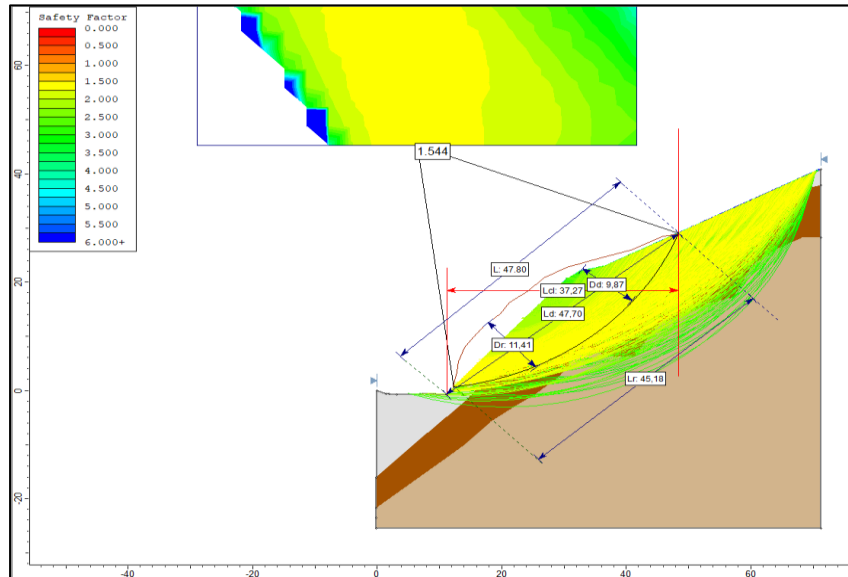
El deslizamiento se encuentra en estado activo, ya que sus rasgos morfológicos se pueden diferenciar a simple vista, cuyo primer escarpe presenta una altura de 1.20m, el estilo es sencillo al presentar un tipo de movimiento, en cuanto al material contiene roca, tierra y residuos fuertemente meteorizados modificando substancialmente parámetros de resistencia y permeabilidad, facilitando así la ocurrencia del deslizamiento. El uso de suelo y cobertura está compuesto por matorrales (vegetación herbácea) propia del sector.



▪ **Caracterización morfométrica.**

En la Figura 56 a continuación, se indica los resultados del deslizamiento mediante la implementación de operaciones de vectorización.

Figura 56. Caracterización morfométrica del deslizamiento 1 con las herramientas del software ArcMap. 10.8.



Nota. Elaborado por: La Autora, 2023

Las variables morfométricas del deslizamiento D-01, se detallan en la Tabla 47 a continuación.

Tabla 47. Caracterización morfométrica de deslizamiento Nro 2

Deslizamiento 1		
Variable Morfométrica	Abreviatura	Resultado
Ancho de la masa desplazada	Wd	98.08 m
Ancho de la superficie de falla	Wr	48 m
Longitud de la masa desplazada	Ld	0,28
Longitud de la superficie de falla	Lr	45,18
Profundidad de la masa desplazada	Dd	9,87
Profundidad de la superficie de falla	Dr	11,41
Longitud total	L	47,80 m
Longitud de la línea central	Lcl	37,27
Relación	Dr/Lr	0,25
Tipo de deslizamiento		Traslacional

Nota. Elaborado por: La Autora, 2023



Las variables morfométricas del deslizamiento D-02, se detallan en la Tabla 48 a continuación.

Tabla 48. Caracterización morfométrica de deslizamiento 02

Deslizamiento 2		
Variable Morfométrica	Abreviatura	Resultado
Ancho de la masa desplazada	Wd	28 m
Ancho de la superficie de falla	Wr	23 m
Longitud de la masa desplazada	Ld	6,06 m
Longitud de la superficie de falla	Lr	5,20 m
Profundidad de la masa desplazada	Dd	1,49 m
Profundidad de la superficie de falla	Dr	1,44 m
Longitud total	L	6,08 m
Longitud de la línea central	Lcl	4,01 m
Relación	Dr/Lr	0,28
Tipo de deslizamiento		Traslacional

Nota. Elaborado por: La Autora, 2023

6.3.3 Deslizamiento D-03.

Figura 59. Deslizamiento D-02



Nota. Elaborado por: La Autora, 2023

La zona inestable, se ubica a 1 Km del ingreso desde Lauro Guerrero, es un deslizamiento traslacional, con una superficie estimada de unos 3105,12 m², resultante de factores tales como la fuerte pendiente, presencia de la corteza de meteorización de fragmentos de rocas andesíticas, y presencia de agua.

El deslizamiento se encuentra en estado activo, es decir en la actualidad continúa deslizándose, entre las posibles causas que se le atribuyen al deslizamiento son la presencia de escorrentías superficiales y otra sería la presencia de una vía en la parte superior del talud, otorgando así mayor peso a la masa desplazada, presenta esparcimiento lateral en este progresivamente la masa a deslizarse se extiende,

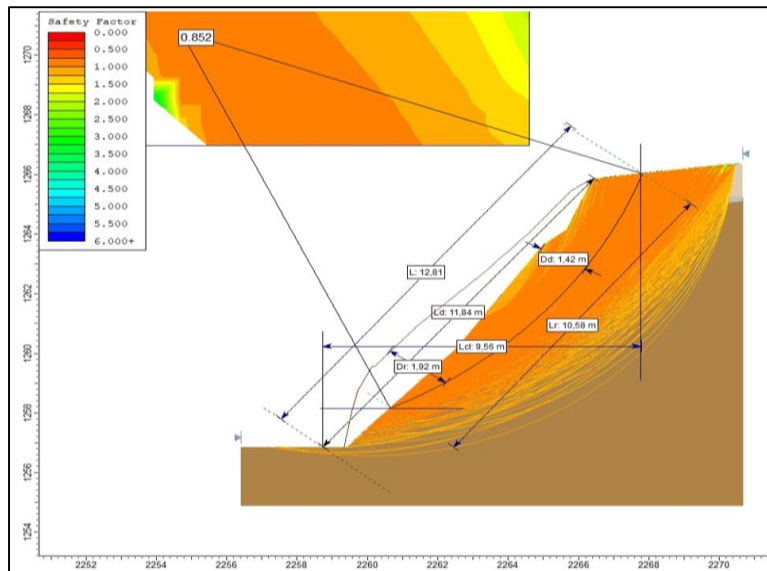


es un talud compuesto por rocas y tierras como arenas limosas y en menor cantidad arcillas convirtiéndose en un suelo poco plástico. La vegetación presente en la masa deslizada tiene una leve inclinación al lado opuesto de la dirección del movimiento.

▪ **Caracterización morfométrica.**

En la Figura 60, se muestra los resultados obtenidos del deslizamiento mediante la utilización de operaciones de vectorización.

Figura 60. Caracterización morfométrica del deslizamiento 03 con las herramientas del software ArcMap 10.8.



Nota. Elaborado por: La Autora, 2023

Las variables morfométricas del deslizamiento D-03, se detallan en la Tabla 49 a continuación

Tabla 49. Caracterización morfométrica de deslizamiento 03

Deslizamiento 3		
Variable Morfométrica	Abreviatura	Resultado
Ancho de la masa desplazada	Wd	84 m
Ancho de la superficie de falla	Wr	58 m
Longitud de la masa deslizada	Ld	11,84 m
Longitud de la superficie de falla	Lr	10,58 m
Profundidad de la masa desplazada	Dd	1,42 m
Profundidad de la superficie de falla	Dr	1,92 m
Longitud total	L	12,81m
Longitud de la línea central	Lcl	9,56
Relación	Dr/Lr	0,18
Tipo de deslizamiento	Traslaciones	

Nota. Elaborado por: La Autora, 2023



6.4 Propiedades Físico-mecánicas de los suelos.

6.4.1 Ensayos de Corte Directo

En la Tabla 50 se presentan los valores de cohesión y ángulo de fricción interna obtenidos de los 2 ensayos de corte directo realizados a los diferentes materiales que componen los taludes a lo largo de la vía en estudio.

Tabla 50. *Parámetros obtenidos del ensayo de Corte Directo*

Nombre	Coordenadas	Abscisa	Material	Cohesión (Kg/cm ²)	A. Fricción °
Talud – 05	639583/9561610	4+500	Grava limosa con arena	0.014	25
Talud – 07	639371/9561487	7+600	Limo con arena	0	24

Nota. Elaborado por: La Autora, 2023

Como se mencionó anteriormente los ensayos fueron realizados en los materiales que dentro de los deslizamientos se observaron que fallan, de esta manera se registran valores de cohesión que van desde 0 a 0.014(kg/cm²), se puede deducir que hay un predominio de materiales de baja cohesión atravesando la vía.

6.4.2 Calicatas (Método directo)

Con el fin de conocer las características y propiedades superficiales de los materiales se realizaron sondeos mediante la ejecución de calicatas a lo largo del proyecto tomando muestras a nivel de subrasante hasta 1.50 m de profundidad.

Las muestras tomadas en SITU, fueran llevadas al laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales donde se realizaron los ensayos respectivos, la información detallada de los resultados de los ensayos se resume en la Tabla 51 a continuación:



Tabla 51. Resultado de las muestras de suelo obtenidas de las calicatas.

Nro.	Profundidad (m)	Límites de Atterberg				Granulometría			Clasificación		Descripción de suelo SUCS
		LL %	LP %	IP %	CH %	Grava	Arena	Finos	SUCS	AASHTO	
1	0.50	41	28	13	22.97	70	18	12	GM	A-2-7	Gravas limosas con arena
	1.00	45	25	20	20.96	76	12	12	GC	A-2-7	Gravas arcillosas
	1.50	45	25	20	20.96	76	12	12	GC	A-2-7	Gravas arcillosas
2	0.50	64	46	18	36.65	0	3	97	MH	A-7-5	Limo arenoso
	1.00	62	44	18	37.74	0	8	92	MH	A-7-5	Limo arenoso
	1.50	61	45	16	38.64	0	12	98	MH	A-7-5	Limo arenoso
3	0.50	49	36	13	35.08	2	11	87	ML	A-7-5	Limo arcillosos
	1.00	48	35	13	34.32	12	15	73	ML	A-7-5	Limo arcilloso
	1.50	50	37	3	33.65	0	3	97	MH	A-7-5	Limo arenoso

Nota. Gobierno descentralizado de la provincia de Loja. Modificado por: La Autora, 2023

6.4.2.1 Descripción y clasificación de los suelos presentes en los taludes.

A partir de la recolección de muestras de suelo en campo (muestras obtenidas manualmente) y su adecuado transporte al laboratorio, se pudo determinar el tipo de suelo existente en el área de estudio mediante la aplicación de los sistemas de clasificación SUCS y AASHTO, (Tabla 52 y 53) a partir de los cuales se obtuvo a información fundamental como contenido de humedad, límite líquido, límite plástico, granulometría, parámetros que nos permitirán realizar la clasificación final.

Ver Anexo 5

Tabla 52. Resultados de laboratorio de las muestras de suelo obtenidas en los taludes 3+700

Nro.	Límites de Atterberg				Granulometría		Clasificación	
	LL %	LP %	IP %	CH %	Gruesos	Finos	SUCS	AASHTO
Talud -04 (D-01) 3+600	44	28	16	28,41	11.2	88.8	CL Arcilla media plasticidad	A - 6 Suelo arcilloso
Talud -04 (D-01) 3+600	41	35	6	11,70	99	1	GP Grava mal graduada con bloques	A - 1-a Fragmentos de roca, grava y arena

Nota. Obtenido de (GEOCONS CIA. LTDA, 2023)



Tabla 53. Resultados de laboratorio de las muestras de suelo obtenidas en los taludes

Nro.	Límites de Atterberg				Granulometría		Clasificación	
	LL %	LP %	IP %	CH %	Gruesos	Finos	SUCS	AASHTO
Talud – 01 0+450	42	36	6	30,77	59.58	40.42	SM Arena limosa	A – 5 Suelos limosos Regular a pobre
Talud -02 1+600	41	35	6	11,70	79.5	20.50	GM Grava limosa con arena	A-1-b Fragmentos de roca, grava y arena
Talud – 03 3+150	NP	NP	NP	23,16	67.78	32.22	SM Arena limosa con grava	A-2-4 Grava y arena limosa o arcillosa
Talud - 05 (D-02) 4+500	44	28	16	28,41	22.01	77.99	ML Limo con arena	A-7-6 IG 4 Suelos arcillosos
Talud – 06 6+230	39	33	6	16,95	46.32	53.68	ML Limo arenoso	A – 4 Suelos limosos
Talud – 07 7+600	45	33	12	33,06	95.14	4.86	GP Grava mal graduada con arena	A-2-7 Grava y arena limosa o arcillosa

Nota. Elaborado por: La Autora, 2023

Dentro del área de estudio de un total de 8 muestras, 5 muestras registraron granulometrías que pasaron el tamiz N° 200, es decir suelos finos. Este tipo de suelos está compuesto por suelos de tipo ML (25%) limo arenoso; SM (25%) arena limosa con grava; GP (25%) grava mal graduada con arena; GM (12.5%) grava limosa con arena y CL (12.5%) arcilla de media plasticidad.

6.5 Métodos geofísicos

6.5.1 Sondeos eléctricos Verticales – SEV (Método indirecto)

Los sondeos eléctricos verticales se emplean con la necesidad de definir las litologías y grado de saturación existente en el talud, se realizaron 2 sondeos eléctricos verticales ubicados en la zona alta de cada talud.



En la etapa de interpretación se hizo uso del software IPI2Win, mediante el cual se pudo obtener las gráficas de resistividades, potencias y su profundidad total. En la Tabla 54 se representan las coordenadas de los ejes centrales de las líneas SEV`s, así como su abertura.

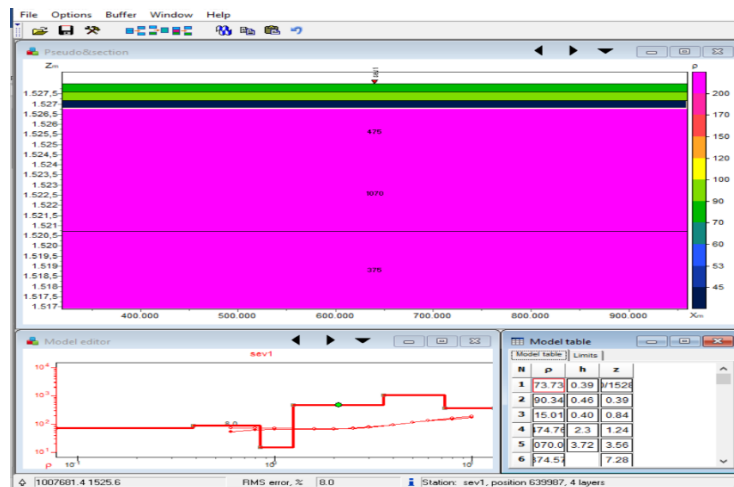
6.5.1.1 Sondeo Eléctrico Vertical 1

Tabla 54. Descripción general y resistividades obtenidas

AB/2 (m.)	C=AM (m.)	ESPESOR ANALIZA DO	RESIST. APARENTE (Ω)			AU = RESIST. APAR.PR OMEDIO	ρ (Ω *m)
			1	2	3	(Ω)	$\frac{PI * C * C + D}{D * R\rho} = D$
0.6	0.1	0.4	154.0	154.0	154.0	154.00	53.22
0.8	0.3	0.5	52.00	52.00	52.0	52.00	63.71
1	0.5	0.7	28.00	28.00	28.0	28.00	65.97
1.6	1.1	1.1	8.80	8.80	8.8	8.80	63.86
2	1.5	1.3	5.60	5.60	5.6	5.60	65.97
2.5	2	1.7	3.90	3.90	3.9	3.90	73.51
3	2.5	2.0	2.90	2.90	2.9	2.90	79.72
4	3.5	2.7	1.90	1.90	1.9	1.90	94.01
5	4.5	3.3	1.47	1.47	1.47	1.47	114.30
6	5.5	4.0	1.16	1.16	1.16	1.16	130.28
8	7.5	5.3	0.73	0.73	0.73	0.73	146.20
10	9.5	6.7	0.55	0.55	0.55	0.55	172.36

Nota. Elaborado por: La Autora, 2023

Figura 61. Curva de resistividad real, el espesor y profundidad.



Nota. Elaborado por: La Autora, 2023



Tabla 55. Corte geo eléctrico del SEV 1.

SONDEO ELÉCTRICO	DESDE (m)	HASTA (m)	ESPESOR DE ESTRATO	RESISTIVIDAD ELÉCTRICA	SIMBOLOGÍA	DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA
SEV 1	0.00	1,15	1,15	151,48	SM	Arenas Limosas
	1,15	1,27	0,12	2,34	CH	Arcilla Limosa húmeda
	1,27	2,74	1,47	178,8	SM	Arenas Limosas con grava
	2,74	9,24	6,5	723	GW	Rocas fracturadas

Nota. Elaborado por: La Autora, 2023

- Analisis del corte geo eléctrico

Según la curva de resistividad eléctrica y el corte geo eléctrico (Tabla 56) se establece 4 capas, la primera capa corresponde a la cobertura de arenas limosas con una potencia de 1.15m y una resistividad de 151.48 Ω m correspondiente a un suelo SM; la segunda capa se contiene arcillas limosas húmedas, saturado por infiltración superficial con resistividad de 2.34 Ω m y potencia de 0.12m; la tercera capa corresponde a un suelo de arenas limosas con grava tipo SM con resistividad de 178.80 Ω m y una potencia de 1.47m y, por ultimo una capa con resistividad de 723 Ω m con una potencia de 6.50m correspondiente a rocas fracturadas.

6.5.1.2 Sondeo Eléctrico Vertical 2

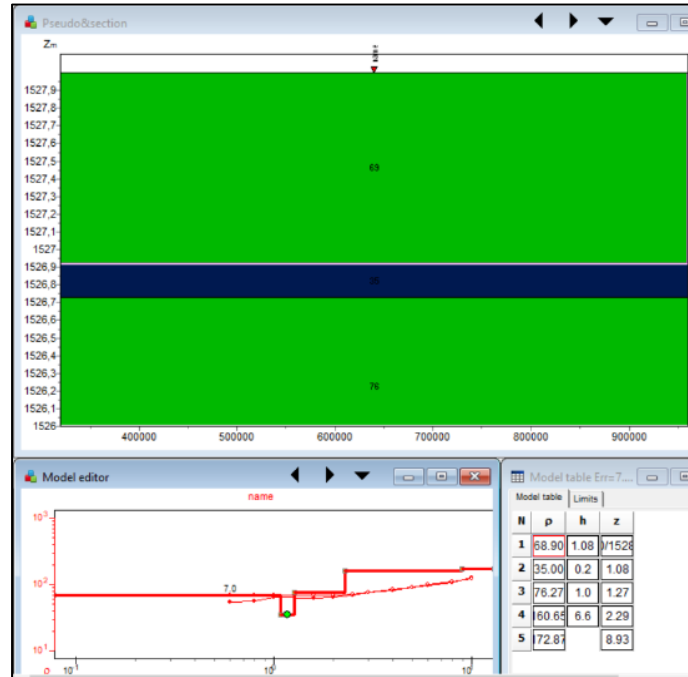
Tabla 56. Descripción general y resistividades obtenidas

AB/2 (m.)	C=A M (m.)	ESPESOR ANALIZA DO	RESIST. APARENTE (Ω)			AU = RESIST. APAR. PROMEDIO (Ω)	ρ (Ω *m)
			1	2	3		
0.6	0.1	0.4	156.0	156.00	156.00	156.00	53.91
0.8	0.3	0.5	46.0	46.00	46.00	46.00	56.36
1	0.5	0.7	27.0	27.00	27.00	27.00	63.62
1.6	1.1	1.1	8.70	8.70	8.70	8.70	63.14
2	1.5	1.3	5.50	5.50	5.50	5.50	64.80
2.5	2	1.7	3.60	3.60	3.60	3.60	67.86
3	2.5	2.0	2.80	2.80	2.80	2.80	76.97
4	3.5	2.7	1.63	1.63	1.63	1.63	80.65
5	4.5	3.3	1.16	1.16	1.16	1.16	90.20
6	5.5	4.0	0.86	0.86	0.86	0.86	96.59
8	7.5	5.3	0.54	0.54	0.54	0.54	108.15
10	9.5	6.7	0.40	0.40	0.40	0.40	125.35

Nota. Elaborado por: La Autora, 2023

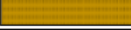


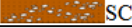


Figura 62. Curva de resistividad real, el espesor y profundidad.



Nota. Elaborado por: La Autora, 2023

Tabla 57. Corte geo eléctrico del SEV 2

SONDEO ELÉCTRICO	DESDE (m)	HASTA (m)	ESPESOR DE ESTRATO	RESISTIVIDAD ELÉCTRICA	SIMBOLOGÍA	DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA
SEV 2	0.00	1,08	0,59	68,9	 SM	Arenas Limosas
	1,08	1,27	0,38	35	 ML	Limo Arenoso húmedo
	1,27	2,29	1,38	76,27	 SC-SM	Arenas Limosas y Arcillosa
	2,29	8,93	0,97	172,87	 SC-SM	Arenas Limosas y Arcillosa

Nota. Elaborado por: La Autora, 2023

- Análisis del corte geo eléctrico

Según la curva de resistividad eléctrica y el corte geo eléctrico (Tabla 59) se establece 4 capas. La primera capa corresponde a la cobertura de arenas limosas con una potencia de 1.08 m y una resistividad de 68.90 Ω m. La segunda capa se corresponde a material compuesto por limo arenoso muy húmedo, saturado por infiltración superficial con resistividad de 35 Ω m y potencia de 0.38 m. La tercera capa corresponde a material de arenas limosas y arcillosas con resistividad de 76.27 Ω m y una potencia de 1.38 m. Y, por último una capa con resistividad de 172.87 Ω m y una potencia aproximada de 8.93 correspondiente a arenas limosas arcillosas.



6.5.2 Sísmica de refracción.

Para la determinación de la estratigrafía a profundidades mayores a 8 metros, se realizó 1 línea sísmica de 60 metros de longitud, para obtener en esta área crítica la estratigrafía y posteriormente las características mecánicas de los estratos subterráneos.

6.5.2.1 Línea de refracción sísmica 1

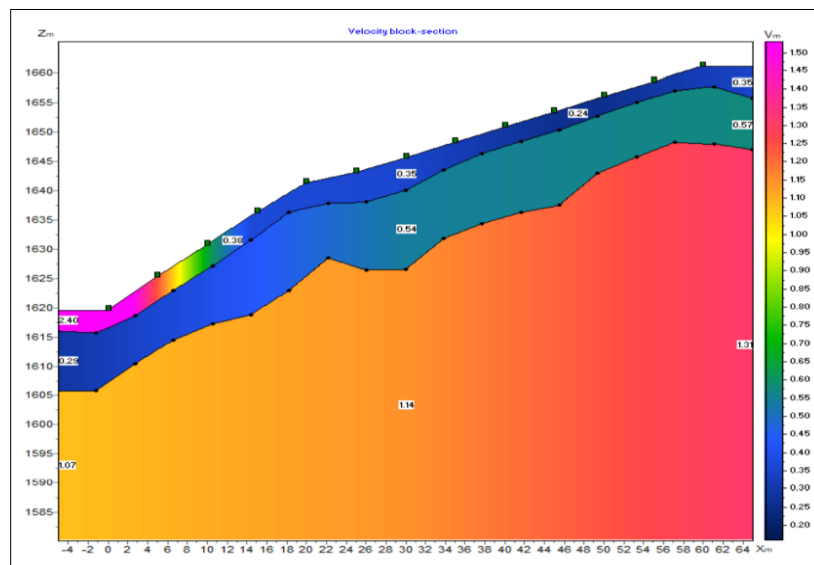
Los parámetros de sísmica de refracción interpretados son finalmente correlacionados con los datos de los mapas geológicos en base a la geología observada en el sitio. Para las velocidades y rangos de velocidades interpretadas se asignan valores correspondientes a los materiales o en base al estado en el que se encuentren estos de acuerdo al conocimiento y experiencia del geofísico, mismas que posteriormente serán corroboradas con la información obtenida en la exploración directa (perforaciones).

Realizadas las detonaciones para impulsar el campo sísmico y movimiento de ondas, se obtienen los respectivos sismogramas y posteriormente mediante el uso del software se obtienen las domocronas.

Estratigrafía LS 1 (modelo de velocidad sísmica)

En la (Figura 63 y 64) se puede observar los horizontes geosísmicos obtenidos a través de la interpretación de la dromocrona.

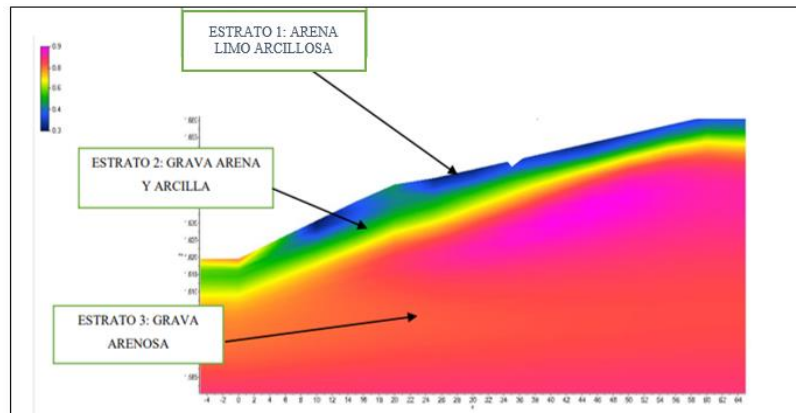
Figura 63. Perfil de la línea Sísmica 1



Nota. Obtenido de (GEOCONS CIA. LTDA, 2023)



Figura 64. Estratos encontrados mediante ensayos geofísicos.



Nota. Obtenido de (GEOCONS CIA. LTDA, 2023)

A partir del perfil se detalla los valores obtenidos y sus correlaciones litológicas ver Tabla 58.

Tabla 58. Complejos sísmicos, velocidades de onda y correspondencia geológica, línea sísmica 1.

Capa	Velocidad sísmica, Ondas P(m/s)	Espesores (m)	Tipo de material
1	240	0 - 3,50	Arena limo arcillosa
2	540	3.50 – 11.50	Fragmentos de roca, grava y arena limosa
3	1140	14 - 40	Gravas arenosas

Nota. Obtenido de (GEOCONS CIA. LTDA, 2023)

Para cada velocidad o rango de velocidad interpretado también se calcula los parámetros dinámicos y elásticos para cada uno de los complejos geofísicos, los parámetros se resumen en la Tabla 59.

Tabla 59 . Resultados de los parámetros dinámicos de la línea sísmica.

LÍNEA SÍSMICA				
CAPACIDAD SÍSMICA		1	2	3
Potencia de la capa	m	0.00 – 4.00	4.00 – 14.00	14.00 – 40.00
Vp	m/s	240	540	1140
Vs	m/s	153.8	252.3	548.1
Vp/Vs	-	1.56	2.14	2.08
μ	-	0.15	0.36	0.35
δ	Tn/m ³	1.246	1.415	1.682
ϕ	Grados	12	26	42
Factor de reducción Sv.	-	1.00	1.00	1.00
Módulo Elástico (E)	MPa	67.79	245.00	1364.30
Módulo Rígido (G)	MPa	28.91	88.36	495.70
Módulo de Bulk (B)	MPa	32.28	291.67	1515.89
N 30	Golpes	5	9	23
Qadm	kg/cm ²	0.47	0.87	2.26



Nota. Obtenido de (GEOCONS CIA. LTDA, 2023)

6.6 Propiedades físico-mecánicas de las rocas

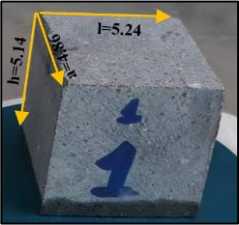
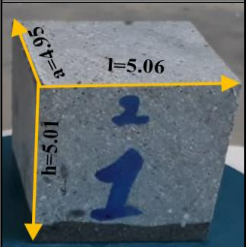
La descripción de los macizos rocosos de la vía el Carmelo – Lauro Guerrero, consistió en la determinación de las características y propiedades en campo de los taludes existentes en este sitio en particular. Para ello fue necesario identificar cada uno de los pasos del método de clasificación geomecánica Rock Mass Rating (RMR) de forma que se adquiriera la estimación preliminar de los parámetros mecánicos del macizo rocoso. A continuación, se efectúa la descripción de cada uno de los taludes de roca.

