



Universidad
Nacional
de Loja

Universidad Nacional de Loja

**Facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos
Naturales no Renovables**

**Carrera de Ingeniería En Geología Ambiental y
Ordenamiento Territorial**

**Caracterización geológica geotécnica del tramo de la vía San
Roquito- Balsas, cantón Balsas, provincia de El Oro.**

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

AUTOR:

Joselyn Andrea Machuca Valarezo

DIRECTOR:

Ing. Diego Israel Castillo Jaramillo, Mg. Sc.

Loja – Ecuador

2023



unl

Universidad
Nacional
de Loja

*Caracterización geológica geotécnica del tramo de la vía
San Roquito- Balsas, cantón Balsas,
provincia de El Oro*

Certificación

Loja, 17 de marzo del 2023

Ing. Diego Israel Castillo Jaramillo, Mg. Sc.

DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN

CERTIFICO:

Que he revisado y orientado todo el proceso de elaboración del Trabajo de Titulación, denominado: **Caracterización Geológica Geotécnica del tramo de la vía San Roquito-Balsas, Cantón Balsas, Provincia de El Oro.**, previo a la obtención del título de **Ingeniera en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial**, de la autoría de la estudiante **Joselyn Andrea Machuca Valarezo** con cédula de identidad Nro. **0705281558**, 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

Ing. Diego Israel Castillo Jaramillo, Mg. Sc.

DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN



unl

Universidad
Nacional
de Loja

*Caracterización geológica geotécnica del tramo de la vía
San Roquito- Balsas, cantón Balsas,
provincia de El Oro*

Autoría

Yo, **Joselyn Andrea Machuca Valarezo**, 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.

Firma:

Cédula de identidad: 0705281558

Fecha: 06 de junio 2023

Correo Electrónico: joselyn.machuca@unl.edu.ec

Teléfono: 0994571553



unl

Universidad
Nacional
de Loja

*Caracterización geológica geotécnica del tramo de la vía
San Roquito- Balsas, cantón Balsas,
provincia de El Oro*

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, **Joselyn Andrea Machuca Valarezo**, declaro ser autora del Trabajo de Titulación denominado: **Caracterización Geológica Geotécnica del Tramo de la Vía San Roquito-Balsas, Cantón Balsas, Provincia de el Oro.**, como requisito para optar 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 de la siguiente manera 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 los 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 seis días del mes de junio del dos mil veintitrés.

Firma:

Autora: Joselyn Andrea Machuca Valarezo

C.I: 0705281558

Dirección: Calle Sucre entre Gonzanamá y Célica

Correo electrónico: joselyn.machuca@unl.edu.ec

Teléfono: 0994571553

DATOS COMPLEMENTARIOS:

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



Dedicatoria

El presente trabajo de investigación va dedicado a cada una de las personas que me acompañaron en el transcurso de estos años; pero sobre todo a mi familia que fue mi pilar fundamental, me dieron fuerza para continuar después de cada obstáculo y a mis dos ángeles EI.

Joselyn Andrea Machuca Valarezo



unl

Universidad
Nacional
de Loja

*Caracterización geológica geotécnica del tramo de la vía
San Roquito- Balsas, cantón Balsas,
provincia de El Oro*

Agradecimiento

A Dios, a mis padres que confiaron en mí, permitiéndome salir en busca de mis sueños; a mis hermanos que me acompañaron y me dieron fuerza a la distancia; a mi compañero de vida y mi hijo que fueron parte de este camino.

Finalmente, pero no menos importante a mi director del Trabajo de Titulación que supo guiarme para lograr cumplir con los objetivos propuestos y que proporcionó nuevos conocimientos no solo como director sino como maestro, gracias infinitas. A mis queridos amigos que encontré en el salón de clases y que se convirtieron en mi familia.

Joselyn Andrea Machuca Valarezo



unl

Universidad
Nacional
de Loja

*Caracterización geológica geotécnica del tramo de la vía
San Roquito- Balsas, cantón Balsas,
provincia de El Oro*

Índice de contenidos

Portada	i
Certificación	ii
Autoría	iii
Certa de autorización	iv
Dedicatoria	v
Agradecimiento	vi
Índice de contenidos	vii
Índice de tablas:	xi
Índice de figuras:	xiii
Índice de anexos:	xvi
1. Título	1
2. Resumen	2
2.1. Abstract.....	3
3. Introducción	4
4. Marco Teórico	6
4.1. Topografía.....	6
4.1.1. Levantamiento Topográfico.....	6
4.1.2. Métodos Para Levantamientos Topográficos.....	6
4.1.3. Tipos de Levantamientos.....	7
4.1.4. Instrumentos Para Mediciones Topográficas.....	7
4.1.5. Escalas.....	10
4.1.6. Curvas de Nivel.....	11
4.2. Geología.....	11
4.3. Geodinámica.....	11
4.3.1. Rocas Ígneas.....	12
4.3.2. Rocas Sedimentarias.....	12