6.6.1 Resistencia a la Compresión Simple (RCS)

De las muestras obtenidas en campo se consiguieron dos muestras de cubos en roca en laboratorio, con la finalidad de aplicar esfuerzos que permitan obtener la resistencia de la roca en cada punto.

El ensayo realizado en el laboratorio permitió obtener dimensiones, contenido de agua, peso específico, densidad y la resistencia a la compresión de cada cubo, como se muestra en la Tabla 60 y 61 a continuación.

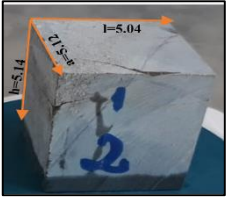
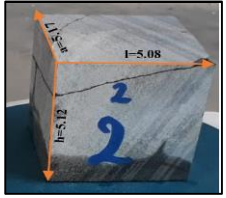
Tabla 60. Datos obtenidos a partir del ensayo de compresión simple del macizo 1 (lavas andesíticas).

Muestra 1	Área (cm ²)	Volumen (cm ³)	Esfuerzo (Kg/cm ²)	Esfuerzo promedio (Kg/cm ²)	C. Simple Mpa
	25.47	130.90	622.84	556.42	54.57
	25.05	125.49	490.01		

Nota. Elaborado por: La Autora, 2023



Tabla 61. Datos obtenidos a partir del ensayo de compresión simple del macizo 2 (lavas andesíticas)

Muestra 2	Área (cm ²)	Volumen (cm ³)	Esfuerzo (Kg/cm ²)	Esfuerzo promedio (Kg/cm ²)	C. Simple Mpa
	25.80	132.64	561.73		
	26.26	134.47	343.88	452.81	44.41

Nota. Elaborado por: La Autora, 2023

Las propiedades físicas con sus respectivos resultados se indican en la Tabla 62 a continuación:

6.6.2 Propiedades físicas

Tabla 62. Propiedades físicas de muestras de rocas.

Propiedades Físicas	Unidad	Talud	
		1	2
Densidad aparente	ρ g/cm ³	2.74	2.63
Gravedad específica	Gs -	2.74	2.64
Contenido de humedad	C.H. %	2.28	0.46
Porosidad eficaz	ne %	1.22	2.63
Peso específico aparente	pa g/cm ³	2.74	2.43
Peo específico real	pr g/cm ³	2.79	2.65
Porosidad	n %	1.97	8.84
Porosidad cerrada	nc %	0.75	5.60
Coefficiente de absorción	Cabs %	1.95	3.00
Compacidad	C %	98.03	91.76
Módulo de saturación	Msat %	61.80	31.98

Nota. Elaborado por: La Autora, 2023



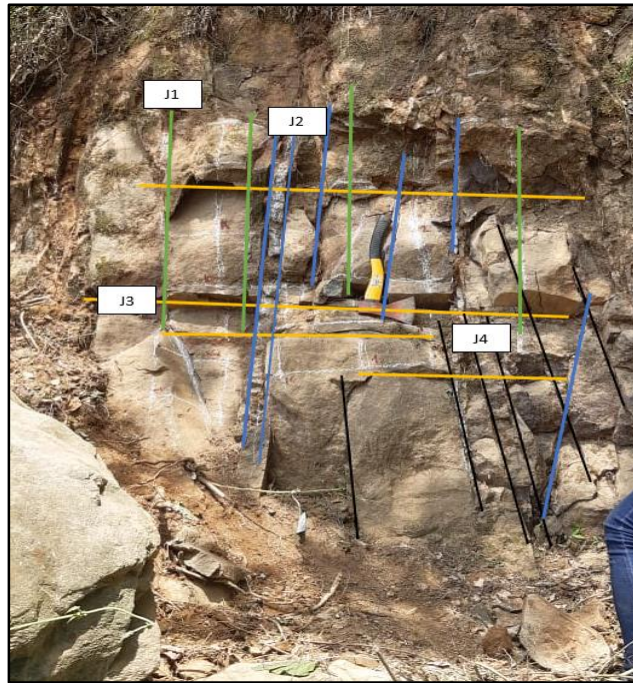
6.6.3 Clasificación Geomecánica del Macizo Rocoso.

Índice de calidad de la Roca (RQD).

Macizo rocoso Nro. 1

El macizo rocoso 1 (Figura 65) se caracteriza por presentar dos familias de discontinuidades las cuales se diferencian por su longitud la primera familia discontinuidad 1 se presenta plana lisa y de gran continuidad, la segunda familia presenta longitudes inferiores a 0.70 metros.

Figura 65. Representación gráfica de las discontinuidades en el macizo rocoso del talud



Nota. Elaborado por: La Autora, 2023

A continuación, en la Tabla 63 se presenta los resultados del cálculo del RQD para el macizo Nro. 1.

Tabla 63. Cálculo del Rock Quality Designation RQD Talud 1).

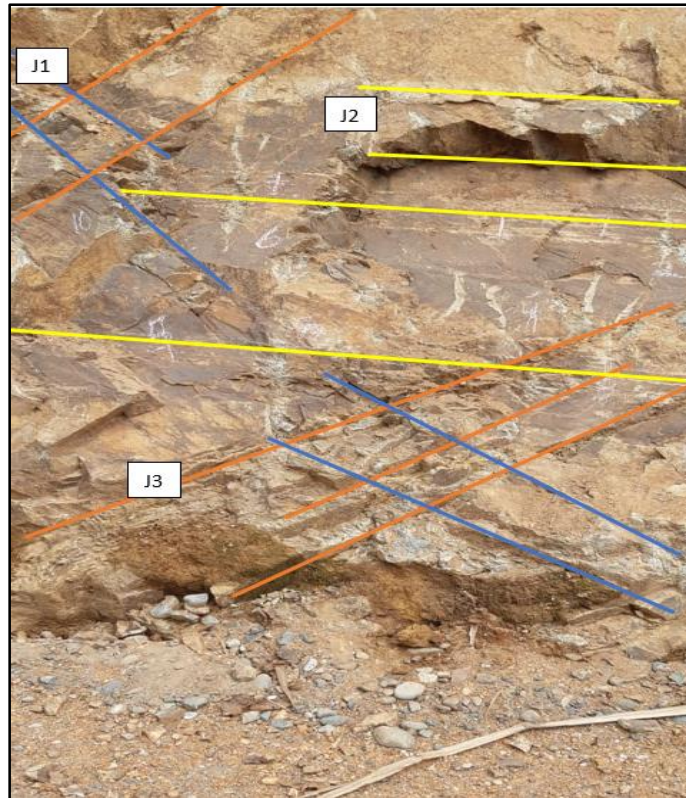
Nº de Juntas	Smi(m)	1/ Smi	Jv/m3	RQD (%)	Calidad Rx
J1	0.23	4.35	27.035	42.41	Mala
J2	0.12	8.33			
J3	0.19	5.26			
J4	0.10	9.09			

Nota. Elaborado por: La Autora, 2023



Macizo rocoso Nro. 2

Figura 66. Representación gráfica de las discontinuidades en el macizo rocoso del talud 2



Nota. Elaborado por: La Autora, 2023

En la Tabla 64 se presenta los resultados del cálculo de RQD para el macizo Nro. 2.

Tabla 64. Resultados del cálculo de RQD para el macizo rocoso Nro 2.

Nº de Juntas	Smi(m)	1/ Smi	Jv/m3	RQD (%)	Calidad Rx
J1	0.14	7.14	18.15	64.62	Regular
J2	0.21	4.76			
J3	0.16	6.25			

Nota. Elaborado por: La Autora, 2023

6.6.3.1 Cálculo del RMR, Rocks Mass Rating. (Bieniawski, 1989)

Macizo rocoso Nro. 1. Lavas andesíticas.

En el macizo rocoso, se calculó el índice RMR para las tres familias de juntas identificadas.



A modo de resumen en la Tabla 65, se muestra la puntuación asignada a cada parámetro, para las cuatro juntas del macizo rocoso Nro. 1.

Tabla 65. Parámetros RMR para las familias de juntas del macizo Nro 1,2,3 y 4.

Parámetros	RESULTADOS							
	J1	Puntaje	J2	Puntaje	J3	Puntaje	J4	Puntaje
1). σ_c (Mpa)	54.57	7	54.57	7	54.57	7	54.57	7
2). RQD (100%)	42.41	8	42.41	8	42.41	8	42.41	8
3).SMi (m)	0.23	10	0,12	8	0.19	8	0.10	8
4). Estado de las discontinuidades								
Longitud (m)	0,66	6	0.56	6	0.79	6	0.52	6
Abertura (mm)	5.8	0	2,3	1	2.6	1	0.9	3
Relleno (mm)	Ninguno	6	Ninguno	6	Ninguno	6	Ninguno	6
Rugosidad	Rugosa	5	Rugosa	5	Rugosa	5	Rugosa	5
Alteración	Moderadamente alterada	3	Moderadamente alterada	3	Moderadamente alterada	3	Moderadamente alterada	3
5). Agua.	Ligeramente húmeda	10	Ligeramente húmeda	10	Ligeramente húmeda	10	Ligeramente húmeda	10
RMR		55		54		54		56
RMR PROMEDIO			54.75		Calidad: Media			

Nota. Elaborado por: La Autora, 2023

Para el macizo rocoso 1, se obtuvo una valoración RMR total de 54.75 su clasificación se evidencia en la Tabla 66.

Tabla 66. Calidad del macizo rocoso 1 en relación al índice RMR.

Clase	CLASIFICACIÓN				
	I	II	III	IV	V
Calidad	Muy buena	Buena	Media	Mala	Muy mala
Valor	81 – 100	61 – 80	41 – 60	21 – 40	< 20
Cohesión	> 4 Kg/cm ²	3-4 Kg/cm ²	2-3 Kg/cm ²	1-2 Kg/cm ²	<1Kg/cm ²
Ángulo de rozamiento	>45 ⁰	35 ⁰ – 45 ⁰	25 ⁰ -35 ⁰	15 ⁰ – 25 ⁰	< 15 ⁰

Nota. Obtenido de (Bienaswki, 1989)



Macizo rocoso Nro-2: Lavas Andesíticas

El RMR se determinó para las 3 familias de juntas encontradas en el macizo rocoso Nro. 2 de la misma forma para cada una de ellas, en la Tabla 67, se resume la puntuación asignada a cada uno de los cinco parámetros de las tres juntas (J1, J2 y J3).

Tabla 67. Parámetros del RMR para la clasificación geomecánica de juntas 1, 2 y 3 del macizo rocoso 2.

Parámetros	RESULTADOS					
	J1	Puntaje	J2	Puntaje	J3	Puntaje
1). σ_c (Mpa)	44.41	4	44.41	4	44.41	4
2). RQD (100%)	64.62	13	64.62	13	64.62	13
3).SMi (m)	0.14	8	0.21	10	0.16	8
4). Estado de las discontinuidades						
Longitud (m)	0.56	6	0.84	6	0.79	6
Abertura (mm)	0.9	3	1.5	1	2	1
Relleno (mm)	Ninguno	6	Ninguno	6	Ninguno	6
Rugosidad	Rugosa	5	Rugosa	5	Rugosa	5
Alteración	Moderada mente alterada	3	Moderada mente alterada	3	Moderada mente alterada	3
5). Agua.	Ligeramente húmeda	10	Ligeramente húmeda	10	Ligeramente húmeda	10
RMR		58		58		56
RMR PROMEDIO			57.3		Calidad: Media	

Nota. Elaborado por: La Autora, 2023

Para el macizo rocoso 2, se obtuvo una valoración RMR total de 57.3 su clasificación se puede evidenciar en la Tabla 68.



Tabla 68. Calidad del macizo rocoso 2 en relación al índice RMR.

CLASIFICACIÓN					
Clase	I	II	III	IV	V
Calidad	Muy buena	Buena	Media	Mala	Muy mala
Valor	81 – 100	61 – 80	41 – 60	21 – 40	< 20
Cohesión	> 4 Kg/cm ²	3-4 Kg/cm ²	2-3 Kg/cm ²	1-2 Kg/cm ²	<1Kg/cm ²
Ángulo de rozamiento	>45 ⁰	35 ⁰ – 45 ⁰	25 ⁰ -35 ⁰	15 ⁰ – 25 ⁰	< 15 ⁰

Nota. Bieniawski, Engineering rock mass classifications. 1989. Modificado: La Autora, 2023

En la Tabla 69 se presenta el resumen del RMR obtenido para los dos macizos rocosos en estudio, donde su calidad es media.

Tabla 69. Resumen de la valoración del Índice RMR

Nro. Macizo	Abscisa	RMR	Clase	Calidad
1	0+300	54.75	III	Media
2	2+150	57.3	III	Media

Nota. Elaborado por: La Autora, 2022

6.6.3.2 Slope Mass Rating (SMR)

Macizo rocoso Nro. 1:

El macizo rocoso 1 se analizó para rotura plana y rotura por vuelco, las características del macizo rocoso no dan los datos estructurales necesarios para el análisis de rotura por cuña, por lo tanto, se usó la clasificación geomecánica de taludes SMR de Romana, 1997, donde no considera las roturas en cuña, con la ecuación 6 se calculó el SMR.

A continuación, en la Tabla 70 se indica los factores de ajuste con las respectivas fórmulas y valores para el caso de rotura planar.

Tabla 70. Datos empleados en el cálculo del factor de ajuste.

Familia de discontinuidades	Dirección de la discontinuidad, α_j	Dirección del talud, α_s	Buzamiento de la discontinuidad, β_j	Buzamiento del talud, β_s
1	105 ⁰	112 ⁰	39 ⁰	33 ⁰
2	30 ⁰		87 ⁰	
3	25 ⁰		82 ⁰	
4	172 ⁰		77 ⁰	

Nota. Elaborado por: La Autora, 2023



Tabla 71. SMR rotura planar del macizo rocoso Nro. 1.

SMR Romana 1985										
Rotura Planar										
Jv	F1	Valor	F2	Valor	F3	Valor	F4	Valor	RMR	SMR
	$ \alpha_j - \alpha_s $		$ \beta_j $		$\beta_j - \beta_s$					
J1	7	0,85	39	0,85	6	-6	Talud natural	+15	55	64.72
J2	82	0,15	87	1	54	0	Talud natural	+15	54	69
J3	87	0,15	82	1	49	0	Talud natural	+15	54	69
J4	60	0,15	77	1	44	0	Talud natural	+15	56	71
SMR:		68.43		Clase: II Buena			Estabilidad: Estable			

Nota. Elaborado por: La Autora, 2023

Tabla 72. SMR para rotura por vuelco macizo rocoso Nro. 1.

SMR Romana 1985										
Rotura por Vuelco										
Jv	F1	Valor	F2	Valor	F3	Valor	F4	Valor	RMR	SMR
	$ \alpha_j - \alpha_s - 180 $		$ \beta_j $		$\beta_j + \beta_s$					
J1	187	0,15	39	1	72	0	Talud natural	+15	55	70
J2	262	0,15	87	1	120	-6	Talud natural	+15	54	63.15
J3	267	0,15	82	1	115	-6	Talud natural	+15	54	63.15
J4	120	0,15	77	1	110	-6	Talud natural	+15	56	65.15
SMR:		65.36		Clase: II Buena			Estabilidad: Estable			

Nota. Elaborado por: La Autora, 2023

Macizo rocoso Nro. 2.

El macizo rocoso 1 se analizó para rotura plana y rotura por vuelco, las características del macizo rocoso no dan los datos estructurales necesarios para el análisis de rotura por cuña, por lo tanto, se usó la clasificación geomecánica de taludes SMR de Romana, 1997, donde no considera las roturas en cuña.

A continuación, en la Tabla 73 se indica los factores de ajuste con las respectivas fórmulas y valores para el caso de rotura planar.



Tabla 73. Datos empleados en el cálculo del factor de ajuste Macizo rocoso 2.

Familia de discontinuidades	Dirección de la discontinuidad, α_j	Dirección del talud, α_s	Buzamiento de la discontinuidad, β_j	Buzamiento del talud, β_s
1	162 ⁰		42 ⁰	
2	220 ⁰	102 ⁰	51 ⁰	26 ⁰
3	345 ⁰		25 ⁰	

Nota. Elaborado por: La Autora, 2023

Tabla 74. SMR rotura planar del macizo rocoso Nro. 2

SMR Romana 1985										
Rotura Planar										
Jv	F $ \alpha_j - \alpha_s $	Valor	F2 $ \beta_j $	Valor	F3 $\beta_j - \beta_s$	Valor	F4	Valor	RMR	SMR
J1	60	0,15	42	0.85	16	0	Excavación mecánica	0	58	58
J2	118	0,15	51	1	25	0	Excavación mecánica	0	58	58
J3	243	0,15	25	0.40	-1	-50	Excavación mecánica	0	56	53
SMR:		56.33	Clase: III		Estabilidad: Parcialmente Estable					

Nota. Elaborado por: La Autora, 2023

Tabla 75. SMR para rotura por vuelco rocoso Nro. 2

SMR Romana 1985										
Rotura por Vuelco										
Jv	F $ \alpha_j - \alpha_s - 180 $	Valor	F2 $ \beta_j $	Valor	F3 $\beta_j + \beta_s$	Valor	F4	Valor	RMR	SMR
J1	120	0,15	42	1	68	0	Excavación mecánica	0	58	58
J2	62	0,15	51	1	77	0	Excavación mecánica	0	58	58
J3	63	0,15	25	1	51	0	Excavación mecánica	0	56	56
SMR:		57.3	Clase: III		Estabilidad: Parcialmente Estable					

Nota. Elaborado por: La Autora, 2022

De acuerdo al SMR menor obtenido, se clasifica en base a la estabilidad y medidas de sostenimiento, según el procedimiento de Vallejo, L. 2002, ver Tabla 76.



Tabla 76. Resumen de clasificación según el índice SMR, clases de estabilidad y medidas de sostenimiento.

Caso	SMR	Clase	Descripción	Estabilidad	Rotura	Tratamiento
Macizo Nro. 1 Lavas Andesíticas						
Rotura planar	68.43	II	Buena	Estable	Algunos bloques	Ocasional
Rotura por vuelco	65.36	II	Buena	Estable	Algunos bloques	Ocasional
Macizo Nro. 2 Lavas Andesíticas						
Rotura planar	56.33	III	Normal	Parcialmente estable	Algunas juntas o muchas cuñas	Sistemático
Rotura por vuelco	57.3	III	Normal	Parcialmente estable	Algunas juntas o muchas cuñas	Sistemático

Nota. Elaborado por: La Autora, 2023

6.6.3.3 Determinación del Índice Q de Barton.

El sistema de Q de Barton consiste en la estimación de seis parámetros a través de los cuales expresa la calidad de la roca; el uso de este sistema es más común en túneles, sin embargo, se lo ha usado para la caracterización de los macizos obteniendo así los siguientes resultados, ver Tabla 77.

Tabla 77. Determinación del Índice Q para el macizo rocoso uno y dos.

RESULTADOS					
Parámetros		Macizo rocoso 1		Macizo rocoso 2	
		J1	Puntaje	J2	Puntaje
RQD	RQD	Mala	42,41	Regular	64,62
Número de discontinuidades	Jn	4	15	3	9
Rugosidad de fisuras	Jr	Suave ondulada	2	Suave ondulada	2
Alteración de las fisuras	Ja	Ligera	1	ligera	1
Agua en las fisuras	Jw	secas	1	secas	1
Factor de reducción por esfuerzos	SRF	Tensión media	1	Tensión media	1
Q= (RQD/Jn)*(Jr/Ja)*(Jw/SRF)			5,65		14,36
RMR PROMEDIO		Calidad: Media		Calidad: Buena	

Nota. Elaborado por: La Autora, 2023



Según el resultado del índice Q y utilizando la Tabla 32, que determina los valores de Q se determina que el macizo rocoso 1 tiene un tipo de roca de clase “Regular”, el macizo rocoso 2 tiene in tipo de roca de clase “Buena”.

6.6.3.4 Método del Índice de resistencia geológica, GSI.

El cálculo del GSI se realiza mediante la aplicación de la relación existente entre GSI y RMR_{89} .

Macizo rocoso Nro. 1

$$GSI = RMR_{89} - 5$$

$$GSI = 54.7 - 5$$

$$GSI = 49.7$$

Con la calificación de GSI igual a 49.7, la calidad del macizo rocosos es Regular.

Macizo rocoso Nro. 2:

$$GSI = RMR_{89} - 5$$

$$GSI = 57.3 - 5$$

$$GSI = 52.3$$

Con la calificación de GSI igual a 52.3, la calidad del macizo rocosos es Regular

6.7 Análisis geológico geotécnico

6.7.1 Análisis de la Resistencia del macizo rocoso mediante el criterio de rotura de Hoek & Brown.

Para el análisis se considera los siguientes datos obtenidos durante la fase de campo como en laboratorio que se muestra en la Tabla 78.

Tabla 78. Datos empleados para el análisis en el software Roclab.

Número de talud	σ_c (Mpa)	GSI	PESO ESPECÍFICO MN/m ³	ALTURA (m)
1	54.57	49.7	0.0273	21
2	44.41	52.3	0.0259	13.25

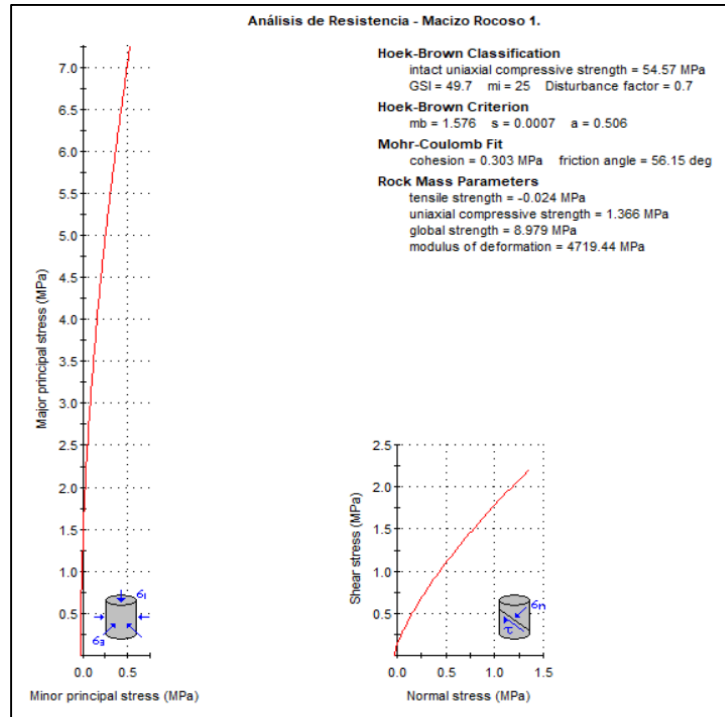
Nota. Elaborado por: La Autora, 2023

En la Figura 67 y 68 se señala la representación del análisis de resistencia de los dos macizos mediante el programa RocLab en la primera gráfica se muestra la fuerza principal menor y



mayor aplicada, en la segunda gráfica se muestra el esfuerzo normal con respecto al esfuerzo cortante.

Figura 67. *Análisis de resistencia del macizo rocoso Nro. 1*

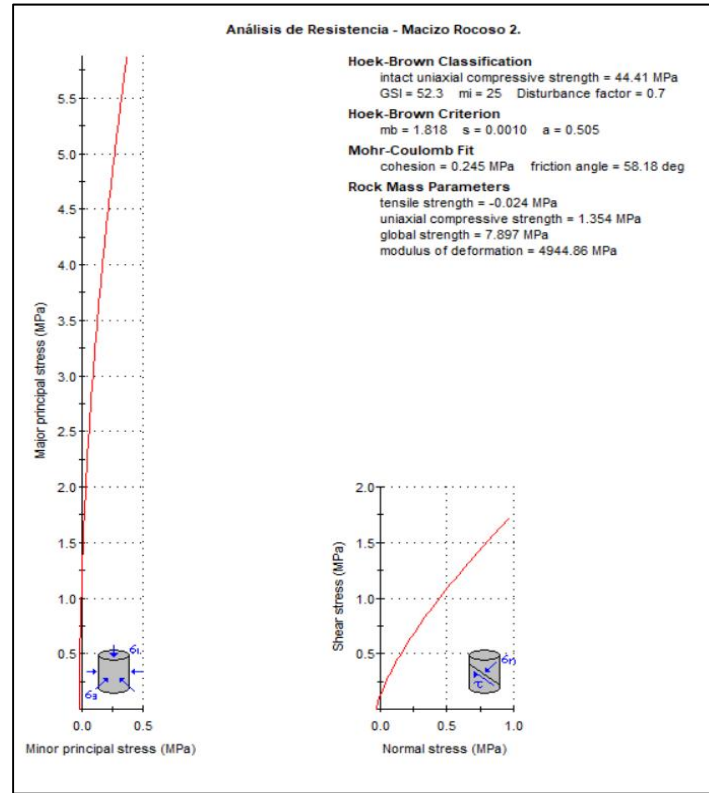


Nota. Elaborado por: La Autora, 2023

Para el macizo rocoso 1, perteneciente a lavas andesíticas se obtuvo el resultado de Cohesión de $c' = 0.303 \text{ Mpa}$ y un Ángulo de fricción interna de $\phi = 56.15^\circ$



Figura 68. *Análisis de resistencia del macizo rocoso Nro. 2*



Nota. Elaborado por: La Autora, 2023

Para el macizo rocoso 2, perteneciente a lavas andesíticas se obtuvo el resultado de Cohesión de $c' = 0.245$ Mpa y un Ángulo de fricción interna de $\phi = 58.18^\circ$

6.7.2 *Análisis Estático de Estabilidad Global*

El análisis de estabilidad global fue empleado, para el cálculo de dos macizos rocosos y tres taludes consideradas como las zonas más críticas de la zona de estudio.

Para el cálculo y diseño de los taludes en este apartado, se trabajó considerando el estado actual en el que se encuentran, es decir, en condición estática y condiciones secas. Se utilizó el método general de equilibrio límite para el respectivo análisis del factor de seguridad el cual considera superficies circulares-rotura general.

Inestable = Factor de seguridad < 1.0

Crítico = Factor de seguridad 1.0 – 1.5

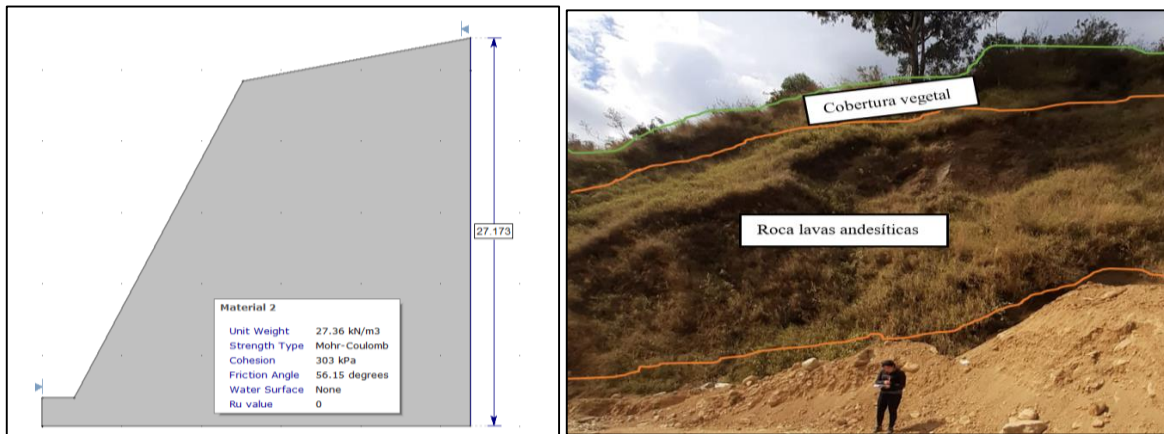
Estable = Factor de seguridad > 1.5



6.7.2.1 Análisis Estático de Estabilidad Global macizo N° 1.

La zona de estudio corresponde a un talud ubicado en el costado derecho de la vía en sentido NOR-ESTE ver Figura 69, tiene una altura aproximada de 27m con una longitud de 40 m. este talud se caracteriza por presentar bloques de lavas andesíticas, para el cual se determinó un factor de seguridad de 4.41, colocándolo dentro del rango estable.

Figura 69. Modelamiento del software Slide del Macizo rocoso Nro. 1



Nota. Elaborado por: La Autora, 2023

Los parámetros a considerar para el modelamiento del talud 01, se indican en la Tabla 79, los cuales son obtenidos a partir de los ensayos geotécnicos realizados, en el campo y laboratorio

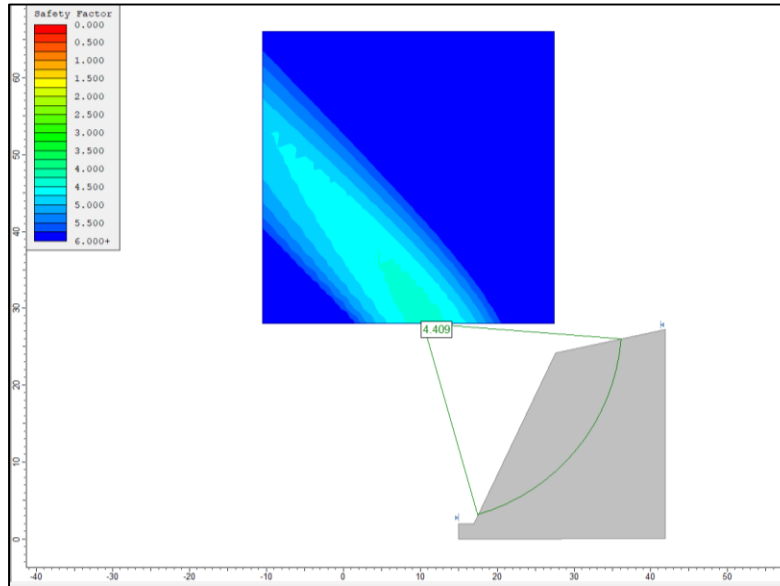
Tabla 79. Resumen de propiedades geotécnicas macizo rocoso 1.

ABSCIS A	PROF (m)	Litología	NF	Peso específico γ (KN/ m ³)	Cohesión KN/m ²	Ángulo de fricción ϕ
0+300	27	Lavas andesíticas	—	27.36	303	56.15

Nota. Elaborado por: La Autora, 2023



Figura 70 . Rotura general y factor de seguridad del macizo rocoso 1.



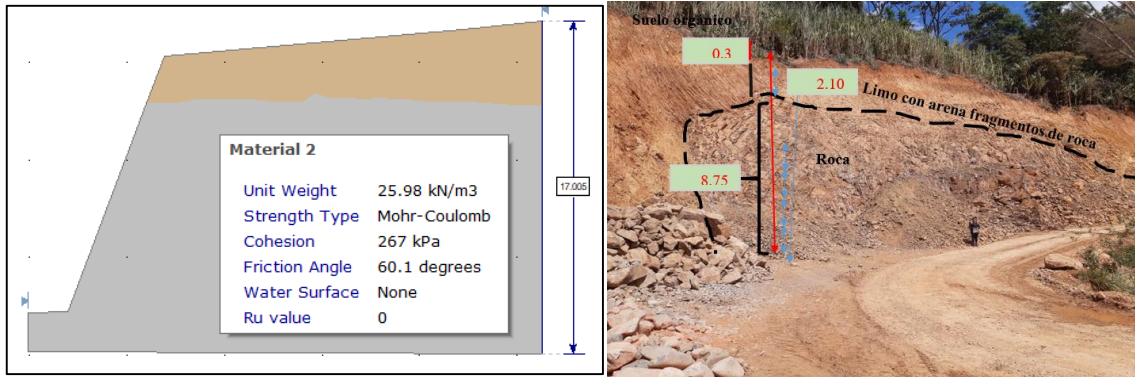
Nota. Elaborado por: La Autora, 2023

6.7.2.2 Análisis Estático de Estabilidad Global macizo 2.

Esta zona de estudio corresponde a un talud ubicado en el costado derecho de la vía en sentido NOR-ESTE, con una altura de 17 m aproximadamente y una longitud de 35 m, el talud se caracteriza por presentar una capa de coloración café claro de suelo limo arcilloso con fragmentos de roca volcánica, y una segunda capa con un espesor de 11.75 m de roca dura, de la cual ha sido extraída gran cantidad de material para el mejoramiento de la vía (Figura 71). El talud a través del análisis de estabilidad global, se determinó un factor de seguridad de 2.10, ubicándolo en una condición estable.



Figura 71. Modelamiento del software Slide del Macizo rocoso Nro. 2



Nota. Elaborado por: La Autora, 2023

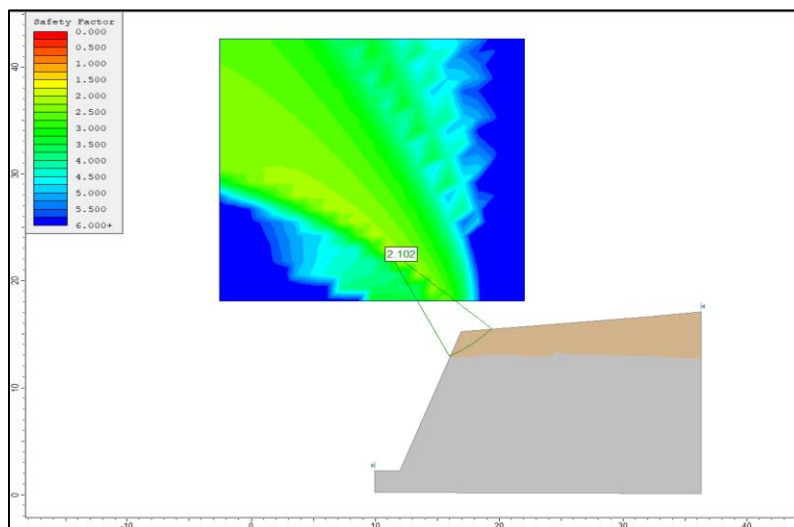
Los parámetros a considerar para el modelamiento del talud 02, se indican en la Tabla 80, los cuales son obtenidos a partir de los ensayos geotécnicos realizados, en el campo y laboratorio

Tabla 80. Resumen de propiedades geotécnicas macizo rocoso 02.

ABSC ISA	PROF (m)	DESCRIPCIÓN	NF	γ Kg/m ³	C Kg/m ²	ϕ
2 + 150	0 2.40	Arena limosa con grava y fragmentos de roca	-	18	12.4	24
	2.10 13.25	Lavas andesíticas	-	25.98	245	58.18

Nota. Elaborado por: La Autora, 2023

Figura 72. Rotura general y factor de seguridad del Macizo rocoso Nro. 2





Nota. Elaborado por: La Autora, 2023

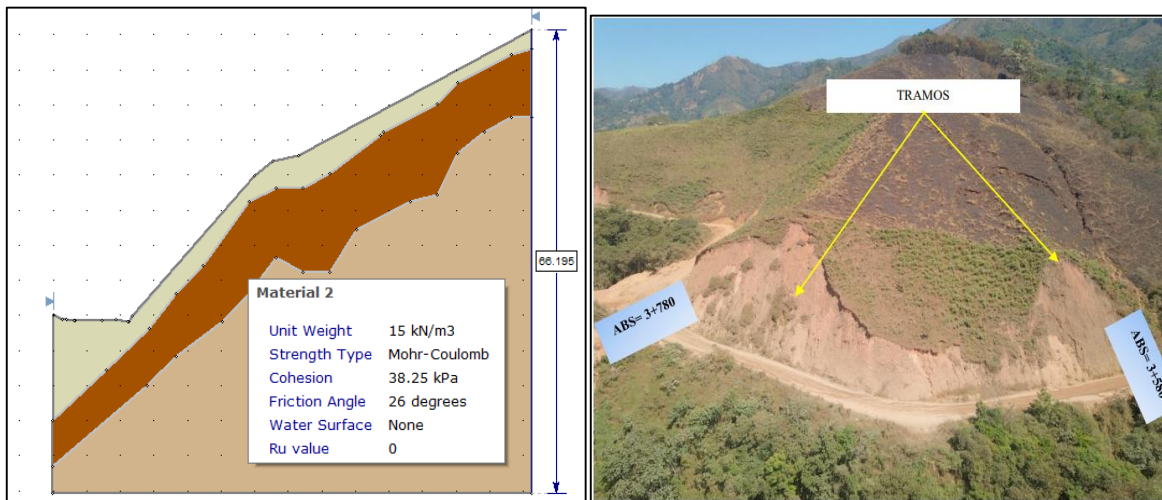
6.7.2.3 Análisis de Estabilidad Global del Talud Nro. 4.

El talud se encuentra localizado en el margen derecho de la vía, presenta una altura aproximadamente de 40 m y un ancho de 200m iniciando en la abscisa 3+500 y culminando en la abscisa 3+800.

El talud consta de dos tramos el primer tramo con un talud de altura aproximadamente de 33,00 metros y una longitud de 70,00 metros (3+580 a 3+650) y el segundo talud el más grande con una longitud de 130,00 metros (3+650 a 3+780) y con una altura de 40 metros aproximadamente. En el talud se encuentran aflorando rocas pertenecientes a la Formación Ciano constituidos por suelos arcillosos café claro ligeramente plásticos intercalado con bloques de andesita.

Para la determinación de la estratigrafía, se realizó 1 ensayo de sísmica de refracción, el deslizamiento D-01, el dato de cohesión fue modificado hasta tener un factor de seguridad más realista, adaptándose a las características observadas en campo. En la Figura 73, se puede apreciar una ortofoto del estado actual del talud-04

Figura 73. Modelamiento del software Slide del Talud Nro. 4



Nota. Elaborado por: La Autora, 2023

En la Tabla 81 se indican los parámetros a considera para el modelamiento del talud 04, los cuales son obtenidos a partir de los ensayos geotécnicos realizados, en el campo y laboratorio

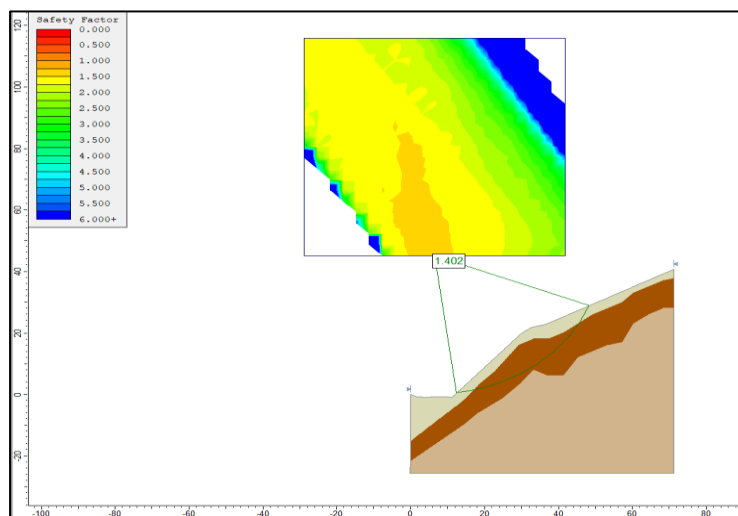


Tabla 81. Resumen propiedades geotécnicas talud-04

ABSCI SA	PROF (m)	DESCRIPCIÓN	Clasificación SUCS	NF	γ KN/m ³	C KN/m ²	ϕ
3+700	0	4	Arena limo arcillosa	CL	13.2	17.63	12
	4	14	Fragmentos de roca, grava y arena limosa	GP	15	36.25	26
	14	40	Gravas arenosas	SC	17.5	109.8	42

Nota. Elaborado por: La Autora, 2023

Figura 74. Rotura general y factor de seguridad del Talud-04.



Nota. Elaborado por: La Autora, 2023

6.7.2.4 Análisis Estático de Estabilidad Global del Talud Nro. 5.

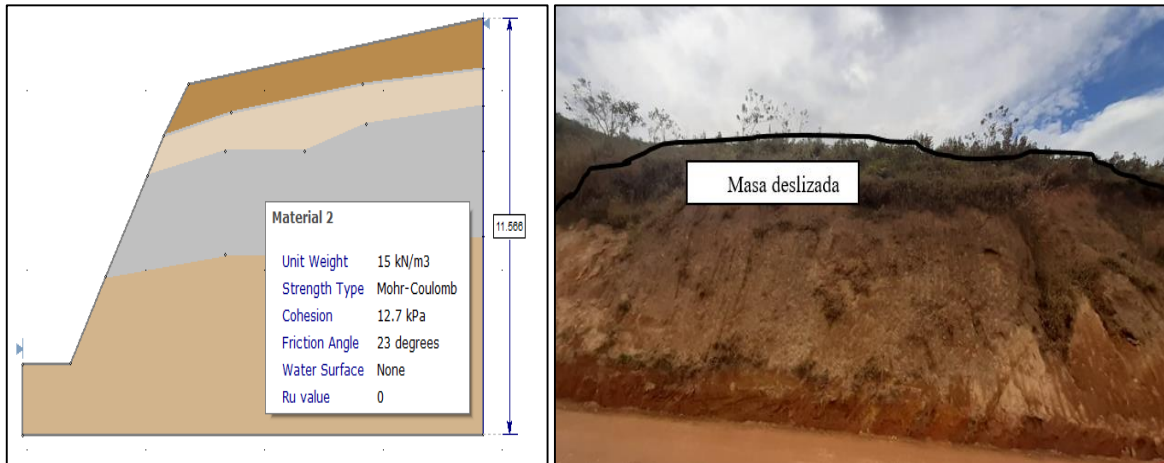
El talud se encuentra localizado en el costado derecho de la vía partiendo del barrio el Carmelo conduce al barrio Lauro Guerrero en sentido NOR-ESTE; Corresponde a un talud de aproximadamente 51 metros de longitud con altura máxima de 11.50 metros, ver Figura 75).

Para la determinación de la estratigrafía, en el presente deslizamiento se realizó un Sondeo Electrico Vertical, en cuanto al ángulo de fricción y cohesión fueron datos obtenidos del ensayo de corte directo, en el caso del dato de cohesión al ser un resultado muy conservador, este se modificó aumentando su valor hasta obtener un factor de seguridad más realista y



acorde a lo antes observado en campo. El factor de seguridad obtenido es de 1.18 se encuentra en un estado crítico.

Figura 75. Modelamiento del software Slide del talud Nro. 05



Nota. Elaborado por: La Autora, 2023

Los parámetros a considerar para el modelamiento del talud 05, se indican en la Tabla 82, los cuales son obtenidos a partir de los ensayos geotécnicos realizados, en el campo y laboratorio

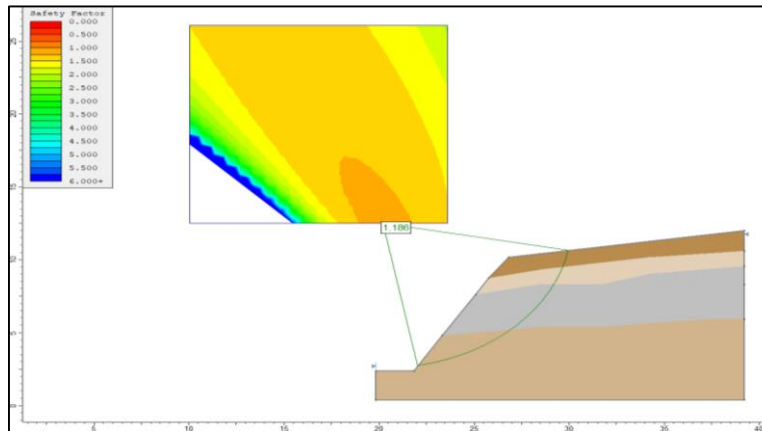
Tabla 82. Resumen de propiedades geotécnicas talud-05.

ABSCI SA	PROF (m)	Litología	Peso específico γ (KN/ m ³)	Cohesión KN/m ²	Ángulo de fricción ϕ	
4+180	0	0.84	Arenas limo-arcillosas	17	25	15
	0.84	1.24	Arena arcillosa	18	12.7	23
	1.258	3.56	Arenas muy húmedas	15	14.7	23
	3.56	-	Rocas fracturadas	18	12.7	23

Nota. Elaborado por: La Autora, 2023



Figura 76. Rotura general y factor de seguridad del talud-05



Nota. Elaborado por: La Autora, 2023

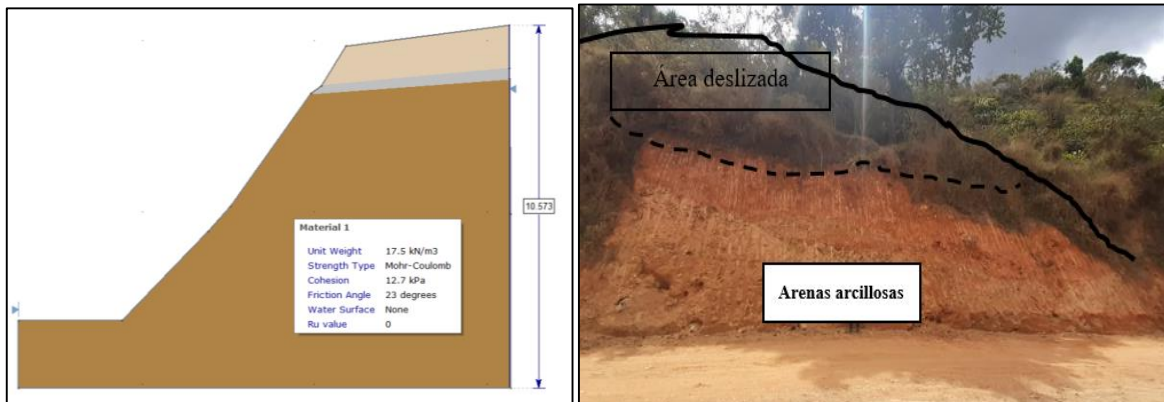
6.7.2.5 Análisis Estático de Estabilidad Global del Talud Nro. 7.

Esta zona del talud se encuentra ubicado en el barrio Lauro Guerrero en la abscisa 7+600, es un talud, con una altura máxima de 10.57 metros y una longitud de 40 metros aproximadamente.

Para la determinación de la estratigrafía, en el presente deslizamiento se realizó un Sondeo Eléctrico Vertical, cuya línea es de 30 metros de longitud y así poder obtener en esta área crítica la estratigrafía y posteriormente las características mecánicas de los estratos subterráneos (Figura 77). Para el deslizamiento D-02 se consideró los datos de la (Tabla 82), el ángulo de fricción y cohesión fueron datos obtenidos del ensayo de corte directo, en el caso de la cohesión, el resultado tuvo que ser aumentado, hasta obtener un factor de seguridad más realista considerando las características del estado actual. Se determinó un factor de seguridad de 1.18, por lo tanto, se encuentra en estado crítico.



Figura 77. Modelamiento del software Slide del Talud Nro. 3



Nota. Elaborado por: La Autora, 2023

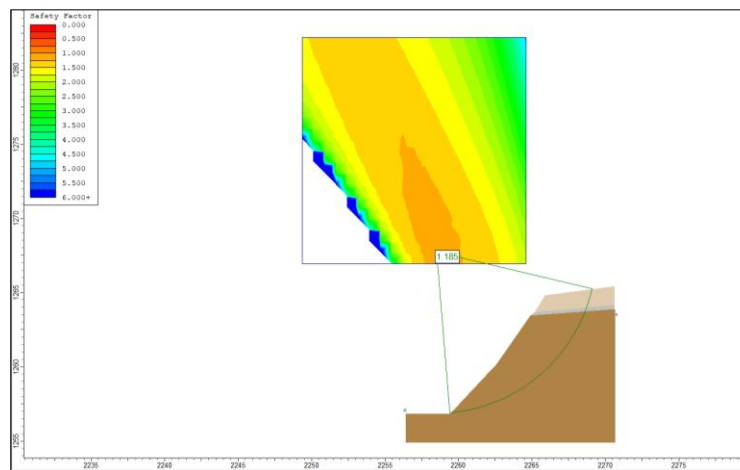
Los parámetros a considerar para el modelamiento del talud, se indican en la Tabla 83, los cuales son obtenidos a partir de los ensayos geotécnicos realizados, en el campo y laboratorio.

Tabla 83. Resumen de propiedades geotécnicas talud-07

ABSC ISA	PROF (m)	Litología	NF	Peso específico γ (KN/ m ³)	Cohesión (KN/ m ²)	Ángulo de fricción ϕ	
7+650	0	1.08	Arenas arcillosas	—	18	12.7	23
	1.08	1.27	Arcillas muy húmedas	—	18	12.5	23
	1.27	2.29	Arenas arcillosas	—	17.5	12.7	23
	2.29	8.93	Arenas arcillosas	—	17.5	12.7	23

Nota. Elaborado por: La Autora, 2023

Figura 78. Rotura general y factor de seguridad del Talud-07



Nota. Elaborado por: La Autora, 2023



En la Tabla 84 se resume el resultado del factor de seguridad FS de las zonas más representativo del área de estudio, se analizó mediante el método de Bishop Simplificado, método que considera el equilibrio de momentos, y el método de Jambú considera el equilibrio de fuerzas y el método de Spencer toma en cuenta el equilibrio de momentos y fuerzas.

Tabla 84. Factor de seguridad según diferentes métodos de análisis de estabilidad de taludes.

Talud	Bishop Simplificado	Jambú Simplificado	Spencer
Macizo Rocos Nro.1	4.41	4.63	6.51
Macizo Rocos Nro. 2	2.10	2.13	2.11
Talud -04 (D-01)	1.40	1.36	1.41
Talud -05 (D-02)	1.19	1.25	1.39
Talud -07 (D-03)	1.18	1.14	1.18

Nota. Elaborado por: La Autora, 2023

6.7.3 Análisis Pseudo-Estático de Estabilidad Global

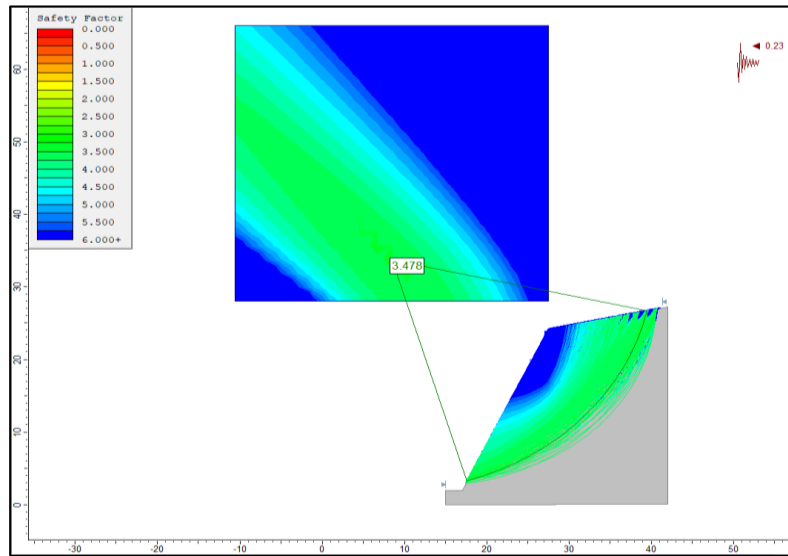
El análisis pseudo-estático se realizó a los dos macizos rocosos, así como para el Talud-04 (D-01), Talud-05 (D02) y Talud-07 (D-03), este tipo de análisis se realizó con el objetivo de establecer las variaciones del factor de seguridad de los taludes al estar sometidos a la acción de un evento sísmico (Fuerza horizontal).

6.7.3.1 Análisis Pseudo-Estático de Estabilidad Global macizo Nro.1.

El factor de seguridad en estado actual para este talud conformado por rocas (lavas andesíticas) es de 4.41 en condición estable, al aplicarle un evento sísmico disminuye el factor de seguridad a 3.47 debido a que este evento produce el movimiento del terreno, ver Figura 79.



Figura 79. Factor de seguridad del macizo rocoso Nro. 1 para análisis Pseudo estático

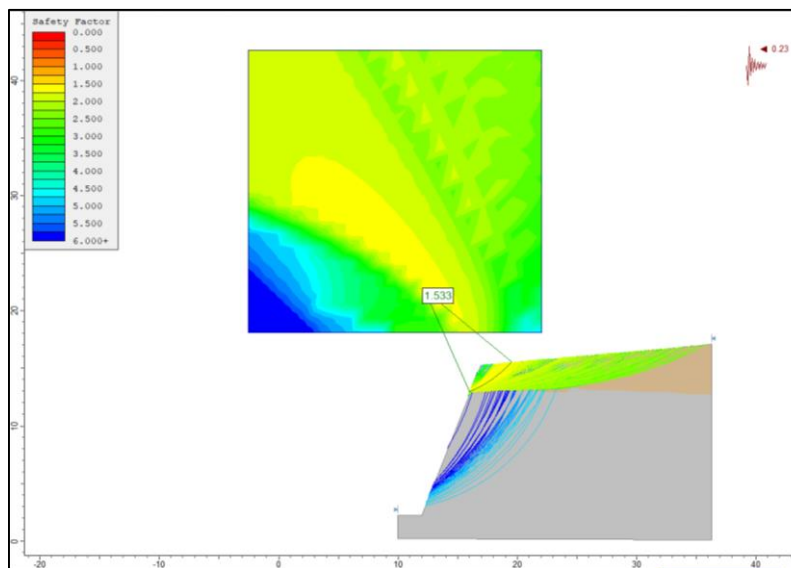


Nota. Elaborado por: La Autora, 2023

6.7.3.2 Análisis Pseudo-Estático de Estabilidad Global macizo Nro.2.

El talud rocoso compuesto por lavas andesíticas, al analizar su estabilidad aplicando un evento sísmico disminuye el factor de seguridad en 1.53 manteniéndolo es estado estable, ver Figura 80.

Figura 80. Factor de seguridad del macizo rocoso Nro. 2 para análisis Pseudo estático



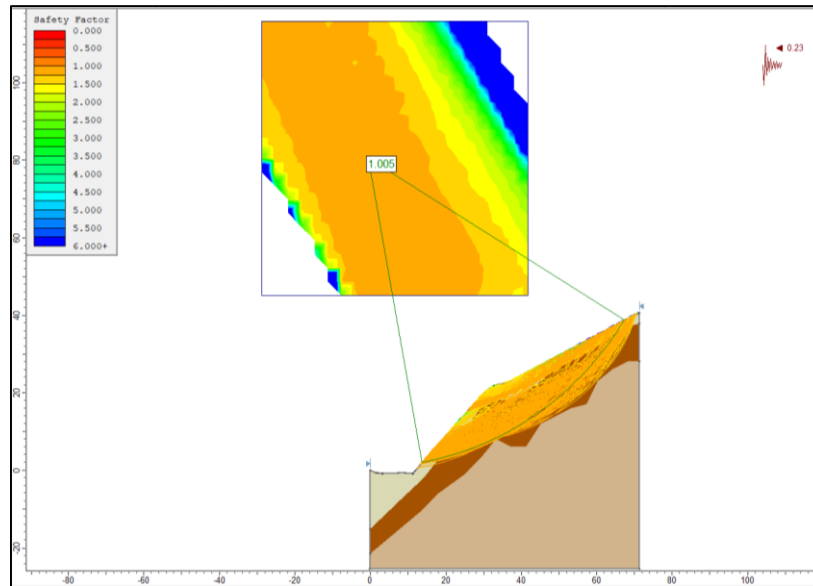
Nota. Elaborado por: La Autora, 2023



6.7.3.3 Análisis Pseudo-Estático de Estabilidad Global Talud Nro.4.

El deslizamiento D-01 compuesto por tres capas de material poco consolidadas, al aplicarle un evento sísmico, su factor de seguridad disminuye a 1.005 manteniéndolo en un estado crítico, ya que dicho evento genera mayor pérdida de estabilidad del deslizamiento, ver Figura 81.

Figura 81. Factor de seguridad del Talud Nro. 1 para análisis Pseudo estático.



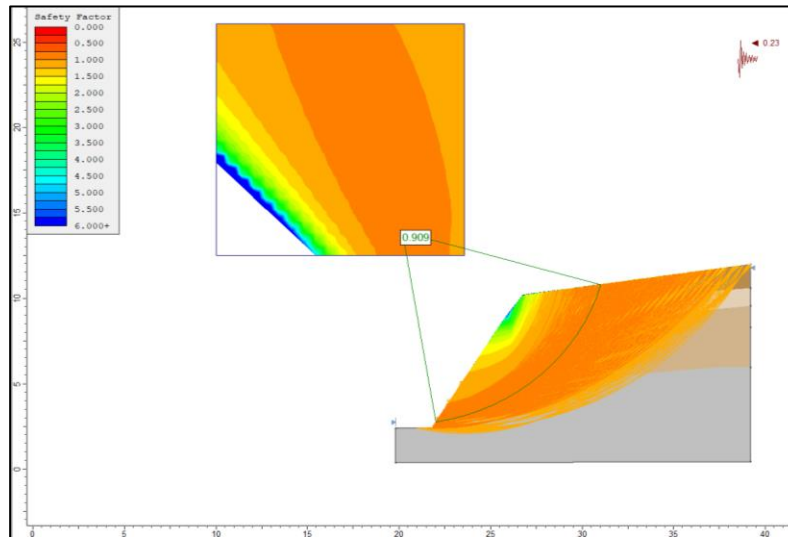
Nota. Elaborado por: La Autora, 2023

6.7.3.4 Análisis Pseudo-Estático de Estabilidad Global del Talud Nro.5.

El Talud 05 compuesto por tres capas de material poco consolidadas, al aplicarle un evento sísmico, su factor de seguridad disminuye a 1.005 manteniéndolo en un estado crítico, ya que dicho evento genera mayor pérdida de estabilidad del talud, ver Figura 82.



Figura 82. Factor de seguridad del Talud Nro. 2 para análisis Pseudo estático

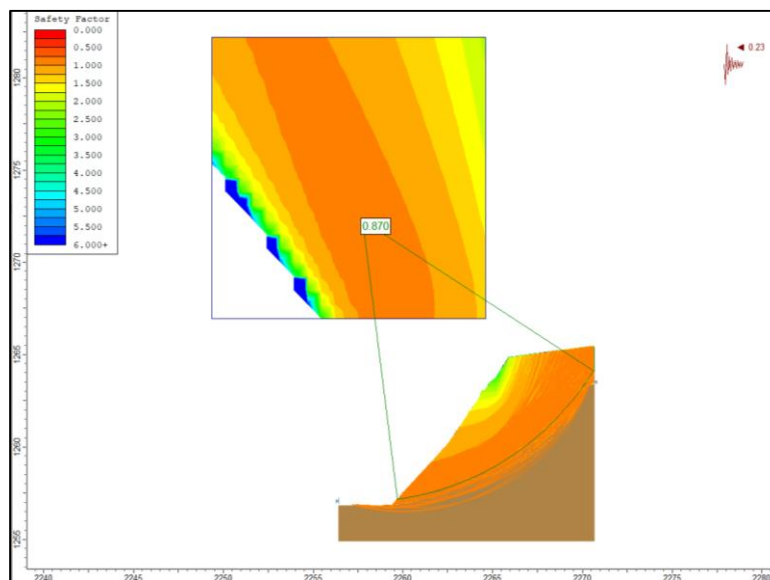


Nota. Elaborado por: La Autora, 2023

6.7.3.5 Análisis Pseudo-Estático de Estabilidad Global Talud Nro.7

El talud compuesto arenas arcillosas y rocas fracturadas poco consolidadas, al aplicarle un evento sísmico, su factor de seguridad disminuye a 0.87 ubicándolo en estado inestable, considerando que un evento sísmico aumenta pérdida de estabilidad del Talud, ver Figura 83.

Figura 83. Factor de seguridad del Talud 3 para análisis Pseudo estático



Nota. Elaborado por: La Autora, 2023



En la Tabla 85 se resume el factor de seguridad, obtenido mediante diferentes métodos de análisis de estabilidad de taludes, para el análisis pseudo-estático de las zonas más representativo del área de estudio.

Tabla 85. *Factor de seguridad para análisis de estabilidad mediante análisis pseudo -estático.*

Talud	Bishop Simplificado	Jambú Simplificado	Spencer
Macizo Rocosó Nro.1	4.41	4.63	6.51
Macizo Rocosó Nro. 2	1.53	1.52	1.54
Talud -04 (D-01)	1.00	0.95	1.09
Talud -05 (D-02)	0.91	0.88	0.91
Talud -07 (D-03)	0.87	0.78	0.87

Nota. Elaborado por: La Autora, 2023



7. Discusión

El presente trabajo de investigación se realizó con la finalidad de conocer las características geológicas geotécnicas del tramo de vía de 7+661 km, ubicado en el barrio el Carmelo y Lauro Guerrero, parroquia Lauro Guerrero del cantón Paltas provincia de Loja, con el fin de conocer el estado actual de los taludes, siendo esta una vía que une varios sectores productivos importantes, tanto para el intercambio comercial como para el transporte de productos agropecuarios.

En base a la información levantada en la fase de campo, mediante la descripción de afloramientos y de acuerdo a la campaña geotécnica se corroboró características geológicas que corresponden a la Unidad Ciano (Cretácico superior: Santoniano – Coniciano), la cual consiste en capas estratificadas de areniscas, limolitas, lutitas laminadas, la Unidad Bramaderos (Cretácico superior: Turoniano Cenomaniano, constituye una secuencia volcanoclástica de color gris verdoso bien estratificada presenta aglomerados volcánicos constituidos por líticos de composición básica a intermedia soportados en una matriz limo-arenosa, las unidades se encuentra interestratificada con rocas de la Unidad Celica (Cretácico inferior: Albiano tales como lavas andesíticas. El tramo de la vía presenta afloramientos constituidos por rocas volcánicas alteradas y una considerable cantidad de depósitos cuaternarios, los cuales son muy favorables a movimientos en masa, esto sucede en las unidades geotécnicas de areniscas volcánicos y a taludes compuestos por limolitas con arcilla y bloques de rocas.

Se identificó tres zonas inestables, la primera zona inestable y la más significativa se ubica en el km 3+500 y 3+800 aproximadamente, ha sido clasificado como un deslizamiento traslacional, resultante de la presencia de la corteza de meteorización de rocas andesíticas aglomeradas, areniscas, y sobresaturación de agua, el segundo y tercer movimiento en masa también recaen en la unidad Ciano, dando a entender que entre las causas principales para que este tipo de eventos ocurran son la litología ya que son materiales poco competentes poco consolidados acompañados de fuertes pendientes provocando que los materiales se deslicen, los parámetros morfométricos se obtuvieron a través del retrocálculo mediante el software Slide v.6.0, con el fin de establecer las dimensiones de manera más realista.



Para el análisis geotécnico el método directo consistió en el análisis de tres calicatas cercanas a los deslizamientos considerando que son los puntos más críticos, para obtener la clasificación y tipo de suelo según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), donde en su mayoría los materiales de la zona son arenas, limos y arcillas. Se establecieron los límites de Atterberg (límite líquido y límite plástico), mediante los cuales se determinó el índice de plasticidad, dando como resultado una plasticidad baja en el área de estudio.

Para el método indirecto se realizaron dos sondeos eléctricos verticales, el primer SEV realizado en la abscisa 4+150 (Talud-05) y en la abscisa 7+600 (Talud-07), en el Talud-02 se realizó una línea sísmica de refracción en la abscisa 3+700 en la que se determinó tres horizontes geo sísmicos, el primer horizonte de arenas limo arcillosas blandas con espesor de 4 m y velocidad de ondas P de 240 m/s, para el segundo estrato compuesto por grava arena y arcilla su espesor comprendido de 4.00 – 14.00 m y velocidad de ondas P de 540 m/s, el tercer estrato corresponde a gravas arenosa con un espesor de 14.00 - 40.00 m, cuya velocidad de ondas P es de 1140 m/s. A demás según el ensayo de sísmica de refracción se obtuvo un perfil de subsuelo de tipo D, con el que se obtuvo el coeficiente horizontal para el análisis pseudo-estático.

Se observa que existe una relación entre los resultados de estabilidad de los taludes obtenidos entre el índice SMR y el análisis en los softwares, el macizo rocoso de acuerdo al índice SMR para rotura planar y por vuelco se encuentran en estado parcialmente estable, de acuerdo al software estos se encuentran estables. En el caso del macizo rocoso Nro. 2 para el índice SMR el talud se encuentra estable y mediante el software este es estable.

Finalmente con la información recopilada se determinó el factor de seguridad de los taludes más representativos de la zona de estudio, a través del software “SLIDE 6.0”, y mediante el análisis de equilibrio – límite el cual basándose en los resultados de las características físico-mecánicas, permitió obtener el factor de seguridad de cada talud en estado actual sin intervención, de los cuales los macizos rocosos presentan valores estables, los tres restantes (deslizamientos) están en estado crítico, probablemente el estado crítico se deba como principal factor a la pendiente ya que de acuerdo al software este marca la rotura en la zona de mayor elevación. Mediante el análisis pseudo-estático, al aplicar el coeficiente sísmico en el análisis este disminuyó el factor de seguridad obtenido en condiciones normales



8. Conclusiones

Finalizadas las fases de recolección de datos y su posterior análisis y en correspondencia a los objetivos planteados se presentan las siguientes conclusiones.

- Dos formaciones geológica atraviesa la vía de estudio corresponde a la denominada Formación Ciano, de origen vulcano sedimentario y meta volcánica que están definidas como depósitos de arenas arcillosas producto de la meteorización de los afloramientos de rocas existentes, localmente se logró identificar siete litologías constituida por lavas andesíticas con área de 4.81 ha; aglomerado volcánico ocupa 11.68 ha, Areniscas masivas y clastos de rocas con un área de 86.20, areniscas y lutitas ocupan el 19.75 ha, las limolitas y areniscas volcánicas representan el 18.44 ha, el material aluvial ocupa 3.74 ha, finalmente el material coluvial representa 10.95 ha del área total.
- La geología estructural de la zona del área de estudio se llevó a cabo mediante fotointerpretación a través de imágenes satelitales y posteriormente de acuerdo a la información levantada en campo. En base a lo mencionado el área de estudio es atravesada por tres fallas inferidas ubicadas principalmente al Nor-Este del área de estudio, la falla uno y dos con dirección NE – SW; la falla tres NW – SE, se identificó diaclasas tectónicas asociadas a la existencia de la falla uno, por causa del esfuerzo al que ha sido sometida la roca.
- Así mismo, se identificó un contacto litológico observado entre las lavas andesíticas y material areniscas con fragmentos de roca en las abscisas 2+150 aproximadamente y contactos inferidos entre las diferentes litologías encontradas. Finalmente se elaboró el mapa geológico estructural a escala 1:10 000 de la zona de estudio.
- Para determinar las propiedades físico – mecánicas de los geomateriales se realizó la apertura de tres calicatas y 8 muestras de los estratos de taludes, que permitieron obtener la clasificación y tipo de suelo, según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) donde en su mayoría los materiales de la zona son arenas, limos y arcillas. Asimismo, se realizaron dos sondeos eléctricos verticales SEV en las abscisas 4+500 y 7+600 y un ensayo de sísmica de refracción en la abscisa 3+700 con la finalidad de conocer la geología de la zona a mayor profundidad y corroborarla



con la obtenida en campo. Además, se llevaron a cabo ensayos de compresión simple para las muestras de roca obtenidas de los dos macizos y dos ensayos de corte directo para los taludes conformados por suelo, donde los datos obtenidos fueron valores residuales al ser las muestras tomadas superficialmente.

- Se analizaron los macizos rocosos mediante cuatro clasificaciones geomecánicas, RMR_{89} , Q Barton y GSI y SMR , con este último se obtuvo la estabilidad de los taludes, para el macizo rocoso Nro. 1 analizado por rotura planar y por vuelco pertenece a la clase II buena y estable, en el caso del macizo rocoso Nro.2 su estabilidad se posiciona dentro del rango parcialmente estable clase III para rotura planar y por vuelco.
- Los macizos rocosos descritos representan las características evidenciadas en la zona, el primer y segundo macizo rocoso corresponden a una litología de lavas andesíticas. se realizó el análisis de resistencia del macizo rocoso mediante el criterio de rotura de Hoek-Brown ajustado al criterio de Mohr-Coulomb, donde se obtuvo el resultado de Cohesión de $c' = 0.303$ Mpa y un Ángulo de fricción interna de 56.15° para el macizo Nro. 1, para el macizo rocoso Nro2 se obtuvo de Cohesión de $c' = 0.245$ Mpa y un Ángulo de fricción interna de 58.18° .
- Los taludes 05 y 07 constituidos de areniscas volcánicas, se encuentran inestables, sus factores de seguridad son < 1 para cargas estáticas, sin embargo, el Talud-04 se encuentra en estado crítico con un factor de seguridad de 1.40, en el análisis realizado para cargas sísmicas con un coeficiente sísmico de 0.23, se tiene factores de seguridad < 1.0 de siendo inestable. En el análisis estático y pseudo -estático de estabilidad global, para el macizo 1 de acuerdo a la clasificación SMR y mediante el software se obtuvo un factor de seguridad estable para ambos casos, por otro lado, para el macizo dos se obtuvo en el software un factor de seguridad estable y de acuerdo a la clasificación SMR el talud se encuentra parcialmente estable. Finalmente es importante mencionar que el uso de los softwares es complementario cuando se trata de macizos rocosos ya que por lo general se usan para análisis de taludes compuestos por suelos.



9. Recomendaciones

- Es recomendable realizar el levantamiento topográfico y que a la vez este contenga información amplia al costado derecho de la vía, con el fin de obtener mayor información de la zona.
- Considerar como puntos de monitoreo del Talud-04 ubicado entre las abscisas 3+500 y 3+800, ya que, de acuerdo a los resultados obtenidos esta zona presenta alta probabilidad a deslizamiento de material en especial en épocas de invierno.
- Ampliar el número de líneas sísmicas en los deslizamientos ubicados en las abscisas 4+500 y 7+600, con la finalidad que dicha información permita obtener una correlación de datos más exacta teniendo en consideración propiedades físico-mecánicas de suelos y rocas, ya que la información será clave al momento de implementar construcciones de carácter civil, tomando en cuenta que la información servirá al momento de implementar obras de mitigación.
- Se recomienda realizar perforaciones más profundas, debido a que las muestras para los ensayos de corte directo fueron superficiales y las superficies de falla se encuentran a mayor profundidad.
- Los materiales encontrados son susceptibles a procesos erosivos principalmente por las precipitaciones, se recomienda implementar acciones complementarias mediante obras de drenaje superficial y obras de protección de superficies que garanticen la estabilidad global del talud, como son revegetación o cunetas de coronación a 3 o 5 m de la corona, cunetas de drenaje en bermas, con el fin de interceptar las aguas provenientes de escorrentías superficial.



10. Bibliografía

- Aguilar, Z. (2013). Estudio de mecánica de suelos: Exploración geotécnica. Universidad Nacional de Ingeniería Lima. Perú.
- Andrade M., P; Bajaña C., R (2016). Rehabilitación de canales con propósito para riego y drenaje de los cantones Samborondon, Salitre y Daule. ESPOL. Quito
- Babín, R., & Gómez, D. (2010). Problemas de Geología Estructural 2 - Orientación y proyección de planos en el espacio. 2(1), 11–23.
- Barnes, J., Lisle, R. (2004). Basic Geological Mapping, fourth edition. The Geological Field Guide Series. John Wiley & Sons Ltd.
- Barton, N., Lien, R., & Lunden, J. (1974). Engineering Classification of Rock Masses for. Springer Verlag.
- Bieniawski, Z. , T. (1989). Engineering rock mass classifications. A Complete Manual for Engineers and Geologists in Mining , Civil , and Petroleum Engineering.
- Botía Díaz, W. A. (2015). Manual de procedimientos de ensayos de suelos y memoria de cálculo. Bogotá.
- Braja M, D. (2015). Fundamentos de Ingeniería Geotécnica, (4ta ed). Cengage Learning Editors.
- Breña, A., Jacobo M. (2005). Principios y Fundamentos de la Hidrología Superficial. Universidad Autónoma Metropolitana.
- Casagrande, A., (1932). “Research of Atterberg Limits of Soils,” Public Roads, Vol. 13, No. 8.
- Cueva, G. (2015). Mapa de unidades geomorfológicas de la Hoya de Loja. Universidad Técnica Particular de Loja. Loja. Ecuador.
- Crespo Villalaz, C. ((2004). Mecánica de Suelos y Cimentaciones. Mexico: Limusa.
- Chávez, J.M., (2006). Geotecnia. México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Deere, D. U. (1989). Rock Quality Designation (RQD) After Twenty Years. Gainesville. Florida: US Army Engineer Waterways.
- Demeck, J. (1972). Manual of detailed geomorphological mapping. Praga: Union .



- Díaz, J. . (1998). Análisis de Estabilidad: Modelos conceptuales. México.
- Duque Escobar, G. (2003). Manual de Geología para ingenieros. Colombia: Universidad Nacional de Colombia Universidad Nacional de Colombia. 479 p.
- Ferrer, M. (1987). Deslizamientos, desprendimiento, flujos y avalanchas. Serie Geología Ambiental .Riesgos Geológicos I.G.M.E. Madrid.
- Foged, N. (2001). Inversion med lateralt sammenbundne modeller af 2-dimensionale stokastiske resistivitets for delinger. Universidad de Aarhus.
- Gámez, W. (2015). Texto básico autoformativo de topografía general. Universidad nacional agraria Facultad de Recursos Naturales y del Ambiente.
- González, L., (2002). Ingeniería Geológica. Madrid: Pearson Educación.
- Gutiérrez Elorza, M. (1994). Geomorfología. Madrid: Ed.Rueda.
- Harvey, J.C., (1982). Geología para ingenieros geotécnicos. México. Noriega Editores
- INAMHI. (2017). Boletín de Precipitación y Temperatura del Cantón Loja y Malacatos. Quito. Recuperado junio de 2018.
- INIGEMM. (2017). Instituto de Investigación Geológico y Energético (IIGE). Obtenido de Instituto de Investigación Geológico y Energético (IIGE): <https://www.geoenergia.gob.ec/mapas-geologicos>
- Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda. (2015b). Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC-SE-DS).
- Palmstrom, A. (2005). Measurements of and Correlations between Block Size and Rock Quality Designation (RQD). Published in Tunnels and Underground Space Technology.
- Ramirez, O, Monge P & Monge A, Leandro , L. (2004). Fundamentos e ingenieria de taludes ., G; Escobar, C. (2002). Mecánica de Suelos”.
- Ramirez, O, Monge P & Monge A, Leandro , L. (2004). Fundamentos e ingenieria de taludes ., G; Escobar, C. (2002). Mecánica de Suelos”.
- Romana M., T. R. (2015). Slope mass rating (smr) geomechanics classification: thirty years review. Quebec, Canada: ISRM Congress 2015 Proceedings - International Symposium on Rock Mechanics. Quebec, Canada..





- SEMPLADES. (2009). Plan Nacional de Desarrollo o Plan Nacional del Buen Vivir. 384-386.
- Suárez, J. (1998). Deslizamientos y Estabilidad de Taludes en Zonas Tropicales, Capítulo 2 Procedimientos de Investigación..
- Suárez, J. (2009). Deslizamientos Volumen 1: Análisis geotécnico . Colombia. División de Publicaciones UIS.
- Suárez, J. (2009). Deslizamientos Volumen 2: Técnicas de remediación. Colombia. División de Publicaciones UIS.
- Tarbut E.J. & Lutgens F.K., (2005) Ciencias de la Tierra. Edit. Prentice Hall, España
- Terzaghi, K. (1943). Theoretical Soil Mechanics, Wiley, New York.
- Turnbull , & Hvorslev. (1967). Métodos de Estabilización de Taludes y Deslizamientos. 14.
- Vallejo, L. I. G.; Ferrer, M.; Ortuño, L. Oteo, C. (2002). Ingeniería Geológica. (P. Hall, Ed) (202nd Ed.). España.
- Vargas Cuervo, G. (s.f.). Metodología para la cartografía de zonas de susceptibilidad a los deslizamientos a partir de los sensores remotos y SIG. Colombia.
- Viers, G. (1973). Geomorfología. Madrid, España.





11. Anexos


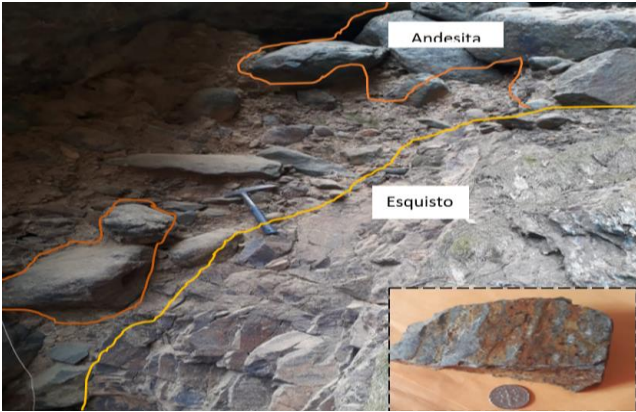
Anexo 1. Fichas de afloramientos

 FICHA PARA DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS						
Código:		Afloramiento			Fecha: 21 /04/2021	
AF-1		Natural		Artificial	x	
Ubicación geográfica		Geometría del afloramiento		Relieve	Vegetación	
Datum: UTM WGS84 Zona 17S		Longitud	25 m	Llano		Exuberante x
X	640318	Altura	21.50 m	Bajo		Escasa
Y	9559205	Dirección		Colinado	x	Nula
Z	1505			Montañoso		
Perfil litológico de los afloramientos						
Potencia	-	Nº De capas	1	Formación	Ciano	
Litología	Roca lavas andesíticas					
Orientación	Az	Bz	Meteorización	Bajo	Media	Alta
	116	59		x		
Descripción del afloramiento						
<p>La litología corresponde a columnas de roca de lavas andesíticas con coloración que varía de gris oscuro a verdoso, ligeramente plásticas en la que los minerales dominantes son plagioclasas y los minerales accesorios son el olivino y sílice y donde el óxido ferroso llega al menos al 4%.</p>						
Foto						
						




 FICHA PARA DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS							
Código:		Afloramiento			Fecha: 21/07/2021		
AF- 2		Natural		Artificial	x		
Ubicación geográfica		Geometría del afloramiento		Relieve	Vegetación		
Datum: UTM WGS84 Zona 17S		Longitud	45 m		Llano	Exuberante	
X	640541	Altura	5.10		Bajo	X	Escasa
Y	9559236	Dirección	NE		Colinado	Nula	
Z	1063				Montañoso		
Perfil litológico de los afloramientos							
Potencia		N° DE CAPAS	1		Formación	Ciano	
Orientación	Az	Bz	Meteorización		Bajo	Media	Alta
	-	-			x		
Descripción del afloramiento							
El talud presenta una matriz de areniscas volcánicas de color café claro a oscuro, con fragmentos de roca volcánica meteorizada, no se puede diferenciar alternancia de materiales.							
Foto							
							




 FICHA PARA DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS							
Código:		Afloramiento			Fecha:		
AF-3		Natural	X	Artificial	21/07/2021		
Ubicación geográfica		Geometría del afloramiento			Relieve		Vegetación
Datum: UTM WGS84 Zona 17S		Longitud	15 M		Llano	Exuberante	
X	640332	Altura	N/A		Bajo	Escasa	X
Y	9559187	Dirección	SE		Colinado	X	Nula
Z	1524				Montañoso		
Perfil litológico de los afloramientos							
Potencia		Nº De capas		Formación	Ciano		
Litología	Arenas limosas con cantos de roca andesita y estratos de esquisto.						
Orientación	Az	Bz	Meteorización		Bajo	Media	Alta
	116 ⁰ SE	59 ⁰				X	
Descripción del afloramiento							
<p>Afloramiento representa a una quebrada de roca andesita de color azul verdoso claro se halla dispersa no fue posible determinar las estructuras, el esquisto presenta textura foliada muy fracturada, en la quebrada se encuentra gran cantidad de piroclastos que superan el 1m de diámetro, lo cual presenta indicios de inestabilidad en épocas de invierno.</p>							
Foto							
							


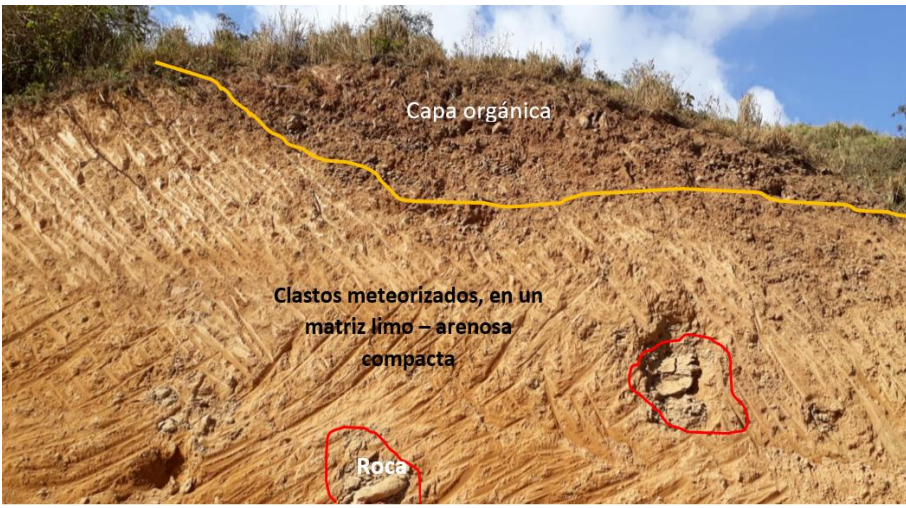


 FICHA PARA DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS							
Código:		Afloramiento			Fecha:		
AF-4		Natural		Artificial	x	21/01/2021	
Ubicación geográfica		Geometría del afloramiento		Relieve		Vegetación	
Datum: UTM WGS84 Zona 17S		Longitud	45 m		Llano		Exuberante X
X	639735	Altura	7.90 m		Bajo		Escasa
Y	9561610	Dirección	NE		Colinado		Nula
Z	1585				Montañoso	X	
Perfil litológico de los afloramientos							
Potencia		Nº De capas		FORMACIÓN		Ciano	
Litología	Limolitas , en una matriz limo arcillosa.						
Orientación	Az	Bz	Meteorización		Bajo	Media	Alta
	-	-				x	
Descripción del afloramiento							
<p>El afloramiento está constituido de tobas andesíticas de coloración marrón a café oscuro, se encuentra plegada a causa de fuerzas de compresión, se presente fuertemente fracturada debido al corte del talud.</p>							
Foto							
							


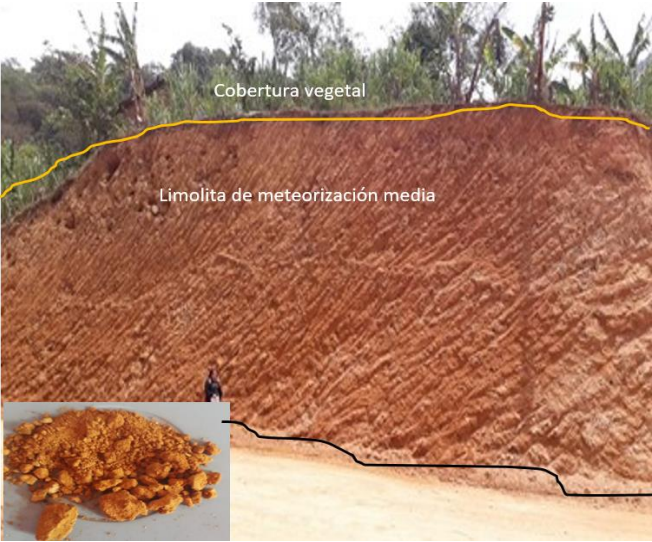


 FICHA PARA DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS						
Código:		Afloramiento			Fecha:	
AF-05		Natural		Artificial	21/07/2021	
Ubicación geográfica		Geometría del afloramiento			Relieve	Vegetación
Datum: UTM WGS84 Zona 17S		Longitud	60 m		Llano	Exuberante
X	638462	Altura	7.80 m		Bajo	Escasa x
Y	9562184				Colinado	
Z	1806	Dirección	NE		Montañoso x	Nula
Perfil litológico de los afloramientos						
Potencia		Nº DE CAPAS	2		Formación	Ciano
Litología	Andesitas basálticas y suelo limo arcilloso con fragmentos de roca andesítica.					
	Az	Bz			Bajo	Media
Orientación	73 ⁰	49 ⁰	Meteorización			x
Descripción del afloramiento						
Afloran dos estratos, el primer estrato corresponde a roca (Lavas andesita) cuya coloración es gris claro muy fracturada, el segundo estrato corresponde a suelo formado por arenisca volcánica de coloración rojiza con fragmentos de roca andesita .						
Foto						
						





 FICHA PARA DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS							
Código:		Afloramiento			Fecha:		
AF-06		Natural		Artificial	x	30/08/2021	
Ubicación geográfica		Geometría del afloramiento		Relieve	Vegetación		
Datum: UTM WGS84 Zona 17S		Longitud	40 m		Llano	Exuberante	
X	640541	Altura	6.90 m		Bajo	Escasa	x
Y	9559236	Dirección	NE		Colinado	x	Nula
Z	1063				Montañoso		
Perfil litológico de los afloramientos							
Potencia		Nº DE CAPAS	1		Formación	Ciano	
Litología	Fragmentos de roca andesita, filita en una matriz de aglomerado volcánico.						
Orientación	Az	Bz	Meteorización		Bajo	Media	Alta
	-	-			x		
Descripción del afloramiento							
El afloramiento antrópico de aglomerado volcánico, ubicado al costado derecho de la vía, presenta clastos de roca de 5 cm a 50 cm dispersos en una matriz de areniscas y material limo arenoso de coloración café claro.							
Foto							
							



 FICHA PARA DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS						
Código:		Afloramiento			Fecha:	
AF-07		Natural		Artificial	30/06/2021	
Ubicación geográfica		Geometría del afloramiento			Relieve	Vegetación
Datum: UTM WGS84 Zona 17S		Longitud	25 m		Llano	Exuberante
X	638430	Altura	8.20 m		Bajo	Escasa x
Y	9562149	Dirección			Colinado	Nula
Z	1802				Montañoso	
Perfil litológico de los afloramientos						
Potencia		Nº DE CAPAS	1		Formación	Ciano
Litología	Clastos de roca en una matriz limo arenosa.					
Orientación	Az	Bz	Meteorización		Bajo	Media
	-	-			Alta	
Descripción del afloramiento						
Se observa escasos fragmentos aislados de roca, en una matriz de arenisca volcánica de coloración rojiza.						
Foto						
						





 FICHA PARA DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS							
Código:		Afloramiento			Fecha: 30/06/2021		
AF-08		Natural		Artificial	x		
Ubicación geográfica		Geometría del afloramiento		Relieve	Vegetación		
Datum: UTM WGS84 Zona 17S		Longitud	22 m		Llano	Exuberante	
X	638419	Altura	14.50 m		Bajo	Escasa x	
Y	9562027	Dirección	NE		Colinado	x	
Z	1802				Montañoso	Nula	
Perfil litológico de los afloramientos							
Potencia		Nº De capas	1		Formación	Ciano	
Litología	Clastos de roca en una matriz de aglomerado volcánico.						
Orientación	Az	Bz	Meteorización		Bajo	Media	Alta
	-	-			x		
Descripción del afloramiento							
El afloramiento se caracteriza por la presencia de clastos de andesita en una matriz de aglomerado volcánico color marrón, los clastos de roca tienen diámetros de hasta 80 cm.							
Foto							
							





FICHA PARA DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS							
Código:		Afloramiento			Fecha:		
AF-09		Natural		Artificial	x	30/06/2021	
Ubicación geográfica		Geometría del afloramiento		Relieve	Vegetación		
Datum: UTM WGS84 Zona 17S		Longitud	13.25 m		Llano	Exuberante	x
X	639896	Altura	34 m		Bajo	Escasa	
Y	9560777	Dirección	NE		Colinado	x	
Z	1521				Montañoso		Nula
Perfil litológico de los afloramientos							
Potencia		N° DE CAPAS	1		Formación	Ciano	
Litología	Lavas andesitas basálticas y coluvial						
Orientación	Az	Bz	Meteorización		Bajo	Media	Alta
Descripción del afloramiento							
<p>El afloramiento se caracteriza por la presencia de dos estratos, el primer estrato representa las andesitas basálticas fracturadas, el segundo estrato ubicado en la parte superior del talud es areniscas de color rojizo, parte del material rocoso extruido ha sido utilizado en el mejoramiento de la vía.</p>							
Foto							


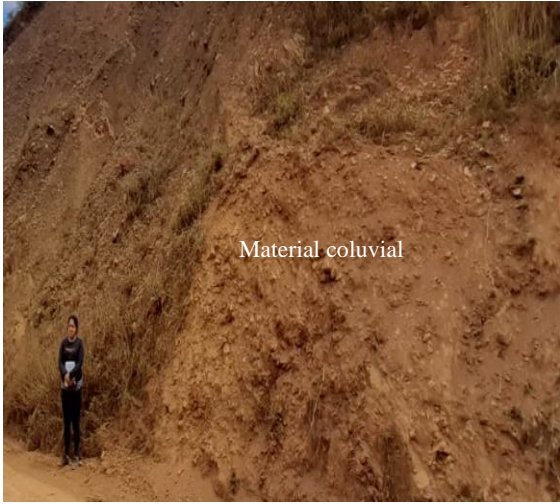


 FICHA PARA DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS						
Código:		Afloramiento			Fecha:	
AF-10		Natural	Artificial	x	30/06/2021	
Ubicación geográfica		Geometría del afloramiento		Relieve	Vegetación	
Datum: UTM WGS84 Zona 17S		Longitud	7.20 m		Llano	Exuberante x
X	639121	Altura	21 m		Bajo	Escasa
Y	9562207	Dirección	NE		Colinado	x
Z	1747				Montañoso	Nula
Perfil litológico de los afloramientos						
Potencia		N° DE CAPAS	1		Formación	Ciano
Litología	Toba andesítica en una matriz limo arenosa.					
Orientación	Az	Bz	Meteorización		Bajo	Media
	-	-			x	Alta
Descripción del afloramiento						
La litología apreciada en este sector corresponde a aglomerado volcánico con clastos angulosos de andesita, tobas andesíticas de color gris sin presencia de estratificación y compactación moderada en una matriz limo- arcillosa de coloración café claro a rojiza						
Foto						
						


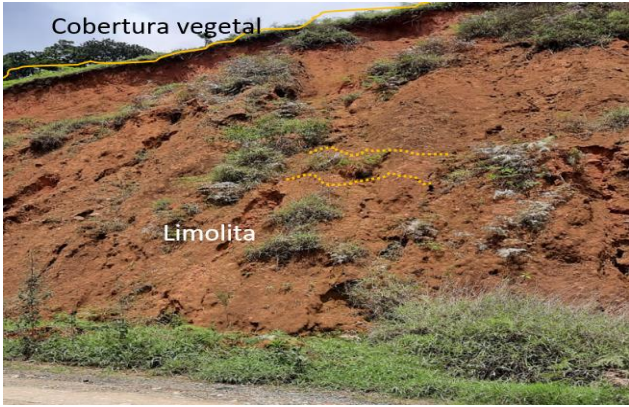


 FICHA PARA DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS						
Código:		Afloramiento			Fecha:	
AF-11		Natural		Artificial	x	30/06/2021
Ubicación geográfica		Geometría del afloramiento		Relieve	Vegetación	
Datum: UTM WGS84 Zona 17S		Longitud	7.20 m		Llano	Exuberante x
X	639121	Altura	21 m		Bajo	Escasa
Y	9562207	Dirección	NE		Colinado	x
Z	1747				Montañoso	Nula
Perfil litológico de los afloramientos						
Potencia		Nº DE CAPAS	1		Formación	Ciano
Litología	Toba andesítica en una matriz limo arenosa.					
Orientación	Az	Bz	Meteorización		Bajo	Media
	-	-				x
Descripción del afloramiento						
La litología apreciada en este sector corresponde a clastos angulosos de andesita, tobas andesíticas de color gris sin presencia de estratificación y compactación moderada en una matriz limo- arcillosa de coloración café claro a rojiza						
Foto						
						





 FICHA PARA DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS						
Código:		Afloramiento			Fecha:	
AF-12		Natural		Artificial	30/06/2021	
Ubicación geográfica		Geometría del afloramiento			Relieve	Vegetación
Datum: UTM WGS84 Zona 17S		Longitud	34 m		Llano	Exuberante
X	639121	Altura	17.5 m		Bajo	Escasa x
Y	9562207	Dirección	NE		Colinado	x
Z	1747				Montañoso	Nula
Perfil litológico de los afloramientos						
Potencia		Nº De capas	1		Formación	Ciano
Litología	Toba andesítica en una matriz limo arenosa.					
Orientación	Az	Bz	Meteorización		Bajo	Media
	-	-				x
Descripción del afloramiento						
<p>Presencia de depósito coluviales se caracteriza por estar formado por masas inestables de material suelto compuesto por gravas (cantos y bloques) cuyas formas son angulosas en una matriz limo- arcillosa de coloración café claro a rojiza.</p>						
Foto						
						




 FICHA PARA DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS						
Código:		Afloramiento			Fecha:	
AF-13		Natural		Artificial	30/06/2021	
Ubicación geográfica		Geometría del afloramiento			Relieve	Vegetación
Datum: UTM WGS84 Zona 17S		Longitud	22 m		Llano	Exuberante
X	639121	Altura	8.20 m		Bajo	Escasa
Y	9562207	Dirección	NE		Colinado	Nula
Z	1747				Montañoso	
Perfil litológico de los afloramientos						
Potencia		Nº DE CAPAS	1		Formación	Ciano
Litología	Toba andesítica en una matriz limo arenosa.					
Orientación	Az	Bz	Meteorización		Bajo	Media
	-	-			Alta	x
Descripción del afloramiento						
<p>Presencia de limolitas con meteorización alta se caracteriza por no poseer visibilidad y es incompetente al golpeo con el martillo geológico, la coloración es anaranjada a café oscuro, mineralógicamente está compuesta de arcilla, feldespatos, cuarzo, micas y óxido de hierro por su coloración.</p>						
Foto						
						




 FICHA PARA DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS							
Código:		Afloramiento			Fecha:		
AF-14		Natural	Artificial	x	30/06/2021		
Ubicación geográfica		Geometría del afloramiento		Relieve	Vegetación		
Datum: UTM WGS84 Zona 17S		Longitud	7.20 m		Llano		Exuberante x
X	639121	Altura	21 m		Bajo		Escasa
Y	9562207	Dirección	NE		Colinado	x	Nula
Z	1747				Montañoso		
Perfil litológico de los afloramientos							
Potencia		Nº De capas	1		Formación	Ciano	
Litología	Toba andesíticas en una matriz limo arenosa.						
Orientación	Az	Bz	Meteorización		Bajo	Media	Alta
	-	-				x	
Descripción del afloramiento							
<p>El presente afloramiento es un corte en la vía, el cual litológicamente está compuesto por areniscas volcánicas con clastos angulosos de andesita, tobas andesíticas de color gris sin presencia de estratificación y compactación moderada en una matriz limo- arcillosa de coloración café claro a rojiza</p>							
Foto							
							



Anexo 1.1. Ficha de descripción macroscópica de rocas

FICHA DE DESCRIPCIÓN DE ROCAS				
Responsable	María Alvarado P		Nro Ficha	1
Tipo de muestra	Afloramiento		Código	M-01
Fotografía			DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA	
			Características de los componentes	
			Color	Café a gris oscuro
			Textura	Porfídico
			Estructura	Masiva
			Tamaño de grano	<1 mm fino
			Forma de los granos	
			% Fenocristales	0%
			% Matriz	100%
Datos de Ubicación			CONTENIDO DE MINERALES	
País/Provincia/Cantón/Parroquia			Minerales principales	Feldespatos, plagioclasa
Ecuador/Loja/Paltas/Lauro Guerrero			Minerales secundarios	
Localización (Datum WGS84, Zona 17 S)			Grado de meteorización	Medio
x	y	z	Análisis de laboratorio	Si () No (x)
639897	9560766	1515	Lámina delgada	Si () No (x)
Nombre de la roca	Lavas andesíticas		Datos estructurales	S78 ⁰ E/16 ⁰ NE
Observaciones	Este tipo de roca forma afloramientos, en el que la estructura esta formada por familia de diaclasas.			

FICHA DE DESCRIPCIÓN DE ROCAS				
Responsable	María Alvarado P		Nro Ficha	2
Tipo de muestra	Afloramiento		Código	M-02
Fotografía			DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA	
			Características de los componentes	
			Color	Gris claro a oscuro
			Textura	Afanítica
			Estructura	Masiva
			Tamaño de grano	<1 mm fino
			Forma de los granos	Subhedrales
			% Fenocristales	0%
			% Matriz	80%
Datos de Ubicación			CONTENIDO DE MINERALES	
País/Provincia/Cantón/Parroquia			Minerales principales	Plagioclasa ricas en calcio
Ecuador/Loja/Paltas/Lauro Guerrero			Minerales secundarios	Piroxeno, cuarzo, olivino
Localización (Datum WGS84, Zona 17 S)			Grado de meteorización	Medio
x	y	z	Análisis de laboratorio	Si () No (x)
640346	9559195	1495	Lámina delgada	Si () No (x)
Nombre de la roca	Andesita basáltica		Datos estructurales	
Observaciones	La roca de composición máfica que conserva las característica de una andesita, se puede observar xenolitos de hasta 10cm.			



FICHA DE DESCRIPCIÓN DE ROCAS				
Responsable	María Alvarado P		Nro Ficha	3
Tipo de muestra	Afloramiento		Código	M-03
Fotografía			DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA	
			Características de los componentes	
			Color	Gris oscuro
			Textura	lepidoblástica
			Estructura	Foliada pizarrosa
			Tamaño de grano	Fino a medio
			Forma de los granos	Anhedrales
			% Fenocristales	0%
			% Matriz	100%
Datos de Ubicación			CONTENIDO DE MINERALES	
País/Provincia/Cantón/Parroquia			Minerales principales	
Ecuador/Loja/Paltas/Lauro Guerrero			Minerales secundarios	
Localización (Datum WGS84, Zona 17 S)			Grado de meteorización	medio
x	y	z	Análisis de laboratorio	Si () No (x)
639696	9561259	1576	Lámina delgada	Si () No (x)
Nombre de la roca	Filita		Datos estructurales	
Observaciones	Se encuentran dispersas entre las areniscas, limolitas y aglomerados volcánicos.			



Caracterización geológica - geotécnica de los taludes presentes a lo largo de la vía el Carmelo - Lauro Guerrero a nivel de factor de seguridad, ubicado en el cantón Paltas, provincia de Loja.

Anexo 2: Fichas de inventario de fenómenos de remoción en masa

FICHA PARA EL INVENTARIO DE DESLIZAMIENTOS																						
Proyecto				Caracterización geológica - geotécnica de los taludes presentes a lo largo de la vía el Carmelo - Lauro Guerrero a nivel de factor de seguridad, ubicado en la parroquia Lauro Guerrero del cantón Paltas, provincia de Loja.				Encuestador		Alvarado, M. (2021)												
								Fecha		20 de enero 2021												
División política			Datos estructurales			Coordenada (UTM WGS84 Zona 17S)			Código													
Provincia/ Loja Cantón / Paltas Parroquia / Lauro Guerrero			Azimut : 84.74			X Y Z			D 01													
			639583			9561610			1627													
2. DESCRIPCIÓN DE LOS FENÓMENOS DE REMOSIÓN EN MASA																						
2.1. CLASIFICACIÓN DEL MOVIMIENTO						2.1. ACTIVIDAD DEL MOVIMIENTO																
Tipo de Movimiento		HUMEDAD DEL SUELO		MATERIAL		VELOCIDAD		ESTADO		ESTILO	DISTRIBUCIÓN											
Deslizamiento rotacional		Seco x		Cantos x		Extr. Rápido (>5 m/s)		Activo x		Complejo	Retrogresivo											
Deslizamiento traslacional		Húmedo		Arena x		Rápido (>1,8 m/hr)		Activado		Compuesto	Avanzado											
Deslizamiento compuesto		Muy húmedo		Finos x		Lento (> 1,6 m/año) x		suspendido		Múltiple	Ensanchado											
		Mojado		M.O.		Ext. Lento (< 16 mm/año)		Latente		Sucesivo	Confinado x											
COBERTURA Y USO DE SUELO								Abandonado		Único	Creciente											
TIPO DE COBERTURA		Veg.Herbácea (x) Bosque/Selva ()		Matorrales ()		Cultivos () Sin cobertura ()		Estabilizado		Enjambre	Decreciente											
TIPO DE USO		Ganadería ()		Área protegida ()		Zona arqueológica () Vivienda () Minería ()		Relicto		Sencillo x	Móvil											
FACTORES CONDICIONANTES Y DETONANTES		Material Plástico Débil () Material meteorizado físicamente (x) Material meteorizado químicamente () Material fallado por corte (x) Erosión superficial (x) Material fisurado o agrietado () Meteorización por expansión/contracción () Deforestación o ausencia de vegetación (x) Viento () Lluvias () Sismo () Movimiento Tectónico () Erupción Volcánica () Modificación del Talud (x) Disposición deficiente de estériles/escombro ()																				
DAÑO		Leve	Moderado x	Severo	Destrucción total	Fotografía:																
																						
												3. MORFOMETRÍA										
												DIMENSIONES										
												Ancho de la Superficie de Ruptura (Wr)		98.08 m		Longitud Total (Lt)		66.68 m				
												Ancho de la Masa Desplazada (Wd)		98.08		Longitud Línea Central (Lcl)		73.8 m				
												Longitud de la Masa Desplazada (Ld)		62.80 m		Área (m2)		4814.74 m ²				
Longitud de la Superficie de Ruptura (Lr)		33.5		Perímetro (m)		289.72 m																

FICHA PARA EL INVENTARIO DE DESLIZAMIENTOS																						
Proyecto				Caracterización geológica - geotécnica de los taludes presentes a lo largo de la vía el Carmelo - Lauro Guerrero a nivel de factor de seguridad, ubicado en la parroquia Lauro Guerrero del cantón Paltas, provincia de Loja.				Encuestador		Alvarado, M. (2021)												
								Fecha		20 de enero 2021												
División política			Datos estructurales			Coordenada (UTM WGS84 Zona 17S)			Código													
Provincia/ Loja Cantón / Paltas Parroquia / Lauro Guerrero			Azimut :			X Y Z			D 02													
			639343			9561451			1710													
2. DESCRIPCIÓN DE LOS FENÓMENOS DE REMOSIÓN EN MASA																						
2.1. CLASIFICACIÓN DEL MOVIMIENTO						2.1. ACTIVIDAD DEL MOVIMIENTO																
Tipo de Movimiento		HUMEDAD DEL SUELO		MATERIAL		VELOCIDAD		ESTADO		ESTILO	DISTRIBUCIÓN											
Deslizamiento rotacional		Seco X		Cantos X		Extr. Rápido (>5 m/s)		Activo X		Complejo	Retrogresivo											
Deslizamiento traslacional		Húmedo		Arena X		Rápido (>1,8 m/hr)		Activado		Compuesto	Avanzado											
Deslizamiento compuesto		Muy húmedo		Finos X		Lento (> 1,6 m/año) X		Suspendido		Múltiple	Ensanchado											
		Mojado		M.O.		Ext. Lento (< 16 mm/año)		Latente		Sucesivo	Confinado X											
COBERTURA Y USO DE SUELO								Abandonado		Único	Creciente											
TIPO DE COBERTURA		Veg.Herbácea (X) Bosque/Selva ()		Matorrales ()		Cultivos () Sin cobertura ()		Estabilizado		Enjambre	Decreciente											
TIPO DE USO		Ganadería ()		Área protegida ()		Zona arqueológica () Vivienda () Minería ()		Relicto		Sencillo	Móvil											
FACTORES CONDICIONANTES Y DETONANTES		Material Plástico Débil () Material meteorizado físicamente (X) Material meteorizado químicamente () Material fallado por corte (X) Erosión superficial (X) Material fallado por corte () Material fisurado o agrietado (X) Meteorización por expansión/contracción () Deforestación o ausencia de vegetación (X) Viento () Lluvias () Sismo () Movimiento Tectónico () Erupción Volcánica Modificación del Talud () Disposición deficiente de estériles/escombro ()																				
DAÑO		Leve	Moderado	Severo X	Destrucción total	Fotografía:																
																						
												3. MORFOMETRÍA										
												DIMENSIONES										
												Ancho de la Superficie de Ruptura (Wr)				Longitud Total (Lt)		46.2				
												Ancho de la Masa Desplazada (Wd)		79.6		Longitud Línea Central (Lcl)		49.4				
												Longitud de la Masa Desplazada (Ld)		33.2		Área (m2)		2618.18 m ²				
Longitud de la Superficie de Ruptura (Lr)				Perímetro (m)																		



Caracterización geológica - geotécnica de los taludes presentes a lo largo de la vía el Carmelo _
Lauro Guerrero a nivel de factor de seguridad, ubicado en el cantón Paltas, provincia de Loja.



FICHA PARA EL INVENTARIO DE DESLIZAMIENTOS										
Proyecto	Caracterización geológico - geotécnica de los taludes presentes a lo largo de la vía el Carmelo _Lauro Guerrero a nivel de factor de seguridad, ubicado en la parroquia Lauro guerrero del cantón Paltas, provincia de Loja.					Encuestador	Alvarado, M. (2021)			
						Fecha	20 de enero 2021			
División política		Datos estructurales			Coordenada (UTM WGS84 Zona 17S)			Código		
Provincia/ Loja	Cantón / Paltas	Azimut :	X	Y	Z	D 03				
Parroquia / Lauro Guerrero			637784	9161485	1942					
2. DESCRIPCIÓN DE LOS FENÓMENOS DE REMOSIÓN EN MASA										
2.1. CLASIFICACIÓN DEL MOVIMIENTO					2.1. ACTIVIDAD DEL MOVIMIENTO					
Tipo de Movimiento	HUMEDAD DEL SUELO	MATERIAL		VELOCIDAD	ESTADO	ESTILO	DISTRIBUCIÓN			
Deslizamiento rotacional	Seco	Cantos	X	Extr. Rápido (>5 m/s)	Activo	Complejo	Retrogresivo			
Deslizamiento traslacional	Húmedo	Arena	X	Rápido (>1,8 m/hr)	Activado	Compuesto	Avanzado			
Deslizamiento compuesto	Muy húmedo	Finos	X	Lento (> 1,6 m/año)	suspendido	Múltiple	Ensanchado			
	Mojado	M.O.		Ext. Lento (< 16 mm/año)	Latente	X	Sucesivo	Confinado		
COBERTURA Y USO DE SUELO					Abandonado	Único	X	Creciente		
TIPO DE COBERTURA	Veg. Herbácea ()	Bosque/Selva ()	Matorrales ()	Cultivos ()	Sin cobertura ()	Estabilizado	Enjambre	Decreciente		
TIPO DE USO	Ganadería ()	Área protegida ()	Zona arqueológica ()	Vivienda ()	Minería ()	Relicto	Sencillo	Móvil		
FACTORES CONDICIONANTES Y DETONANTES	Material Plástico Débil () Material meteorizado físicamente () Material meteorizado químicamente () Material fallado por corte () Erosión superficial () Material fallado por corte () Material fisurado o agrietado () Meteorización por expansión/contracción () Deforestación o ausencia de vegetación () Viento () Lluvias () Sismo () Movimiento Tectónico () Erupción Volcánica Modificación del Talud () Disposición deficiente de estériles/escombro ()									
DAÑO	Leve	Moderado	X	Severo	Destrucción total		Fotografía:			
3. MORFOMETRÍA										
DIMENSIONES										
Ancho de la Superficie de Ruptura (Wr)	38	Longitud Total (Lt)			26.6					
Ancho de la Masa Desplazada (Wd)	87	Longitud Línea Central (Lcl)			23.6					
Longitud de la Masa Desplazada (Ld)	14	Área (m2)			3105,12					
Longitud de la Superficie de Ruptura (Lr)	33.5	Perímetro (m)			299.07					







Anexo 3. Fichas de caracterización geomecánica de macizos rocosos.

Anexo 3.1. Toma de datos en campo de la matriz del macizo rocoso Nro. 1.

PROYECTO:		Caracterización geológico - geotécnica de los taludes presentes a lo largo de la vía el Carmelo _ Lauro Guerrero a nivel de factor de seguridad ubicado en el cantón Paltas, provincia de Loja.						ZONA		1		HOJA/PLANO		1	
REALIZADO POR:		María Fernanda Alvarado						LOCALIZACIÓN:		x:640346 Y: 9559195		FOTO:			
FECHA		sep-21													
LITOLOGÍA	NATURALEZA:						POTENCIA:				FORMACIÓN Y EDAD:				
	Volcánica						24 m Aprox				FM. Ciano/ Unidad Chiguinda				
FORMACIONES SUPERFICIALES	NATURALEZA Y TEXTURA:						MORFOLOGÍA:				ESPESOR:				
	Lavas andesíticas						Afloramiento vertical artificial								
ESTRUCTURA	PLIEGUES:			FALLAS:			OTROS:				Fisuras				
FRAGMENTACIÓN	BLOQUES		MUY GRANDES		GRANDES		MEDIOS		PEQUEÑOS		MUY PEQUEÑOS		MUY BRECHIFICADO		
	Jv Juntas/m3		<1		1-3		3-10		10-30		>30		>60		
RESISTENCIA DE MATRIZ ROCOSA	Extremadamente blanda (Uña)		Muy blanda (Navaja)		Blandas (Punta de martillo)		Media (1 golpe martillo)		Dura (+1 golpe martillo)		Muy dura (Varios golpes)		Extremadamente dura (Solo raya con martillo)		
	0		1		2		3		4		5		6		
GRADOS DE METEORIZACIÓN	I		II		III		IV		V		VI				
	Inalterada (6)		Ligeramente alterada (5)		Moderadamente alterada (3)		Muy alterada (1)		Compl meteorizada (0)		(Suelo residual (0))				
HIDROGEOLOGÍA	Sin presencia de agua		Seco (sin señales de agua)		Húmedo		Goteos		Flujo		CAUDAL ESTIMADO:				
MUESTRAS															
														OBSERVACIONES:	
FOTO N° 1														FOTO N° 2	
															



Anexo 3.3. Toma de datos en campo de la matriz del macizo rocoso Nro. 1.

PROYECTO:		Caracterización geológico - geotécnica de los taludes presentes a lo largo de la vía el Carmelo _			ZONA	2		HOJA/PLANO	2	
REALIZADO POR:		María Fernanda Alvarado			LOCALIZACIÓN:	x:639897 Y: 9560766		FOTO:		
FECHA		sep-21								
LITOLOGÍA	NATURALEZA: Volcánica				POTENCIA:	13,25m Aprox		FORMACIÓN Y EDAD: FM. Ciano/ Unidad Chiguinda		
FORMACIONES SUPERFICIALES	NATURALEZA Y TEXTURA: Lavas andesíticas				MORFOLOGÍA:	Afloramiento vertical artificial		ESPESOR:		
ESTRUCTURA	PLIEGUES:			FALLAS:			OTROS: Familia de juntas (diaclasas)			
FRACTURACIÓN	BLOQUES Jv Juntas/m3	MUY GRANDES <1	GRANDES 1 – 3	MEDIOS 3 –10	PEQUEÑOS 10 –30	MUY PEQUEÑOS >30	MUY BRECHIFICADO >60			
RESISTENCIA DE MATRIZ ROCOSA	Extremadamente blanda (Uña) 0	Muy blanda (Navaja) 1	Blandas (Punta de martillo) 2	Media (1 golpe martillo) 3	Dura (+1 golpe martillo) 4	Muy dura (Varios golpes) 5	Extremadamente dura (Solo raya con martillo) 6			
GRADOS DE METEORIZACIÓN	I Inalterada (6)		II Ligeramente alterada (5)		III Moderadamente alterada (3)		IV Muy alterada (1)		V Compl meteorizada (0)	
HIDROGEOLOGÍA	Sin presencia de agua		Seco (sin señales de agua)		Húmedo		Goteos		Flujo	
MUESTRAS								OBSERVACIONES:		
FOTO N° 1					FOTO N° 2					
										



Anexo 4.3. Sísmica de refracción

Domocronas LS001

Para la determinación de la capacidad de soporte y el tipo de estrato encontrado mediante la sísmica de refracción, se determinó los dromocronas obtenidos mediante los perfiles sísmicos, estos resultados de los dromocronas se detallan a continuación:

N	V	Rx	Rz	Gain	Dead	t _{ms}
1	<input checked="" type="checkbox"/>	0	1619.5	0.3	<input type="checkbox"/>	1.3
2	<input checked="" type="checkbox"/>	5	1625.1	0.3	<input type="checkbox"/>	5.5
3	<input checked="" type="checkbox"/>	10	1630.7	0.4	<input type="checkbox"/>	29.3
4	<input checked="" type="checkbox"/>	15	1636.2	0.5	<input type="checkbox"/>	45.2
5	<input checked="" type="checkbox"/>	20	1641.2	0.2	<input type="checkbox"/>	60.4
6	<input checked="" type="checkbox"/>	25	1643.1	0.3	<input type="checkbox"/>	70.4
7	<input checked="" type="checkbox"/>	30	1645.6	0.2	<input type="checkbox"/>	77.2
8	<input checked="" type="checkbox"/>	35	1648.2	0.2	<input type="checkbox"/>	83.2
9	<input checked="" type="checkbox"/>	40	1650.8	0.2	<input type="checkbox"/>	88.4
10	<input checked="" type="checkbox"/>	45	1653.4	0.3	<input type="checkbox"/>	92.7
11	<input checked="" type="checkbox"/>	50	1655.9	0.2	<input type="checkbox"/>	96.9
12	<input checked="" type="checkbox"/>	55	1658.6	0.3	<input type="checkbox"/>	99.0
13	<input checked="" type="checkbox"/>	60	1661.1	0.3	<input type="checkbox"/>	100

N	V	Rx	Rz	Gain	Dead	t _{ms}
1	<input checked="" type="checkbox"/>	0	1619.5	0.08	<input type="checkbox"/>	79.1
2	<input checked="" type="checkbox"/>	5	1625.1	0.2	<input type="checkbox"/>	69.7
3	<input checked="" type="checkbox"/>	10	1630.7	0.2	<input type="checkbox"/>	56.1
4	<input checked="" type="checkbox"/>	15	1636.2	0.5	<input type="checkbox"/>	27.4
5	<input checked="" type="checkbox"/>	20	1641.2	0.2	<input type="checkbox"/>	1.4
6	<input checked="" type="checkbox"/>	25	1643.1	0.3	<input type="checkbox"/>	22.3
7	<input checked="" type="checkbox"/>	30	1645.6	0.2	<input type="checkbox"/>	38.3
8	<input checked="" type="checkbox"/>	35	1648.2	0.2	<input type="checkbox"/>	50.2
9	<input checked="" type="checkbox"/>	40	1650.8	0.2	<input type="checkbox"/>	61.5
10	<input checked="" type="checkbox"/>	45	1653.4	0.3	<input type="checkbox"/>	74.0
11	<input checked="" type="checkbox"/>	50	1655.9	0.2	<input type="checkbox"/>	81.0
12	<input checked="" type="checkbox"/>	55	1658.6	0.1	<input type="checkbox"/>	85.4
13	<input checked="" type="checkbox"/>	60	1661.1	0.2	<input type="checkbox"/>	87.7

N	V	Rx	Rz	Gain	Dead	t _{ms}
1	<input checked="" type="checkbox"/>	0	1619.5	0.08	<input type="checkbox"/>	99.3
2	<input checked="" type="checkbox"/>	5	1625.1	0.2	<input type="checkbox"/>	90.0
3	<input checked="" type="checkbox"/>	10	1630.7	0.2	<input type="checkbox"/>	77.5
4	<input checked="" type="checkbox"/>	15	1636.2	0.5	<input type="checkbox"/>	62.4
5	<input checked="" type="checkbox"/>	20	1641.2	0.2	<input type="checkbox"/>	48.5
6	<input checked="" type="checkbox"/>	25	1643.1	0.3	<input type="checkbox"/>	27.5
7	<input checked="" type="checkbox"/>	30	1645.6	0.2	<input type="checkbox"/>	2.6
8	<input checked="" type="checkbox"/>	35	1648.2	0.2	<input type="checkbox"/>	16.5
9	<input checked="" type="checkbox"/>	40	1650.8	0.2	<input type="checkbox"/>	34.2
10	<input checked="" type="checkbox"/>	45	1653.4	0.3	<input type="checkbox"/>	49.7
11	<input checked="" type="checkbox"/>	50	1655.9	0.2	<input type="checkbox"/>	64.2
12	<input checked="" type="checkbox"/>	55	1658.6	0.1	<input type="checkbox"/>	70.9
13	<input checked="" type="checkbox"/>	60	1661.1	0.2	<input type="checkbox"/>	75.0

N	V	Rx	Rz	Gain	Dead	t _{ms}
1	<input checked="" type="checkbox"/>	0	1619.5	0.08	<input type="checkbox"/>	99.7
2	<input checked="" type="checkbox"/>	5	1625.1	0.1	<input type="checkbox"/>	96.9
3	<input checked="" type="checkbox"/>	10	1630.7	0.2	<input type="checkbox"/>	92.3
4	<input checked="" type="checkbox"/>	15	1636.2	0.3	<input type="checkbox"/>	85.4
5	<input checked="" type="checkbox"/>	20	1641.2	0.2	<input type="checkbox"/>	74.5
6	<input checked="" type="checkbox"/>	25	1643.1	0.3	<input type="checkbox"/>	62.4
7	<input checked="" type="checkbox"/>	30	1645.6	0.2	<input type="checkbox"/>	51.9
8	<input checked="" type="checkbox"/>	35	1648.2	0.2	<input type="checkbox"/>	39.5
9	<input checked="" type="checkbox"/>	40	1650.8	0.2	<input type="checkbox"/>	20.6
10	<input checked="" type="checkbox"/>	45	1653.4	0.3	<input type="checkbox"/>	3.3
11	<input checked="" type="checkbox"/>	50	1655.9	0.2	<input type="checkbox"/>	24.1
12	<input checked="" type="checkbox"/>	55	1658.6	0.1	<input type="checkbox"/>	38.3
13	<input checked="" type="checkbox"/>	60	1661.1	0.2	<input type="checkbox"/>	46.2

N	V	Rx	Rz	Gain	Dead	t _{ms}
1	<input checked="" type="checkbox"/>	0	1619.5	0.03	<input type="checkbox"/>	99.7
2	<input checked="" type="checkbox"/>	5	1625.1	0.06	<input type="checkbox"/>	99.1
3	<input checked="" type="checkbox"/>	10	1630.7	0.04	<input type="checkbox"/>	97.8
4	<input checked="" type="checkbox"/>	15	1636.2	0.09	<input type="checkbox"/>	95.2
5	<input checked="" type="checkbox"/>	20	1641.2	0.2	<input type="checkbox"/>	89.9
6	<input checked="" type="checkbox"/>	25	1643.1	0.2	<input type="checkbox"/>	83.8
7	<input checked="" type="checkbox"/>	30	1645.6	0.1	<input type="checkbox"/>	77.3
8	<input checked="" type="checkbox"/>	35	1648.2	0.2	<input type="checkbox"/>	69.5
9	<input checked="" type="checkbox"/>	40	1650.8	0.2	<input type="checkbox"/>	59.8
10	<input checked="" type="checkbox"/>	45	1653.4	0.3	<input type="checkbox"/>	47.8
11	<input checked="" type="checkbox"/>	50	1655.9	0.4	<input type="checkbox"/>	34.5
12	<input checked="" type="checkbox"/>	55	1658.6	0.2	<input type="checkbox"/>	19.7
13	<input checked="" type="checkbox"/>	60	1661.1	0.2	<input type="checkbox"/>	4.0



Anexo 4.4. Capacidades de carga línea sísmica Nro. 1

LINEA SISMICA TALUD 3+700					
ESPESOR DE ESTRATO 1		ESPESOR DE:	0.00	A	4.00
Vp=					240 m/s
Vs=					153.8 m/s
Vp/Vs	ARCILLA BLANDA CON LIMO (150-300)	▼			1.56
μ =	ARCILLA BLANDA CON LIMO (150-300)	▼			0.15
δ =	ARCILLA BLANDA CON LIMO (150-300)	▼			1.246 Tn/m3
ϕ =					12 GRADOS
FACTOR REDUCCIÓN Sv. =					1.00
MÓDULO ELÁSTICO (E)=					67.79 MPa
MÓDULO RÍGIDO (G) =					28.91 MPa
MÓDULO DE BULK (B)=					32.28 MPa
PARÁMETROS MECÁNICOS DE LOS SUELOS					
N 30=					5
Qadm =					0.47 Kg/cm2

LINEA SISMICA TALUD 3+700					
ESPESOR DE ESTRATO 2		ESPESOR DE:	4.00	A	14.00
Vp=					540 m/s
Vs=					252.3 m/s
Vp/Vs	ARCILLA DURA CON GRAVA Y ARENA (500-600)	▼			2.14
μ =	ARCILLA DURA CON GRAVA Y ARENA (500-600)	▼			0.36
δ =	ARCILLA DURA CON GRAVA Y ARENA (500-600)	▼			1.415 Tn/m3
ϕ =					26 GRADOS
FACTOR REDUCCIÓN Sv. =					1.00
MÓDULO ELÁSTICO (E)=					245.00 MPa
MÓDULO RÍGIDO (G) =					88.36 MPa
MÓDULO DE BULK (B)=					291.67 MPa
PARÁMETROS MECÁNICOS DE LOS SUELOS					
N 30=					9
Qadm =					0.87 Kg/cm2

LINEA SISMICA TALUD 3+700					
ESPESOR DE ESTRATO 3		ESPESOR DE:	14.00	A	40.00
Vp=					1140 m/s
Vs=					548.1 m/s
Vp/Vs	GRAVAS ARENOSAS (900-1500)	▼			2.08
μ =	GRAVAS ARENOSAS (900-1500)	▼			0.35
δ =	GRAVAS ARENOSAS (900-1500)	▼			1.682 Tn/m3
ϕ =					42 GRADOS
FACTOR REDUCCIÓN Sv. =					1.00
MÓDULO ELÁSTICO (E)=					1364.30 MPa
MÓDULO RÍGIDO (G) =					495.70 MPa
MÓDULO DE BULK (B)=					1515.89 MPa
PARÁMETROS MECÁNICOS DE LOS SUELOS					
N 30=					23
Qadm =					2.26 Kg/cm2



Anexo 5. Clasificaciones granulométricas de las muestras de suelo.

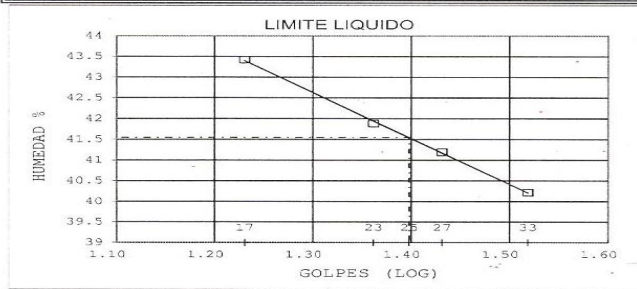
Anexo 5.1. Clasificación granulométrica Talud



ESTSUELCON CIA. LTDA.
ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN
ASTM D2487-AASHTO 3282 - 2487

PROYECTO : CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA - GEOTÉCNICA DE LOS TALUDES PRESENTES A LO LARGO DE LA VÍA EL CARMELO - LAURO GUERRERO, DEL CANTÓN PALTAS, PROVINCIA DE LOJA OBRA : ESTUDIO GEOLOGICO - GEOTECNICO UBICACIÓN : VÍA EL CARMELO - LAURO GUERRERO, CANTÓN PALTAS OPERADOR : O.V MUESTRA : Talud 2 - 0+450 Km FECHA : SEPTIEMBRE 2021 PROFUNDIDAD : 2.00 m						
	GOLPES	W HM. (gr)	W SECO (gr)	W CAPS (gr)	w %	RESULTADO%
1.- CONTENIDO HUMEDAD		91.62 89.71	75.26 74.01	26.04 18.55	33.24 28.31	30.77
2.- LIM. LIQUIDO	33 27 23 17	31.31 30.24 30.12 30.72	27.63 26.80 26.61 27.19	18.48 18.45 18.23 19.06	40.22 41.20 41.89 43.42	41.54
3.- LIMITE PLASTICO		20.74 21.40	20.40 21.07	19.46 20.16	36.17 36.26	36.22
4.- GRANULOMETRIA	5.- CLASIFICACION.-					
PESO INICIAL DE CALCULO:	568.85 gr					
TAMIZ	ESO R (gr)	% R.A.	% PASA	GRAVA=	8.42 %	
1 1/2"	0.00	0.00	100	ARENA=	51.16 %	
1"	0.00	0.00	100	FINOS=	40.42 %	
3/4"	0.00	0.00	100	LL =	42.00 %	
1/2"	3.65	0.84	99	LP =	36.00 %	
3/8"	2.07	1.31	99	IP =	6.00 %	
No. 4	30.92	8.42	92	cu	135.82	
No. 10	47.80	19.41	81	cc	0.53	
No. 40	85.71	39.12	61	CLASIFICACION:		
No. 200	89.01	59.58	40	SUCS = SM		
COLOR : NARANJA						AASHTO= A-5 IG 0
				Suelos limosos		
				Regular a Pobre		



Ing. Ovidio Castillo J.
LABORATORIO
ESTSUELCON
Ing. Ovidio Castillo



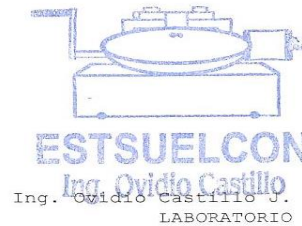
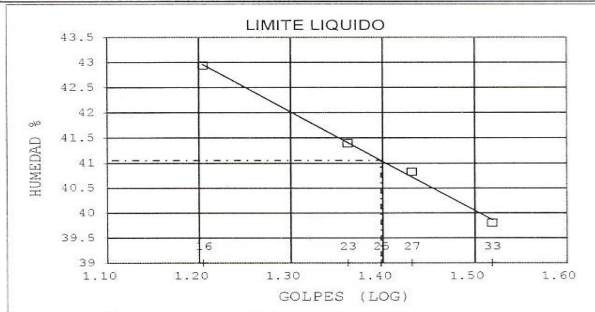
Anexo 5.2. Clasificación granulométrica Talud 02



ESTSUELCON CIA. LTDA.
ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN
ASTM D2487-AASHTO 3282 - 2487

PROYECTO : CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA - GEOTÉCNICA DE LOS TALUDES PRESENTES A LO LARGO DE LA VÍA EL CARMELO - LAURO GUERRERO, DEL CANTÓN PALTAS, PROVINICA DE LOJA OBRA : ESTUDIO GEOLOGICO - GEOTECNICO UBICACIÓN : VÍA EL CARMELO - LAURO GUERRERO, CANTÓN PALTAS OPERADOR : O.V MUESTRA : Talud 5 - 3+600 Km FECHA : AGOSTO 2021 PROFUNDIDAD : 1.00 m						
	GOLPES	W HM. (gr)	W SECO (gr)	W CAPS (gr)	w %	RESULTADO%
1.- CONTENIDO HUMEDAD		65.24 65.28	61.24 61.09	27.27 25.03	11.78 11.62	11.70
2.- LIM. LIQUIDO	33 27 23 16	31.14 32.33 32.86 40.01	27.55 28.28 28.29 36.30	18.53 18.36 17.25 27.66	39.80 40.83 41.39 42.94	41.05
3.- LIMITE PLASTICO		21.54 22.56	20.90 21.94	19.10 20.10	35.56 33.70	34.63
4.- GRANULOMETRIA	5.- CLASIFICACION.-					
PESO INICIAL DE CALCULO:		899.30 gr				
TAMIZ	ESO R (gr	% R.A.	% PASA			
1 1/2"	122.01	15.15	85			
1"	52.10	21.63	78			
3/4"	112.17	35.56	64			
1/2"	57.95	42.75	57			
3/8"	26.12	46.00	54			
No. 4	36.72	50.56	49			
No. 10	46.31	56.31	44			
No. 40	103.18	69.13	31			
No. 200	83.49	79.50	21			
COLOR : NARANJA						
		GRAVA=		50.56 %		
		ARENA=		28.94 %		
		FINOS=		20.50 %		
		LL =		41.00 %		
		LP =		35.00 %		
		IP =		6.00 %		
		cu		1786.4		
		cc		1.16		
CLASIFICACION: SUCS = GM Grava limosa con arena AASHTO= A-1-b IG 0 Fragmentos de Roca, Grava y Arena Excelente a Bueno						





Anexo 5.3. Clasificación granulométrica Talud 03



ESTSUELCON CIA. LTDA.
ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN

ASTM D2487-AASHTO 3282 - 2487

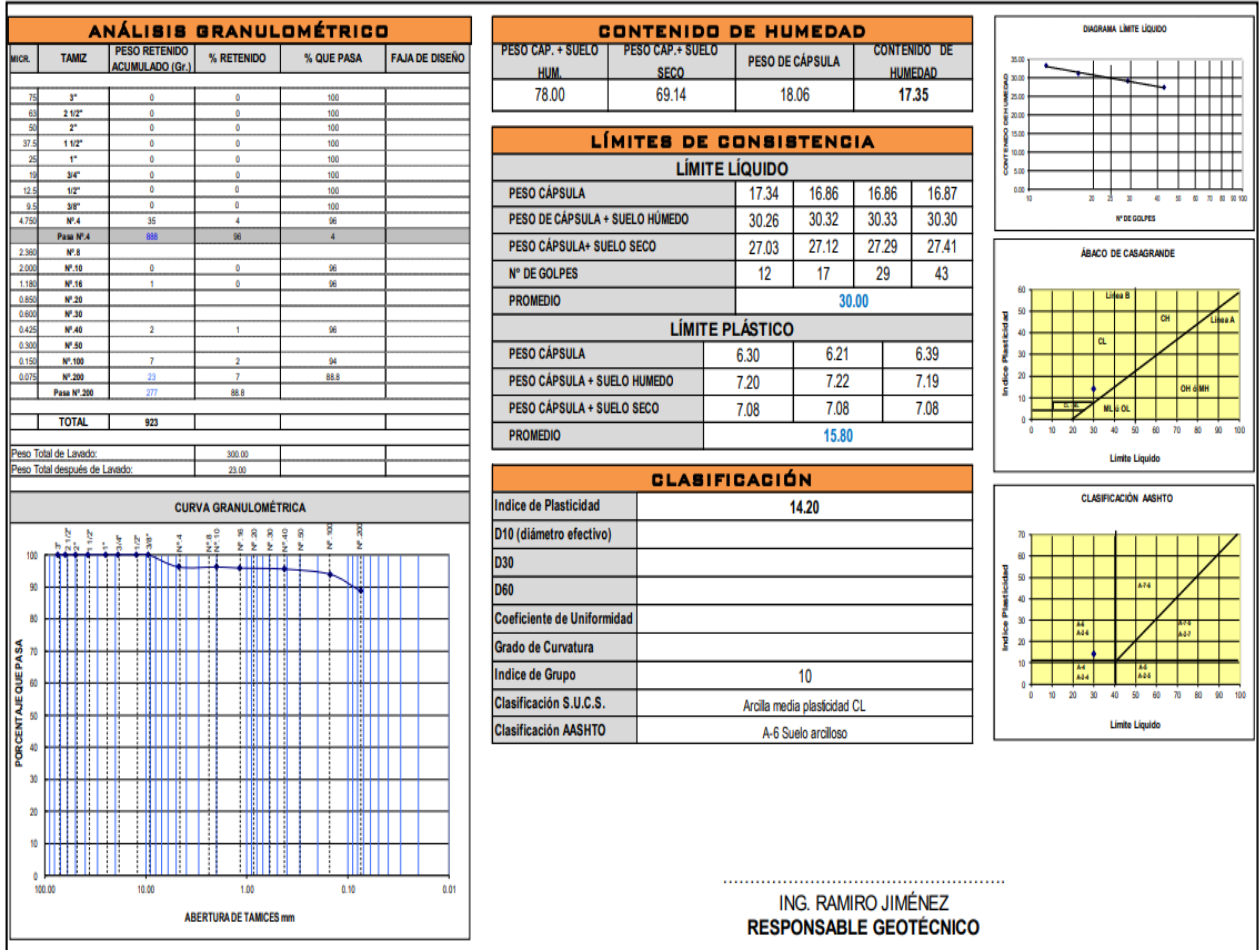
PROYECTO : CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA - GEOTÉCNICA DE LOS TALUDES PRESENTES A LO LARGO DE LA VÍA EL CARMELO - LAURO GUERRERO, DEL CANTÓN PALTAS, PROVINICA DE LOJA OBRA : ESTUDIO GEOLOGICO - GEOTECNICO UBICACIÓN : VÍA EL CARMELO - LAURO GUERRERO, CANTÓN PALTAS OPERADOR : O.V MUESTRA : Talud 5 - 4+150 Km FECHA : SEPTIEMBRE 2021 PROFUNDIDAD : 1.50 m						
	GOLPES	W HM. (gr)	W SECO (gr)	W CAPS (gr)	w %	RESULTADO%
1.- CONTENIDO HUMEDAD		95.46 91.00	81.07 77.43	19.02 18.78	23.19 23.14	23.16
2.- LIM. LIQUIDO						
LA MUESTRA NO ES PLÁSTICA						
3.- LIMITE PLASTICO						
LA MUESTRA NO ES PLÁSTICA						
4.- GRANULOMETRIA				5.- CLASIFICACION.-		
PESO INICIAL DE CALCULO:		618 gr		GRAVA=	24.32 %	
TAMIZ	ESO R (gr % R.A.	% PASA		ARENA=	43.46 %	
1 1/2"	36	7.23	93	FINOS=	32.22 %	
1"	15	10.16	90	LL =	0.00 %	
3/4"	25	15.06	85	LP =	0.00 %	
1/2"	16	18.15	82	IP =	0.00 %	
3/8"	10	20.12	80	cu	210.21	
No. 4	21	24.32	76	cc	1.01	
No. 10	32	30.73	69	CLASIFICACION:		
No. 40	90	48.72	51	SUCS = SM		
No. 200	96	67.78	32	Arena limosa con grava		
COLOR : CAFÉ			AASHTO= A-2-4 IG 0			
				Grava o Arena limosa o arcillosa		
				Excelente a Bueno		

Ing. Ovidio Castillo J.
LABORATORIO
ESTSUELCON
Ing. Ovidio Castillo



Anexo 5.4. Clasificación granulométrica Talud 04

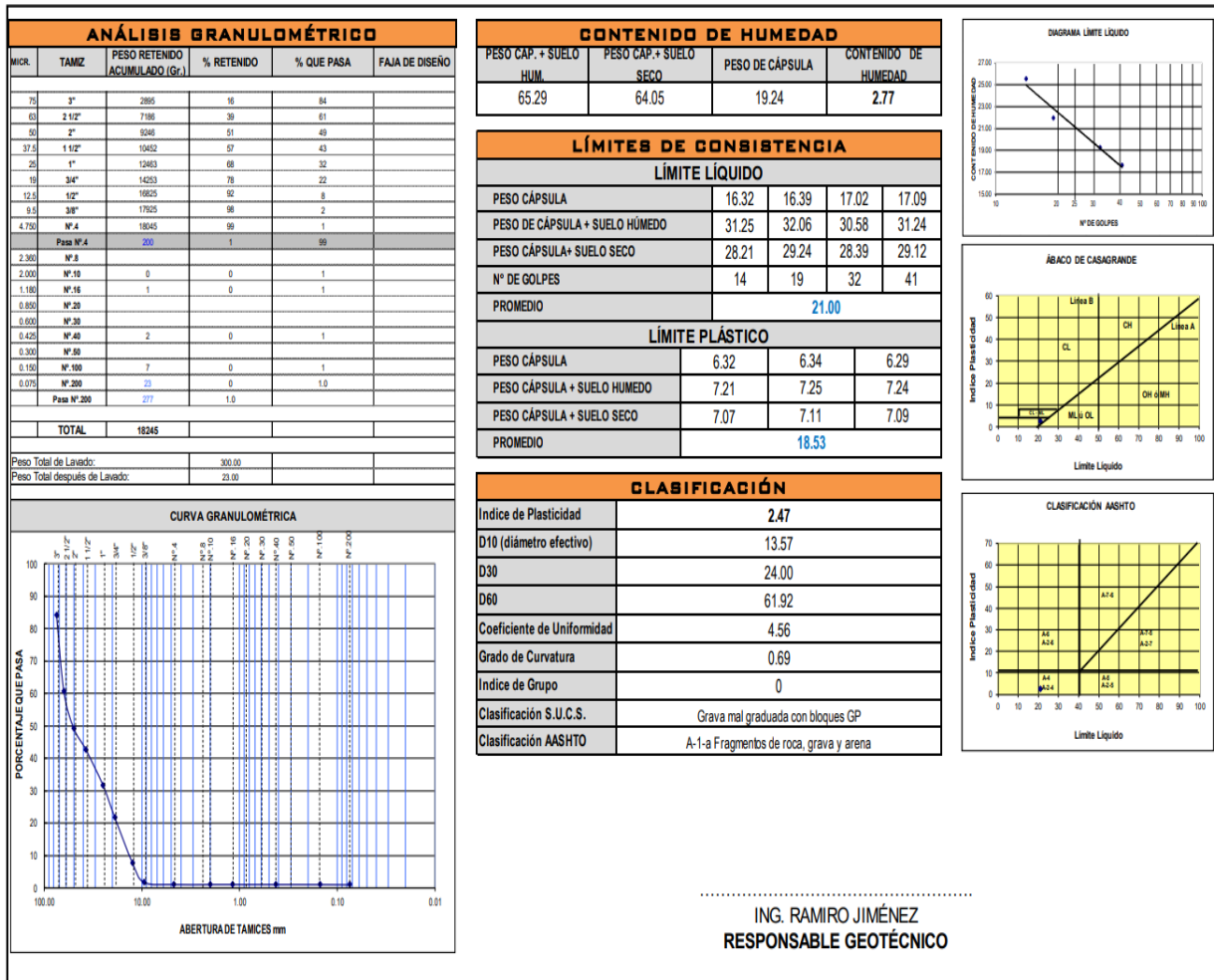
Muestra (TS04-D02a)





Caracterización geológica - geotécnica de los taludes presentes a lo largo de la vía el Carmelo - Lauro Guerrero a nivel de factor de seguridad, ubicado en el cantón Paltas, provincia de Loja.

Muestra (TS04-D02b)



ING. RAMIRO JIMÉNEZ
RESPONSABLE GEOTÉCNICO



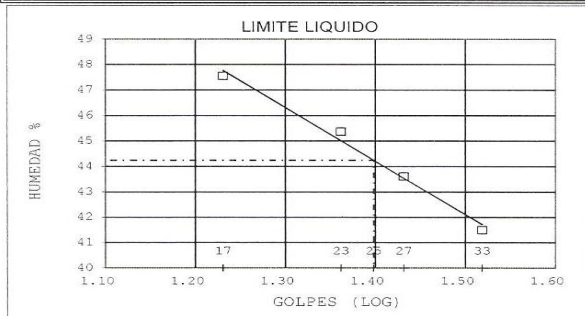
Anexo 5.5. Clasificación granulométrica Talud 05



ESTSUELCON CIA. LTDA.
ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN
ASTM D2487-AASHTO 3282 - 2487

PROYECTO	: CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA - GEOTÉCNICA DE LOS TALUDES PRESENTES A LO LARGO DE LA VÍA EL CARMELO - LAURO GUERRERO, DEL CANTÓN PALTAS, PROVINCIA DE LOJA				
OBRA	: ESTUDIO GEOLOGICCO - GEOTECNICO				
UBICACIÓN	: VÍA EL CARMELO - LAURO GUERRERO, CANTÓN PALTAS				
OPERADOR	: O.V	MUESTRA	: Deslizamiento 2		
FECHA	: AGOSTO 2021	PROFUNDIDAD	: 1.00 m		
	GOLPES	W HM.(gr)	W SECO (gr)	W CAPS (gr)	w % RESULTADO%
1.- CONTENIDO HUMEDAD		76.12	63.42	18.64	28.36
		81.20	69.20	27.04	28.46
2.- LIM. LIQUIDO	33	39.46	35.80	26.98	41.50
	27	31.46	27.19	17.40	43.62
	23	29.25	25.91	18.55	45.38
	17	37.28	33.49	25.52	47.55
3.- LIMITE PLASTICO		22.68	22.10	20.07	28.57
		20.83	20.27	18.27	28.00
4.- GRANULOMETRIA	5.- CLASIFICACION.-				
PESO INICIAL DE CALCULO:	269.86 gr				
TAMIZ	ESO R (gr	% R.A.	% PASA		
1 1/2"	0.00	0.00	100		
1"	0.00	0.00	100		
3/4"	0.00	0.00	100		
1/2"	0.00	0.00	100		
3/8"	0.00	0.00	100		
No. 4	0.32	0.15	100		
No. 10	1.71	0.97	99		
No. 40	19.79	10.38	90		
No. 200	24.43	22.01	78		
COLOR	: NARANJA				
			GRAVA=	0.15 %	
			ARENA=	21.86 %	
			FINOS=	77.99 %	
			LL =	44.00 %	
			LP =	28.00 %	
			IP =	16.00 %	
			cu	15.93	
			cc	0.57	
			CLASIFICACION:		
			SUCS = ML		
			Limo con arena		
			AASHTO=	A-7-6	IG 4
			Suelos arcillosos		
			Regular a Pobre		





Anexo 5.6. Clasificación granulométrica Talud 06



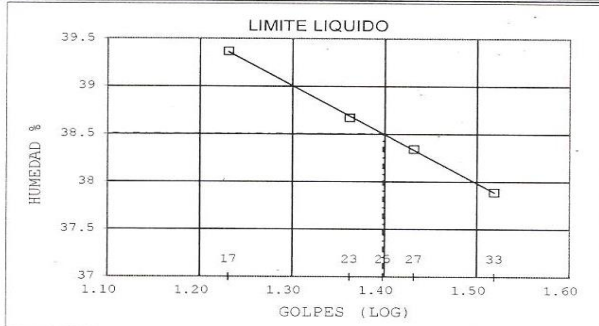
ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN

ASTM D2487-AASHTO 3282 - 2487

PROYECTO : CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA - GEOTÉCNICA DE LOS TALUDES PRESENTES A LO LARGO DE LA VÍA EL CARMELO - LAURO GUERRERO, DEL CANTÓN PALTAS, PROVINCIA DE LOJA OBRA : ESTUDIO GEOLOGICO - GEOTECNICO UBICACIÓN : VÍA EL CARMELO - LAURO GUERRERO, CANTÓN PALTAS OPERADOR : O.V MUESTRA : Talud 9 - 6+230 Km FECHA : SEPTIEMBRE 2021 PROFUNDIDAD : 2.00 m						
	GOLPES	W HM. (gr)	W SECO (gr)	W CAPS (gr)	w %	RESULTADO%
1.- CONTENIDO HUMEDAD		85.59 87.60	75.64 77.78	18.52 18.19	17.42 16.48	16.95
2.- LIM. LIQUIDO	33 27 23 17	30.58 33.80 31.55 32.36	27.31 29.72 27.59 28.51	18.68 19.08 17.35 18.73	37.89 38.35 38.67 39.37	38.51
3.- LIMITE PLASTICO		21.70 21.19	21.22 20.58	19.65 18.84	30.57 35.06	32.82
4.- GRANULOMETRIA	5.- CLASIFICACION.-					
PESO INICIAL DE CALCULO:	315.32 gr					
TAMIZ	ESO R (gr	% R.A.	% PASA			
1 1/2"	0.00	0.00	100			
1"	0.00	0.00	100			
3/4"	7.57	2.81	97			
1/2"	2.09	3.58	96			
3/8"	0.00	3.58	96			
No. 4	4.20	5.14	95			
No. 10	11.17	9.28	91			
No. 40	34.81	22.19	78			
No. 200	65.04	46.32	54			
COLOR	: CAFÉ					
	GRAVA=	5.14 %				
	ARENA=	41.18 %				
	FINOS=	53.68 %				
	LL =	39.00 %				
	LP =	33.00 %				
	IP =	6.00 %				
	cu	48.72				
	cc	0.51				
	CLASIFICACION:					
	SUCS = ML					
	Limo arenoso					
	AASHTO= A-4 IG 0					
	Suelos limosos					
	Regular a Pobre					





Anexo 5.7. Clasificación granulométrica Talud 07

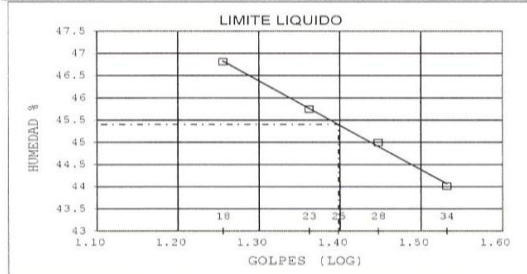


ESTSUELCON C.A. LTDA.
ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN

ASTM D2487-AASHTO 3282 - 2487

PROYECTO : CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA - GEOTÉCNICA DE LOS TALUDES PRESENTES A LO LARGO DE LA VÍA EL CARMELO - LAURO GUERRERO, DEL CANTÓN PALTAS, PROVINICA DE LOJA OBRA : ESTUDIO GEOLOGICO - GEOTECNICO UBICACIÓN : VÍA EL CARMELO - LAURO GUERRERO, CANTÓN PALTAS OPERADOR : O.V MUESTRA : Talud 8 - 7+500 Km FECHA : AGOSTO 2021 PROFUNDIDAD : 1.00 m						
	GOLPES	W HM.(gr)	W SECO (gr)	W CAPS (gr)	w %	RESULTADO%
1.- CONTENIDO HUMEDAD		82.39 61.73	66.75 50.63	17.91 18.07	32.02 34.09	33.06
2.- LIM. LIQUIDO	34 28 23 18	32.37 32.82 24.35 28.42	28.62 28.68 20.96 25.41	20.10 19.48 13.55 18.98	44.01 45.00 45.75 46.81	45.40
3.- LIMITE PLASTICO		20.05 29.29	19.64 28.95	18.35 27.93	31.78 33.33	32.56
4.- GRANULOMETRIA	5.- CLASIFICACION.-					
PESO INICIAL DE CALCULO:		244.85 gr		GRAVA= 70.14 %		
TAMIZ		ESO R (gr. % R.A. % PASA		ARENA= 25.00 %		
1 1/2"	0.00	0.00	100	FINOS= 4.86 %		
1"	0.00	0.00	100	LL = 45.00 %		
3/4"	38.24	20.78	79	LP = 33.00 %		
1/2"	46.35	45.97	54	IP = 12.00 %		
3/8"	16.63	55.01	45	cu 40.44		
No. 4	27.85	70.14	30	cc 4.85		
No. 10	18.04	79.94	20	CLASIFICACION:		
No. 40	17.00	89.18	11	SUCS = GP		
No. 200	10.97	95.14	5	Grava mal graduada con arena		
COLOR : NARANJA			AASHTO= A-2-7 IG 0			
				Grava o Arena limosa o arcillosa		
				Excelente a Bueno		





Anexo 6. Ensayos de corte directo de las muestras de suelo.

Anexo 6.1: Ensayo corte directo muestra deslizamiento Talud- 05 (D-02)



ESTSUELCON CIA. LTDA.
ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

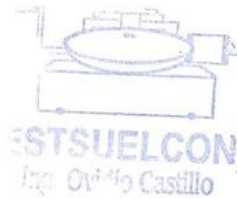
ENSAYO DE CORTE DIRECTO

Proyecto: CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA - GEOTÉCNICA DE LOS TALUDES PRESENTES A LO LARGO DE LA VÍA EL CARMELO - LAURO GUERRERO, DEL CANTÓN PALTAS, PROVINCIA DE LOJA			
Localización: Vía el Carmelo - Lauro Guerrero		Muestra: TALUD 5 - 3+600	
Descripción del suelo: Grava limosa con arena			
Humedad: 11.70	Carga: 15.3	Kg	
Ensayo: 1		Constante de anillo Kg: 1.9048	Esfuerzo normal aplicado: 0.51 kg/cm2
Profundidad: Superficial m			

Datos del Ensayo

Peso anillo (gr): 42.88	Altura muestra inicial (cm): 2	Humedad		
Peso anillo + muestra (gr): 124.28	Altura muestra final (cm): 2.006	Wcap	Wcap+SH	Wcap+SS
Peso muestra inicial (gr): 81.4	Diámetro (cm): 6.18	22.62	127.43	92.25
Peso muestra final (gr): 54.08	Densidad(g/cm3): 1.36	W%		
				50.52

Consolidación		Tiempo min.	Lect. Anillo Carga	Lect. Deform. Horizontal x 0,01 mm	Lect. Deform. Vertical 0,01 mm	Deform. Unitaria		Deformación (%)		Carga aplicada Kg.	Cortante Kg/cm2
Tiempo	Deformación					Horiz.	Vertic.	Horiz.	Vertic.		
0.0"	-	0.06	1.2	0	-0.20	0.0000	0.000	0.00	-0.01	0.642	0.021
4"	-	0.12	1.7	10	-0.20	0.0016	0.000	0.16	-0.01	0.910	0.030
15"	-	0.24	2.4	20	-0.20	0.0032	0.000	0.32	-0.01	1.284	0.043
34"	-	0.36	3.2	40	-0.20	0.0065	0.000	0.65	-0.01	1.713	0.057
1 min.	-	0.45	4.0	60	-0.20	0.0097	0.000	0.97	-0.01	2.141	0.071
2 min. 1/4"	-	1.00	4.8	100	-0.20	0.0162	0.000	1.62	-0.01	2.569	0.086
4 min.	-	1.30	5.7	150	0.90	0.0243	0.000	2.43	0.05	3.050	0.102
6 min. 1/4"	-	1.45	6.8	175	2.00	0.0283	0.001	2.83	0.10	3.839	0.121
9"	-	2.00	7.8	200	3.50	0.0324	0.002	3.24	0.18	4.174	0.139
12 min. 1/4"	-	2.30	7.9	300	5.00	0.0485	0.003	4.85	0.25	4.228	0.141
16 min.	-	3.00	8.4	350	6.00	0.0566	0.003	5.66	0.30	4.495	0.150
20 min. 1/4"	-	3.30	8.9	400	7.70	0.0647	0.004	6.47	0.39	4.763	0.159
25 min.	-	4.00	9.2	450	9.00	0.0728	0.005	7.28	0.45	4.923	0.164
38 min.	-	4.30	9.4	500	9.20	0.0809	0.005	8.09	0.46	5.030	0.168
49 min.	-	5.00	9.8	550	10.00	0.0890	0.005	8.90	0.50	5.245	0.175
60 min.	-	5.30	10.2	600	10.00	0.0971	0.005	9.71	0.50	5.459	0.182
80 min.	-	6.00	10.5	650	10.00	0.1052	0.005	10.52	0.50	5.619	0.187
100 min.	-	6.30	10.8	700	10.00	0.1133	0.005	11.33	0.50	5.780	0.193
120 min.	-	7.00	11.0	750	10.20	0.1214	0.005	12.14	0.51	5.887	0.196
180 min.	-	7.30	11.3	800	10.40	0.1294	0.005	12.94	0.52	6.047	0.202
240 min.	-	8.00	11.4	850	10.80	0.1375	0.005	13.75	0.54	6.101	0.203
300 min.	-	8.30	11.8	900	11.00	0.1456	0.006	14.56	0.55	6.315	0.210
360 min.	-	9.00	11.5	950	11.10	0.1537	0.006	15.37	0.56	6.154	0.205
420 min.	-	9.30	11.5	1000	11.20	0.1618	0.006	16.18	0.56	6.154	0.205
480 min.	-	10.00	11.6	1050	11.30	0.1699	0.006	16.99	0.57	6.208	0.207
540 min.	-	10.30	11.9	1100	11.50	0.1780	0.006	17.80	0.58	6.368	0.212
600 min.	-	11.00	11.9	1150	11.50	0.1861	0.006	18.61	0.58	6.368	0.212
660 min.	-	11.30	11.9	1200	11.10	0.1942	0.006	19.42	0.56	6.368	0.212
720 min.	-	12.00	11.8	1250	11.00	0.2023	0.006	20.23	0.55	6.315	0.210
		12.30	11.8	1300	11.00	0.2104	0.006	21.04	0.55	6.315	0.210





Caracterización geológica - geotécnica de los taludes presentes a lo largo de la vía el Carmelo - Lauro Guerrero a nivel de factor de seguridad, ubicado en el cantón Paltas, provincia de Loja.



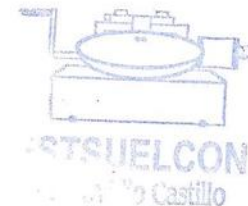
ESTSUELCON CIA. LTDA.
ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

ENSAYO DE CORTE DIRECTO

Proyecto:	CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA - GEOTÉCNICA DE LOS TALUDES PRESENTES A LO LARGO DE LA VÍA EL CARMELO - LAURO GUERRERO, DEL CANTÓN PALTAS, PROVINICA DE LOJA			
Localización	Vía el Carmelo - Lauro Guerrero	Muestra:	TALUD 5 - 3+600	
Descripción del suelo:	Grava limosa con arena			
Humedad:	11.7	Carga:	30.06 Kg	
Ensayo:	2	Profundidad:	0.5 m	
	Constante de anillo Kg:	1.9048	Esfuerzo normal aplicado:	1.02 kg/cm2

Datos del Ensayo						
Peso anillo (gr):	41.72	Altura muestra inicial (cm):	2	Humedad		
Peso anillo + muestra (gr):	121.94	Altura muestra final (cm):	1.994	Wcap	Wcap+SH	Wcap+SS
Peso muestra inicial (gr):	80.22	Diámetro (cm):	6.18	22.53	125.19	94.16
Peso muestra final (gr):	55.97	Densidad(g/cm3):	1.34	W%	43.32	
		Área (cm2):	30			

Consolidación		Tiempo min.	Lect. Anillo Carga	Lect. Deform. Horizontal x 0,01 mm	Lect. Deform. Vertical 0,01 mm	Deform. Unitaria		Deformación (%)		Carga aplicada Kg.	Cortante Kg/cm2
Tiempo	Deformación					Horiz.	Vertic.	Horiz.	Vertic.		
0,0"	-	0.06	2.0	0	0.00	0.0000	0.000	0.00	0.00	1.070	0.036
4"	-	0.12	3.2	10	0.50	0.0016	0.000	0.16	0.03	1.713	0.057
15"	-	0.24	4.6	20	-1.30	0.0032	-0.001	0.32	-0.07	2.462	0.082
34"	-	0.36	6.1	40	-2.30	0.0065	-0.001	0.65	-0.12	3.264	0.109
1 min.	-	0.45	7.0	60	-3.60	0.0097	-0.002	0.97	-0.18	3.746	0.125
2 min. 1/4"	-	1.00	8.6	100	-5.00	0.0162	-0.003	1.62	-0.25	4.602	0.153
4 min.	-	1.30	11.5	150	-7.20	0.0243	-0.004	2.43	-0.36	6.154	0.205
6 min. 1/4"	-	1.45	14.1	175	-9.20	0.0283	-0.005	2.83	-0.46	7.546	0.252
9"	-	2.00	16.2	200	-10.00	0.0324	-0.005	3.24	-0.50	8.670	0.289
12 min. 1/4"	-	2.30	18.0	300	-10.10	0.0485	-0.005	4.85	-0.51	9.633	0.321
16 min.	-	3.00	19.1	350	-10.50	0.0566	-0.005	5.66	-0.53	10.222	0.341
20 min. 1/4"	-	3.30	20.4	400	-11.50	0.0647	-0.006	6.47	-0.58	10.917	0.364
25 min.	-	4.00	21.6	450	-11.50	0.0728	-0.006	7.28	-0.58	11.559	0.385
36 min.	-	4.30	22.5	500	-11.70	0.0809	-0.006	8.09	-0.59	12.041	0.401
49 min.	-	5.00	23.4	550	-11.70	0.0890	-0.006	8.90	-0.59	12.523	0.417
60 min.	-	5.30	24.6	600	-11.20	0.0971	-0.006	9.71	-0.56	13.165	0.439
80 min.	-	6.00	25.5	650	-11.00	0.1052	-0.006	10.52	-0.55	13.647	0.455
100 min.	-	6.30	26.2	700	-11.00	0.1133	-0.006	11.33	-0.55	14.021	0.467
120 min.	-	7.00	26.5	750	-11.00	0.1214	-0.006	12.14	-0.55	14.182	0.473
180 min.	-	7.30	26.8	800	-11.00	0.1294	-0.006	12.94	-0.55	14.342	0.478
240 min.	-	8.00	27.0	850	-11.00	0.1375	-0.006	13.75	-0.55	14.449	0.482
300 min.	-	8.30	27.0	900	-10.50	0.1456	-0.005	14.56	-0.53	14.449	0.482
360 min.	-	9.00	27.0	950	-10.50	0.1537	-0.005	15.37	-0.53	14.449	0.482
420 min.	-	9.30	27.0	1000	-10.70	0.1618	-0.005	16.18	-0.54	14.449	0.482
480 min.	-	10.00	27.0	1050	-10.70	0.1699	-0.005	16.99	-0.54	14.449	0.482
540 min.	-	10.30	27.0	1100	-10.70	0.1780	-0.005	17.80	-0.54	14.449	0.482
600 min.	-	11.00	26.0	1150	-10.70	0.1861	-0.005	18.61	-0.54	13.914	0.464
660 min.	-	11.30	26.9	1200	-10.00	0.1942	-0.005	19.42	-0.50	14.396	0.480
720 min.	-	12.00	26.8	1250	-11.00	0.2023	-0.006	20.23	-0.55	14.342	0.478
		12.30	26.8	1300	-12.00	0.2104	-0.006	21.04	-0.60	14.342	0.478





Caracterización geológica - geotécnica de los taludes presentes a lo largo de la vía el Carmelo - Lauro Guerrero a nivel de factor de seguridad, del cantón Paltas, provincia de Loja.



ESTSUELCON CIA. LTDA.
ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

ENSAYO DE CORTE DIRECTO

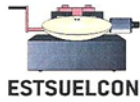
Proyecto: CARACTERIZACIÓN GEOLOGICA - GEOTÉCNICA DE LOS TALUDES PRESENTES A LO LARGO DE LA VIA EL CARMELO - LAURO GUERRERO, DEL CANTÓN PALTAS, PROVINICA DE LOJA			
Localización: Vía el Carmelo - Lauro Guerrero		Muestra: TALUD 5 - 3+800	
Descripción del suelo: Grava limosa con arena			
Humedad: 11.7	Carga: 61.2 Kg	Profundidad: 0.5 m	
Ensayo: 3	Constante de anillo Kg: 1.9048	Esfuerzo normal aplicado: 2.04 kg/cm2	

Datos del Ensayo

Peso anillo (gr): 42.45	Altura muestra inicial (cm): 2	Humedad	
Peso anillo + muestra (gr): 125.04	Altura muestra final (cm): 1.994	Wcap	Wcap+SH
Peso muestra inicial (gr): 82.59	Díametro (cm): 6.18	22.59	127.46
Peso muestra final (gr): 57.93	Densidad(g/cm3): 1.38	W%	96.15
			42.58

Consolidación		Tiempo min.	Lect. Anillo Carga	Lect. Deform. Horizontal x 0,01 mm	Lect. Deform. Vertical 0,01 mm	Deform. Unitaria		Deformación (%)		Carga aplicada Kg.	Cortante Kg/cm2
Tiempo	Deformación					Horiz.	Vertic.	Horiz.	Vertic.		
0.0"	-	0.06	2.0	0	0.5	0.0000	0.000	0.00	0.03	1.019	0.034
4"	-	0.12	4.2	10	0.7	0.0016	0.000	0.16	0.04	2.141	0.071
15"	-	0.24	7.0	20	-2.1	0.0032	-0.001	0.32	-0.11	3.568	0.119
34"	-	0.36	9.2	40	-4.1	0.0065	-0.002	0.65	-0.21	4.689	0.156
1 min.	-	0.45	11.0	60	-5.3	0.0097	-0.003	0.97	-0.27	5.607	0.187
2 min. 1/4"	-	1.00	13.5	100	-7.7	0.0162	-0.004	1.62	-0.39	6.881	0.229
4 min.	-	1.30	18.8	150	-12.0	0.0243	-0.006	2.43	-0.60	9.582	0.319
6 min. 1/4"	-	1.45	23.4	175	-15.0	0.0283	-0.008	2.83	-0.75	11.927	0.398
9"	-	2.00	27.2	200	-19.0	0.0324	-0.010	3.24	-0.95	13.863	0.462
12 min. 1/4"	-	2.30	30.3	300	-21.2	0.0485	-0.011	4.85	-1.06	15.443	0.515
16 min.	-	3.00	33.0	350	-23.1	0.0566	-0.012	5.66	-1.18	16.820	0.561
20 min. 1/4"	-	3.30	35.0	400	-24.0	0.0647	-0.012	6.47	-1.20	17.839	0.595
25 min.	-	4.00	36.0	450	-24.8	0.0728	-0.012	7.28	-1.24	18.349	0.612
36 min.	-	4.30	37.5	500	-25.1	0.0809	-0.013	8.09	-1.26	19.113	0.637
49 min.	-	5.00	38.4	550	-26.0	0.0890	-0.013	8.90	-1.30	19.572	0.652
60 min.	-	5.30	40.5	600	-27.0	0.0971	-0.014	9.71	-1.35	20.693	0.690
80 min.	-	6.00	42.5	650	-27.8	0.1052	-0.014	10.52	-1.39	21.662	0.722
100 min.	-	6.30	44.2	700	-28.5	0.1133	-0.014	11.33	-1.43	22.528	0.751
120 min.	-	7.00	46.3	750	-29.5	0.1214	-0.015	12.14	-1.48	23.598	0.787
180 min.	-	7.30	48.2	800	-30.5	0.1294	-0.015	12.94	-1.53	24.557	0.819
240 min.	-	8.00	49.7	850	-31.8	0.1375	-0.016	13.75	-1.59	25.331	0.844
300 min.	-	8.30	50.5	900	-32.7	0.1456	-0.016	14.56	-1.64	25.739	0.858
360 min.	-	9.00	51.1	950	-33.1	0.1537	-0.017	15.37	-1.66	26.045	0.868
420 min.	-	9.30	51.5	1000	-34.0	0.1618	-0.017	16.18	-1.70	26.249	0.875
480 min.	-	10.00	51.7	1050	-34.5	0.1699	-0.017	16.99	-1.73	26.351	0.878
540 min.	-	10.30	51.7	1100	-35.2	0.1780	-0.018	17.80	-1.76	26.351	0.878
600 min.	-	11.00	51.7	1150	-36.2	0.1861	-0.018	18.61	-1.81	26.351	0.878
660 min.	-	11.30	51.5	1250	-37.0	0.2023	-0.019	20.23	-1.85	26.249	0.875
720 min.	-	12.00	51.3	1350	-38.0	0.2184	-0.019	21.84	-1.90	26.147	0.872
		12.30	50.8	1450	-39.5	0.2346	-0.020	23.46	-1.98	25.892	0.863



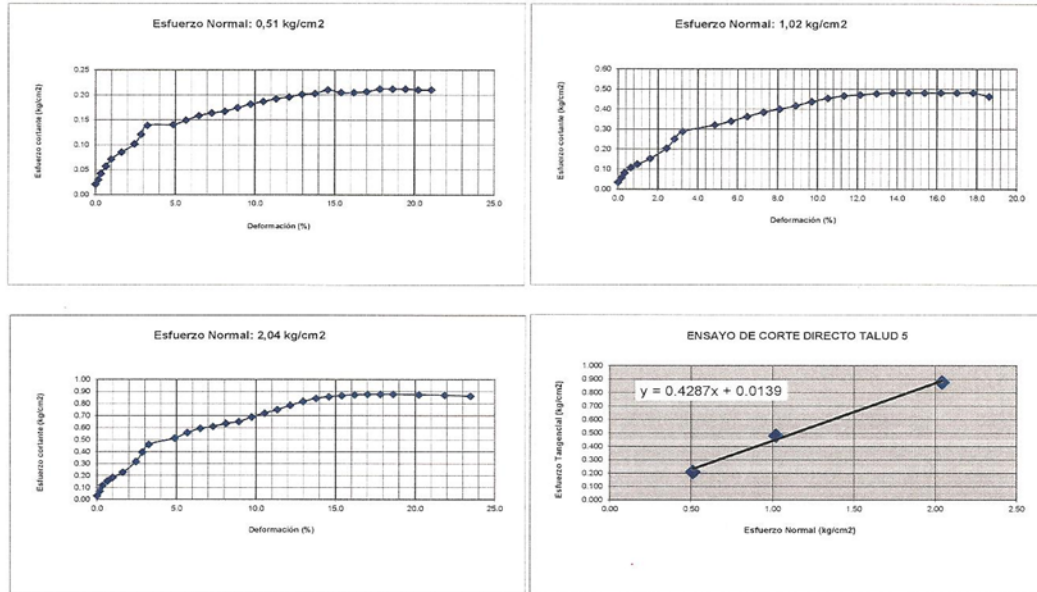


ESTSUELCON CIA. LTDA.
ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

ENSAYO DE CORTE DIRECTO

Proyecto:	CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA - GEOTÉCNICA DE LOS TALUDES PRESENTES A LO LARGO DE LA VÍA EL CARMELO - LAURO GUERRERO, DEL CANTÓN PALTAS, PROVINCIA DE LOJA		
Localización:	Vía el Carmelo - Lauro Guerrero	Muestra:	TALUD 5 - 3+600

RESULTADOS



RESULTADOS	Esfuerzos (kg/cm2)		
	X	Y	Y calculado
Ensayo No	Normal	Cortante	Tangencial*
1	0.51	0.212	0.2325
2	1.02	0.482	0.4512
3	2.04	0.878	0.8884
Angulo de Friccion (grados)	25	Cohesión (kg/cm2)	0.014

* Valores deducidos de ecuación de gráfico (regresión lineal)





Anexo 6.1. Ensayo corte directo muestra deslizamiento Talud 07 (D-03)



ESTSUELCON CIA. LTDA.
ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

ENSAYO DE CORTE DIRECTO

Proyecto:	CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA - GEOTÉCNICA DE LOS TALUDES PRESENTES A LO LARGO DE LA VÍA EL CARMELO - LAURO GUERRERO, DEL CANTÓN PALTAS, PROVINCIA DE LOJA		
Localización	Vía el Carmelo - Lauro Guerrero	Muestra:	Deslizamiento 2
Descripción del suelo:	Grava limosa con arena		
Humedad:	11.70	Carga:	15.3 Kg
Ensayo:	1	Profundidad:	Superficial
	Constante de anillo Kg:	1.9048	Esfuerzo normal aplicado:
			0.51 kg/cm2

Datos del Ensayo

Peso anillo (gr):	42.9	Altura muestra inicial (cm):	2	Humedad		
Peso anillo + muestra (gr):	141.33	Altura muestra final (cm):	2.004	Wcap	Wcap+SH	Wcap+SS
Peso muestra inicial (gr):	98.43	Diámetro (cm):	6.18	32.91	140.77	108.96
Peso muestra final (gr):	69.40	Densidad(g/cm3):	1.64	W%		41.83

Consolidación		Tiempo min.	Lect. Anillo Carga	Lect. Deform. Horizontal x 0,01 mm	Lect. Deform. Vertical 0,01 mm	Deform. Unitaria		Deformación (%)		Carga aplicada Kg.	Cortante Kg/cm2
Tiempo	Deformación					Horiz.	Vertic.	Horiz.	Vertic.		
0,0"	-	0.06	1.5	0	-0.50	0.0000	0.000	0.00	-0.03	0.803	0.027
4"	-	0.12	2.0	10	-0.50	0.0016	0.000	0.16	-0.03	1.070	0.036
15"	-	0.24	2.7	20	-0.50	0.0032	0.000	0.32	-0.03	1.445	0.048
34"	-	0.36	3.5	40	-0.50	0.0065	0.000	0.65	-0.03	1.873	0.062
1 min.	-	0.45	3.7	60	-0.40	0.0097	0.000	0.97	-0.02	1.980	0.086
2 min. 1/4"	-	1.00	4.6	100	-0.40	0.0162	0.000	1.62	-0.02	2.462	0.082
4 min.	-	1.30	5.2	150	-0.40	0.0243	0.000	2.43	-0.02	2.783	0.093
6 min. 1/4"	-	1.45	5.7	175	0.00	0.0283	0.000	2.83	0.00	3.050	0.102
9"	-	2.00	5.9	200	0.00	0.0324	0.000	3.24	0.00	3.157	0.105
12 min. 1/4"	-	2.30	6.2	300	0.10	0.0485	0.000	4.85	0.01	3.318	0.111
16 min.	-	3.00	6.5	350	0.90	0.0566	0.000	5.66	0.05	3.479	0.118
20 min. 1/4"	-	3.30	6.8	400	1.00	0.0647	0.001	6.47	0.05	3.639	0.121
25 min.	-	4.00	6.9	450	1.00	0.0728	0.001	7.28	0.05	3.693	0.123
36 min.	-	4.30	7.0	500	1.10	0.0809	0.001	8.09	0.06	3.746	0.125
49 min.	-	5.00	7.0	550	1.20	0.0890	0.001	8.90	0.06	3.746	0.125
60 min.	-	5.30	7.1	600	1.50	0.0971	0.001	9.71	0.08	3.800	0.127
80 min.	-	6.00	7.1	650	2.00	0.1052	0.001	10.52	0.10	3.800	0.127
100 min.	-	6.30	7.1	700	2.70	0.1133	0.001	11.33	0.14	3.800	0.127
120 min.	-	7.00	7.5	750	3.50	0.1214	0.002	12.14	0.18	4.014	0.134
180 min.	-	7.30	7.8	800	3.70	0.1294	0.002	12.94	0.19	4.174	0.139
240 min.	-	8.00	7.9	850	4.60	0.1375	0.002	13.75	0.23	4.228	0.141
300 min.	-	8.30	8.0	900	5.20	0.1456	0.003	14.56	0.28	4.281	0.143
360 min.	-	9.00	8.1	950	5.70	0.1537	0.003	15.37	0.29	4.335	0.144
420 min.	-	9.30	8.1	1000	5.90	0.1618	0.003	16.18	0.30	4.335	0.144
480 min.	-	10.00	8.1	1050	6.20	0.1699	0.003	16.99	0.31	4.335	0.144
540 min.	-	10.30	8.1	1100	6.50	0.1780	0.003	17.80	0.33	4.335	0.144
600 min.	-	11.00	8.4	1150	6.80	0.1861	0.003	18.61	0.34	4.495	0.150
660 min.	-	11.30	8.5	1200	6.90	0.1942	0.003	19.42	0.35	4.549	0.152
720 min.	-	12.00	8.5	1250	7.00	0.2023	0.004	20.23	0.35	4.549	0.152
		12.30	8.3	1300	7.00	0.2104	0.004	21.04	0.35	4.442	0.148





Caracterización geológica - geotécnica de los taludes presentes a lo largo de la vía el Carmelo - Lauro Guerrero a nivel de factor de seguridad, ubicado en el cantón Paltas, provincia de Loja.



ESTSUELCON CIA. LTDA.
ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

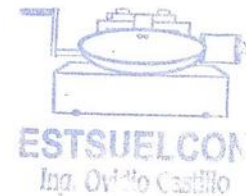
ENSAYO DE CORTE DIRECTO

Proyecto: CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA - GEOTÉCNICA DE LOS TALUDES PRESENTES A LO LARGO DE LA VÍA EL CARMELO - LAURO GUERRERO, DEL CANTÓN PALTAS, PROVINCIA DE LOJA			
Localización: Vía el Carmelo - Lauro Guerrero		Muestra: Deslizamiento 2	
Descripción del suelo: Grava limosa con arena			
Humedad: 11.7	Carga: 30.06	Kg	Profundidad: 0.5 m
Ensayo: 2	Constante de anillo Kg: 1.9048		Esfuerzo normal aplicado: 1.02 kg/cm2

Datos del Ensayo

Peso anillo (gr): 42.9	Altura muestra inicial (cm): 2	Humedad		
Peso anillo + muestra (gr): 140.45	Altura muestra final (cm): 1.983	Wcap	Wcap+SH	Wcap+SS
Peso muestra inicial (gr): 97.55	Diámetro (cm): 6.18	Área (cm2): 30		
Peso muestra final (gr): 69.54	Densidad(g/cm3): 1.63	W%	40.27	

Consolidación		Tiempo min.	Lect. Anillo Carga	Lect. Deform. Horizontal x 0,01 mm	Lect. Deform. Vertical 0,01 mm	Deform. Unitaria		Deformación (%)		Carga aplicada Kg.	Cortante Kg/cm2
Tiempo	Deformación					Horiz.	Vertic.	Horiz.	Vertic.		
0.0"	-	0.06	1.5	0	-0.20	0.0000	0.000	0.00	-0.01	0.803	0.027
4"	-	0.12	3.0	10	-1.00	0.0016	-0.001	0.16	-0.05	1.605	0.054
15"	-	0.24	4.5	20	-2.10	0.0032	-0.001	0.32	-0.11	2.408	0.080
34"	-	0.36	5.9	40	-3.50	0.0065	-0.002	0.65	-0.18	3.157	0.105
1 min.	-	0.45	6.8	60	-4.60	0.0097	-0.002	0.97	-0.23	3.639	0.121
2 min. 1/4"	-	1.00	8.0	100	-6.20	0.0162	-0.003	1.62	-0.31	4.281	0.143
4 min.	-	1.30	10.5	150	-9.80	0.0243	-0.005	2.43	-0.49	5.619	0.187
6 min. 1/4"	-	1.45	11.5	175	-11.00	0.0283	-0.006	2.83	-0.55	6.154	0.205
9"	-	2.00	12.4	200	-12.40	0.0324	-0.006	3.24	-0.62	6.636	0.221
12 min. 1/4"	-	2.30	14.4	300	-14.20	0.0485	-0.007	4.85	-0.71	7.706	0.257
16 min.	-	3.00	16.0	350	-16.50	0.0566	-0.008	5.66	-0.83	8.563	0.285
20 min. 1/4"	-	3.30	17.1	400	-17.80	0.0647	-0.009	6.47	-0.89	9.151	0.305
25 min.	-	4.00	18.0	450	-19.00	0.0728	-0.010	7.28	-0.95	9.633	0.321
36 min.	-	4.30	19.0	500	-19.80	0.0809	-0.010	8.09	-0.99	10.168	0.339
49 min.	-	5.00	19.5	550	-21.00	0.0890	-0.011	8.90	-1.05	10.436	0.348
60 min.	-	5.30	20.1	600	-22.00	0.0971	-0.011	9.71	-1.10	10.757	0.359
80 min.	-	6.00	20.8	650	-23.50	0.1052	-0.012	10.52	-1.18	11.131	0.371
100 min.	-	6.30	21.2	700	-24.50	0.1133	-0.012	11.33	-1.23	11.345	0.378
120 min.	-	7.00	21.7	750	-25.10	0.1214	-0.013	12.14	-1.28	11.613	0.387
180 min.	-	7.30	22.0	800	-26.00	0.1294	-0.013	12.94	-1.30	11.773	0.392
240 min.	-	8.00	22.3	850	-27.00	0.1375	-0.014	13.75	-1.35	11.934	0.398
300 min.	-	8.30	22.7	900	-27.90	0.1456	-0.014	14.56	-1.40	12.148	0.405
360 min.	-	9.00	22.8	950	-28.50	0.1537	-0.014	15.37	-1.43	12.202	0.407
420 min.	-	9.30	22.9	1000	-29.20	0.1618	-0.015	16.18	-1.46	12.255	0.409
480 min.	-	10.00	23.1	1050	-30.00	0.1699	-0.015	16.99	-1.50	12.362	0.412
540 min.	-	10.30	23.2	1100	-31.00	0.1780	-0.016	17.80	-1.55	12.416	0.414
600 min.	-	11.00	23.5	1150	-31.90	0.1861	-0.016	18.61	-1.60	12.576	0.419
660 min.	-	11.30	23.9	1200	-31.50	0.1942	-0.016	19.42	-1.58	12.790	0.426
720 min.	-	12.00	24.1	1250	-33.10	0.2023	-0.017	20.23	-1.66	12.897	0.430
		12.30	24.3	1300	-34.10	0.2104	-0.017	21.04	-1.71	13.004	0.433





Caracterización geológica - geotécnica de los taludes presentes a lo largo de la vía el Carmelo - Lauro Guerrero a nivel de factor de seguridad, ubicado en el cantón Paltas, provincia de Loja.



ESTSUELCON CIA. LTDA.
ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

ENSAYO DE CORTE DIRECTO

Proyecto: CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA - GEOTÉCNICA DE LOS TALUDES PRESENTES A LO LARGO DE LA VÍA EL CARMELO - LAURO GUERRERO, DEL CANTÓN PALTAS, PROVINCIA DE LOJA			
Localización: Vía el Carmelo - Lauro Guerrero		Muestra: Deslizamiento 2	
Descripción del suelo: Grava limosa con arena			
Humedad: 11.7	Carga: 61.2	Kg	
Ensayo: 3		Constante de anillo Kg: 1.9048	Profundidad: 0.5 m
		Esfuerzo normal aplicado: 2.04 kg/cm2	

Datos del Ensayo			
Peso anillo (gr): 42.46	Altura muestra inicial (cm): 2	Humedad	
Peso anillo + muestra (gr): 142.6	Altura muestra final (cm): 1.977	Wcap	Wcap+SH
Peso muestra inicial (gr): 100.14	Diámetro (cm): 6.18	33.2	140.37
Peso muestra final (gr): 72.17	Densidad(g/cm3): 1.67	W%	110.44
			38.75

Consolidación		Tiempo min.	Lect. Anillo Carga	Lect. Deform. Horizontal x 0,01 mm	Lect. Deform. Vertical 0,01 mm	Deform. Unitaria		Deformación (%)		Carga aplicada Kg.	Cortante Kg/cm2
Tiempo	Deformación					Horiz.	Vertic.	Horiz.	Vertic.		
0.0"	-	0.06	2.9	0	-0.9	0.0000	0.000	0.00	-0.05	1.478	0.049
4"	-	0.12	4.4	10	-1.1	0.0016	-0.001	0.16	-0.06	2.243	0.075
15"	-	0.24	7.2	20	-2.3	0.0032	-0.001	0.32	-0.12	3.670	0.122
34"	-	0.36	9.8	40	-5.2	0.0065	-0.003	0.65	-0.26	4.995	0.166
1 min.	-	0.45	11.2	60	-6.1	0.0097	-0.003	0.97	-0.31	5.708	0.190
2 min. 1/4"	-	1.00	13.0	100	-11.1	0.0162	-0.006	1.62	-0.56	6.626	0.221
4 min.	-	1.30	18.5	150	-15.5	0.0243	-0.008	2.43	-0.78	9.429	0.314
6 min. 1/4"	-	1.45	21.4	175	-18.6	0.0283	-0.009	2.83	-0.93	10.907	0.364
9"	-	2.00	22.6	200	-20.1	0.0324	-0.010	3.24	-1.01	11.519	0.384
12 min. 1/4"	-	2.30	26.2	300	-21.8	0.0485	-0.011	4.85	-1.09	13.354	0.445
16 min.	-	3.00	29.0	350	-24.5	0.0566	-0.012	5.66	-1.23	14.781	0.493
20 min. 1/4"	-	3.30	31.5	400	-27.0	0.0647	-0.014	6.47	-1.35	16.055	0.535
25 min.	-	4.00	33.8	450	-29.0	0.0728	-0.015	7.28	-1.45	17.125	0.571
36 min.	-	4.30	35.6	500	-30.4	0.0809	-0.015	8.09	-1.52	18.145	0.605
49 min.	-	5.00	37.6	550	-32.0	0.0890	-0.016	8.90	-1.60	19.164	0.639
60 min.	-	5.30	38.9	600	-34.0	0.0971	-0.017	9.71	-1.70	19.827	0.661
80 min.	-	6.00	40.4	650	-35.2	0.1052	-0.018	10.52	-1.76	20.591	0.686
100 min.	-	6.30	41.8	700	-35.2	0.1133	-0.018	11.33	-1.76	21.305	0.710
120 min.	-	7.00	42.9	750	-36.2	0.1214	-0.018	12.14	-1.81	21.865	0.729
180 min.	-	7.30	44.3	800	-37.5	0.1294	-0.019	12.94	-1.88	22.579	0.753
240 min.	-	8.00	45.4	850	-38.8	0.1375	-0.019	13.75	-1.94	23.140	0.771
300 min.	-	8.30	46.3	900	-39.5	0.1456	-0.020	14.56	-1.98	23.598	0.787
360 min.	-	9.00	46.8	950	-40.2	0.1537	-0.020	15.37	-2.01	23.853	0.795
420 min.	-	9.30	47.5	1000	-41.3	0.1618	-0.021	16.18	-2.07	24.210	0.807
480 min.	-	10.00	47.9	1050	-42.0	0.1699	-0.021	16.99	-2.10	24.414	0.814
540 min.	-	10.30	48.3	1100	-43.9	0.1780	-0.022	17.80	-2.20	24.618	0.821
600 min.	-	11.00	48.5	1150	-43.2	0.1861	-0.022	18.61	-2.16	24.720	0.824
660 min.	-	11.30	48.9	1250	-44.0	0.2023	-0.022	20.23	-2.20	24.924	0.831
720 min.	-	12.00	49.3	1350	-45.0	0.2184	-0.023	21.84	-2.25	25.127	0.838
		12.30	50.0	1450	-46.0	0.2346	-0.023	23.46	-2.30	25.484	0.849



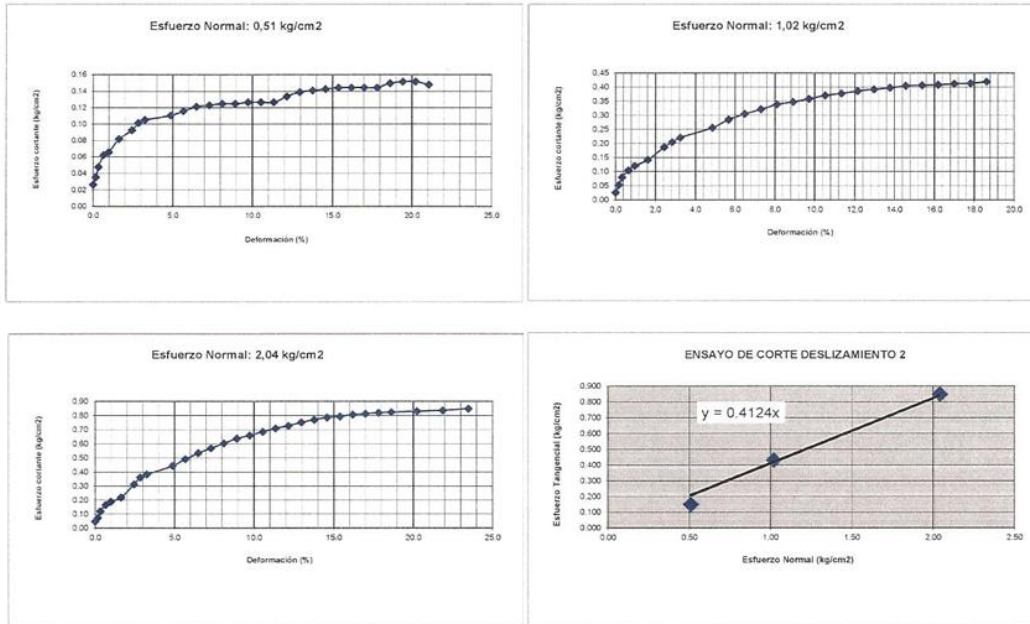


ESTSUELCON CIA. LTDA.
ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

ENSAYO DE CORTE DIRECTO

Proyecto:	CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA - GEOTÉCNICA DE LOS TALUDES PRESENTES A LO LARGO DE LA VÍA EL CARMELO - LAURO GUERRERO, DEL CANTÓN PALTAS, PROVINICA DE LOJA		
Localización:	Vía el Carmelo - Lauro Guerrero	Muestra:	Deslizamiento 2

RESULTADOS



RESULTADOS	Esfuerzos (kg/cm2)		
	X	Y	Y calculado
Ensayo No	Normal	Cortante	Tangencial*
1	0.51	0.152	0.2103
2	1.02	0.433	0.4206
3	2.04	0.849	0.8413

Angulo de Friccion (grados)	24	Cohesión (kg/cm2)	0
-----------------------------	----	-------------------	---

* Valores deducidos de ecuación de gráfico (regresión lineal)

Ing. Voltaire O. Castillo J.
CONSULTOR
ESTSUELCON
Ing. Oviato Castillo



Anexo 7. Ensayo de compresión simple de las muestras de rocas.

Anexo 7.1. Ensayo de compresión cúbica en el macizo rocoso 1.



ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

ENSAYO DE COMPRESIÓN CÚBICA EN ROCAS

"CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA- GEOTÉCNICA DE LOS TALUDES PRESENTES A LO LARGO DE LA VIA CARMELO-LAURO									
PROY. :	GUERRERO DE CANTON PALTAS, PROVINCIA DE LOJA"								
OBRA :	PROPIEDADES GEOTÉCNICAS								
UBIC. :	VÍA CARMELO-LAURO GUERRERO, CANTÓN PALTAS				TALUD :	1			
FECHA :	ENERO 2022	OPERADOR	O.C.	PROFUND.:	Muestra Superficial				
1.- CONTENIDO DE AGUA									
	PESO HM.	SECO	DE CAPS	w %	RESULTADO				
Muestra 1	426.92	417.40	0.00	2.28	2.28				
2.- DENSIDAD									
	PESO AIRE	SUMERGIDO	SECO	D. MASIVA	D. S.S.S.	APARENTE	ABSORCIÓN		
Muestra 1	579.73	366.55	577.56	2.71	2.72	2.74	0.38%		
3.- RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN									
MUESTRA	LARGO	ANCHO	ALTURA	AREA	VOLUMEN	MASA	CARGA	DENSIDAD REAL	ESFUERZO
Nº	cm	cm	cm	cm ²	cm ³	Gr	Kg	Kg/cm ³	Kg/cm ²
1	5.24	4.86	5.14	25.47	130.90	358.11	15861.37	2.74	622.84
2	5.06	4.95	5.01	25.05	125.49	350.37	12273.19	2.79	490.01
PROMEDIO								2.76	556.42



Tele-fax: 2540594. Celular: 093883061-0999692335-0980253180 Email: estsuelcon@gmail.com



Anexo 7.1. Ensayo de compresión cúbica en el macizo rocoso 2.



ESTSUELCON CIA. LTDA.
ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

ENSAYO DE COMPRESIÓN CÚBICA EN ROCAS

"CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA- GEOTÉCNICA DE LOS TALUDES PRESENTES A LO LARGO DE LA VIA CARMELO-LAURO GUERRERO DE CANTON PALTAS, PROVINCIA DE LOJA"									
PROY. : GUERRERO DE CANTON PALTAS, PROVINCIA DE LOJA"									
OBRA : PROPIEDADES GEOTÉCNICAS									
UBIC. : VÍA CARMELO-LAURO GUERRERO, CANTÓN PALTAS									
TALUD : 2									
FECHA : ENERO 2022 OPERADOR O.C. PROFUND.: Muestra Superficial									
1.- CONTENIDO DE AGUA									
	PESO HM.	SECO	DE CAPS	w %	RESULTADO				
Muestra 1	311.68	310.25	0.00	0.46	0.46				
2.- DENSIDAD									
	PESO AIRE	SUMERGIDO	SECO	D. MASIVA	D.S.S.S	D.APARENTE	ABSORCIÓN		
Muestra 1	414.75	256.45	413.88	2.61	2.62	2.63	0.21%		
3.- RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN									
MUESTRA Nº	LARGO cm	ANCHO cm	ALTURA cm	AREA cm ²	VOLUMEN cm ³	MASA Gr	CARGA Kg	DENSIDAD REAL Kg/cm ³	ESFUERZO Kg/cm ²
1	5.04	5.12	5.14	25.80	132.64	351.27	14495.41	2.65	561.73
2	5.08	5.17	5.12	26.26	134.47	323.28	9031.60	2.40	343.88
PROMEDIO								2.53	452.81



Tele-fax: 2540594. Celular: 093883061-0999692335-0980253180 Email: estsuelcon@gmail.com



Anexo 8. Mapas de la zona de estudio.

- **Anexo 8.1.** Mapa de ubicación y Acceso.
- **Anexo 8.2.** Mapa de Hidrografía.
- **Anexo 8.3.** Mapa Geomorfológico.
- **Anexo 8.4.** Mapa topográfico de la vía El Carmelo – Lauro guerrero desde el tramo abscisa 0+000 hasta 2+000.
- **Anexo 8.5.** Mapa topográfico de la vía El Carmelo – Lauro guerrero desde el tramo abscisa 2+000 hasta 7+630.
- **Anexo 8.6.** Mapa de pendientes.
- **Anexo 8.7.** Mapa Geología Local de la vía El Carmelo – Lauro guerrero desde el tramo 0+000 hasta 2+000.
- **Anexo 8.8.** Mapa Geología Local de la vía El Carmelo – Lauro guerrero desde el tramo 2+000 hasta 4+000.
- **Anexo 8.9.** Mapa Geología Local de la vía El Carmelo – Lauro guerrero desde el tramo 4+000 hasta 7+630.
-

(Ubicados en el CD-R nro.1)



Anexo 9. Certificación de traducción de resumen



Loja, 29 de marzo 2023

CERTIFICADO DE TRADUCCIÓN

A quien corresponda,

Yo, José Geovanny Jiménez Balcázar, traductor oficial del The Canadian House Center, Instituto privado especializado en la enseñanza del inglés como lengua extranjera y centro de traducción autorizado y acreditado por el Consejo Nacional de la Judicatura del Ecuador bajo la licencia profesional número 12282677, certifico que el resumen de tesis titulada *Caracterización geológica - geotécnica de los taludes presentes a lo largo de la vía el Carmelo _ Lauro Guerrero a nivel de factor de seguridad, ubicado en la parroquia Lauro guerrero del cantón Paltas, provincia de Loja*, realizada por la Sra. *María Fernanda Alvarado Pullaguari*, portadora de la cédula de identidad ecuatoriana 1150356515, estudiante de la Universidad Nacional de Loja de la facultad de energía, las industrias y los recursos naturales no renovable, carrera de Ingeniería en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial, ha sido traducido de buena fe del español al inglés en la institución antes mencionada, y es una traducción fiel y exacta del documento original según mi leal saber y entender.

La portadora puede hacer uso de este certificado y del documento traducido para cualquier fin legal que considere oportuno.

Lic. José Geovanny Jiménez Balcázar
TRADUCTOR OFICIAL
THE CANADIAN HOUSE CENTER
Email: chcloja@gmail.com
Tel: +593 (0)7 258 4334



CHC MATRÍZ: Venezuela 19 - 77 e/ José María Peña y Av. Pío Jaramillo Alvarado
CHC CENTRO: Miguel Riofrío 14 - 35 entre Bolívar y Sucre
2565257 (Chc Centro) - 2585435 (Chc Matriz)

www.thecanadianhousecenter.com



/CHCLoja