4.3.3.	Rocas Metamórficas	13
4.3.4.	Geomorfología	13
4.3.5.	Geología Estructural.....	15
4.3.6.	Planos Geológicos	16
4.3.7.	Métodos de Mapeo Geológico	18
4.4.	Mapeo Geológico	20
4.4.1.	Métodos Para Plasmar Mapas	21
4.4.2.	Herramientas SIG	21
4.4.3.	Elementos Esenciales en un Mapa	23
4.5.	Geotecnia	24
4.5.1.	Caracterización Geotécnica.....	24
4.6.	Métodos de Exploración Geotécnica.....	24
4.6.1.	Métodos Indirectos (Geofísicos).....	24
4.6.2.	Métodos Semidirectos	25
4.6.3.	Métodos Directos	25
4.6.4.	Propiedades Físicas de los Geomateriales.....	26
4.6.1.	Propiedades Mecánicas de los Geomateriales.....	27
4.6.2.	Ensayos de Granulometría y Clasificación de Suelos	29
4.6.3.	Límites de Atterberg.....	30
4.7.	Análisis de Estabilidad	31
4.7.1.	Caracterización del Macizo Rocoso	31
4.7.2.	Ensayo de Corte Directo	32
4.7.3.	Inestabilidad de Taludes.....	33
4.7.4.	Método de Equilibrio Límite.....	33
4.7.5.	Factor de Seguridad.....	36
4.7.6.	Tipos de roturas	37
5.	Metodología.....	38



5.1.	Materiales	38
5.2.	Métodos	38
5.2.1.	Método Científico Investigativo.....	38
5.2.2.	Método Experimental.....	39
5.2.3.	Método Analítico.....	39
5.2.4.	Método Descriptivo.....	39
5.3.	Descripción del área de estudio	39
5.3.1.	Ubicación	39
5.3.2.	Acceso	40
5.4.	Descripción Física del Área De Estudio.....	41
5.4.1.	Información Climática.....	41
5.4.2.	Geomorfología	42
5.5.	Metodología Primer Objetivo	44
5.5.1.	Levantamiento topográfico	44
5.5.2.	Levantamiento geológico	46
5.5.3.	Pendientes.....	47
5.5.4.	Inventario de Deslizamientos	48
5.6.	Metodología Segundo Objetivo.....	49
5.6.1.	Campaña Geotécnica.....	49
5.6.2.	Metodología Tercer Objetivo	61
6.	Resultados	64
6.1.	Topografía	64
6.1.1.	Perfiles Topográficos Longitudinales	67
6.1.2.	Perfiles Topográficos Transversales	68
6.1.3.	Inventario de Deslizamientos	70
6.1.4.	Pendientes.....	74
6.1.5.	Geología Regional.....	77



6.2.	Geología Local	78
6.2.1.	Granodiorita Meteorizada (Sabuló).....	80
6.2.2.	Esquistos micáceos.....	82
6.2.3.	Roca Granodiorita	83
6.2.4.	Granodiorita medianamente alterada (Regolito)	84
6.2.5.	Deposito Coluvio-Aluvial	84
6.2.6.	Calicatas	85
6.2.7.	Corte Geológicos Longitudinales.....	88
6.2.8.	Corte Geológicos Transversales.....	90
6.2.9.	Resumen Kilométrico.....	91
6.3.	Geología Local Estructural	92
6.4.	Caracterización Geotécnica	94
6.4.1.	Método Indirecto	94
6.4.2.	Método Directo	104
6.4.3.	Correlación de resultados obtenidos	107
6.4.4.	Caracterización del Macizo Rocoso.....	112
6.5.	Análisis de Estabilidad	118
6.5.2.	Resumen de Análisis de Estabilidad Global	126
7.	Discusión	128
8.	Conclusiones	131
9.	Recomendaciones	133
10.	Bibliografía	134
11.	Anexos	138



Índice de Tablas:

Tabla 1. Simbología y tipología de materiales.	29
Tabla 2. Materiales de campo y gabinete.	38
Tabla 3. Ubicación área de estudio.	39
Tabla 4. Dimensiones de las calicatas.	47
Tabla 5. Clasificación del ángulo de pendiente.	48
Tabla 6. Parámetros Morfométricos para deslizamientos	49
Tabla 7. Coordenadas de SEVs.	49
Tabla 8. Resistividades.	51
Tabla 9. Ficha obtención de datos de SEV.	52
Tabla 10. <i>Coordenadas de SPTs.</i>	52
Tabla 11. Ensayos de Suelo.	55
Tabla 12. Consistencia Relativa.	55
Tabla 13. Clasificación de las arcillas según su comportamiento “A”.	56
Tabla 14. Valores típicos del comportamiento “A”.	57
Tabla 15. Criterios para determinar el cambio de volumen.	57
Tabla 16. Criterios para determinar el potencial expansivo.	57
Tabla 17. Clasificación para el RMR de Bieniawski.	59
Tabla 18. Clasificación RMR de Bieniawski.	60
Tabla 19. Factores de ajuste de juntas.	60
Tabla 20. Clases de estabilidad.	61
Tabla 21. Punto de control establecido por el catastro.	64
Tabla 22. Puntos de control establecidos en campo.	64
Tabla 23. Coordenadas de ubicación de deslizamientos.	70
Tabla 24. Datos generales del Deslizamiento 1.	71
Tabla 25. Datos Generales del Deslizamiento 2.	72
Tabla 26. Datos Generales del Deslizamiento 3.	73
Tabla 27. <i>Datos Generales del Deslizamiento 4.</i>	74
Tabla 28. Pendientes de la vía San Roquito.	74
Tabla 29. Afloramientos Geología Local.	79
Tabla 30. Ubicación de calicatas geológicas.	80
Tabla 31. Datos de campo SEV 1.	95



Tabla 32. Perfil Estratigráfico- SEV 1.	97
Tabla 33. Datos de campo SEV 2.....	98
Tabla 34. Perfil Estratigráfico- SEV 2.	100
Tabla 35. Datos de campo SEV 3.....	101
Tabla 36. Perfil Estratigráfico SEV 3.....	103
Tabla 37. Resumen de datos de campo, de laboratorio y resistencias obtenidas.	107
Tabla 38. Resultados CR de cada ensayo de penetración estándar.	107
Tabla 39. Resultado del índice de liquidez.....	108
Tabla 40. Resultados del comportamiento "A".	108
Tabla 41. Criterios para determinar el cambio de volumen.	108
Tabla 42. Criterios para determinar el potencial expansivo.	109
Tabla 43. Coordenadas del Macizo Rocoso (Esquisto).....	112
Tabla 44. Resultados RQD Macizo (Esquisto).	114
Tabla 45. Resultados de RMR Macizo N.- 1. J1.....	114
Tabla 46. Calidad del macizo rocoso en relación al índice RMR. J1.....	115
Tabla 47. Resultados de RMR Macizo N.- 1. J2.....	115
Tabla 48. Calidad del macizo rocoso en relación al índice RMR. J2.....	116
Tabla 49. Resultados de RMR Macizo N.- 1. J3.....	116
Tabla 50. Calidad del macizo rocoso en relación al índice RMR. J2.....	117
Tabla 51. Resultados de RMR.....	117
Tabla 52. Resultado RMR del macizo (Esquisto).....	117
Tabla 53. Resultados SMR.....	118
Tabla 54. Resumen de estabilidad.....	118
Tabla 55. Parámetros geotécnicos del talud 1.	119
Tabla 56. Parámetros geotécnicos del talud 2.	121
Tabla 57. Parámetros geotécnicos del talud 3.	122
Tabla 58. Parámetros geotécnicos del talud de roca Granodiorita.	123
Tabla 59. Parámetros geotécnicos del Esquisto.	124
Tabla 60. Valor de Z.....	125
Tabla 61. Factor de sitio actual.	126
Tabla 62. Resumen Factor de Seguridad, modelo Estático.....	127
Tabla 63. Resumen Factor de Seguridad, modelo Pseudoestático.....	127



Índice de Figuras:

Figura 1. Tipos de movimientos en masa.....	14
Figura 2. Morfología y morfometría de un deslizamiento.	15
Figura 3. Esquema del aparato de corte directo.	33
Figura 4. Diagrama del factor f_0	35
Figura 5. Esquema de modelo de Morgenstern y Price.	36
Figura 6. Ubicación vía San Roquito- Balsas.	40
Figura 7. Acceso al cantón Balsas, vía aérea y terrestre.	41
Figura 8. Clima del cantón Balsas.....	42
Figura 9. Geomorfología de la vía San Roquito Absc 0+000 – 1+000.....	43
Figura 10. Geomorfología de la vía San Roquito Absc 1+000 – 2+000.....	43
Figura 11. Geomorfología de la vía San Roquito Absc 2+000 – 3+146.....	44
Figura 12. Esquema para levantamiento topográfico.....	44
Figura 13. Levantamiento de topografía en campo.....	45
Figura 14. Análisis macroscópico de rocas.....	46
Figura 15. Modelo Builder para obtener pendientes.....	48
Figura 16. Ubicación de SEVs.....	50
Figura 17. Aplicación en campo de sondeo eléctrico vertical.	50
Figura 18. Ubicación de SPTs.....	53
Figura 19. Trabajo en campo de ensayos de penetración estándar.	53
Figura 20. Martillo perforador.	54
Figura 21. Consistencia Relativa.....	55
Figura 22. Índice de Liquidez.	56
Figura 23. Resistencia a la compresión simple con esclerómetro.....	58
Figura 24. Zonas sísmicas de Ecuador.....	63
Figura 25. Topografía vía San Roquito Absc 0+000 – 1+000.....	65
Figura 26. Topografía vía San Roquito Absc 1+000 – 2+000.....	66
Figura 27. Topografía vía San Roquito Absc 2+000 – 3+146.....	66
Figura 28. Perfil topográfico A – A'.....	67
Figura 29. Perfil topográfico B – B'.....	67
Figura 30. Perfil topográfico C – C'.....	68
Figura 31. Perfil topográfico D –D'.....	68



Figura 32. Perfil topográfico E – E'	68
Figura 33. Perfil topográfico F – F'	69
Figura 34. Perfil topográfico G – G'	69
Figura 35. Perfil topográfico H – H'	69
Figura 36. Deslizamiento Abscisa 0+156.	70
Figura 37. Deslizamiento Abscisa 0+714.	71
Figura 38. Deslizamiento Abscisa 1+464.	72
Figura 39. Deslizamiento Abscisa 1+545.	73
Figura 40. Pendientes vía San Roquito Abs 0+000 – 1+000.	75
Figura 41. Pendientes vía San Roquito Abs 1+000 – 2+000.	76
Figura 42. Pendientes vía San Roquito Abs 2+000 – 3+146.	76
Figura 43. Geología Regional Tramo de vía San Roquito.	78
Figura 44. Afloramiento ubicado en la abscisa 0+005.....	80
Figura 45. Afloramiento abscisa 0+284.	81
Figura 46. Afloramiento abscisa 1+261.	81
Figura 47. Afloramiento abscisa 1+717.	82
Figura 48. Afloramiento abscisa 2+490.	83
Figura 49. Afloramiento abscisa 3+146.	84
Figura 50. Afloramiento abscisa 3+145.	84
Figura 51. Calicatas geológicas.....	85
Figura 52. Perfiles estratigráficos de calicatas geológicas.....	86
Figura 53. Geología local de la abscisa 0+000 a 1+000.	87
Figura 54. Geología local de la abscisa 1+000 a 2+000.	87
Figura 55. Geología local de la abscisa 2+000 a 3+146.	88
Figura 56. Corte geológico A-A'	88
Figura 57. Corte geológico B-B'.....	89
Figura 58. Corte geológico C-C'.....	89
Figura 59. Corte geológico D-D'	89
Figura 60. Corte geológico E-E'	90
Figura 61. Corte geológico F-F'	90
Figura 62. Corte geológico G-G'	90
Figura 63. Corte geológico H-H'	91
Figura 64. Corte geológico I-I'	91
Figura 65. Zonas de cizallamiento.	93



Figura 66. Diaclasas en esquistos.....	94
Figura 67. Sondeo eléctrico 1 Schlumberger.	96
Figura 68. Sondeo eléctrico 2 Schlumberger.	99
Figura 69. Sondeo eléctrico 3 Schlumberger.	102
Figura 70. Perfiles Geoelectricos de los 3 ensayos.....	103
Figura 71. Resultados de Ensayo de Penetración Estándar 1.....	104
Figura 72. Resultados del Ensayo de Penetración Estándar 2.	105
Figura 73. Resultados de Ensayo de Penetración Estándar 3.....	106
Figura 74. Gráfica de la carga obtenida en el Ensayo de Penetración Estándar 1.	109
Figura 75. Gráfica de la carga obtenida en el Ensayo de Penetración Estándar 2.	110
Figura 76. Gráfica de la carga obtenida en el Ensayo de Penetración Estándar 3.	110
Figura 77. Contenido de humedad del SPT 1.	111
Figura 78. Contenido de humedad del SPT 2.	111
Figura 79. Contenido de humedad del SPT 3.	112
Figura 80. Afloramiento abscisa 1+717.	113
Figura 81. Secciones para caracterización de roca.....	113
Figura 82. Análisis de FS general para el talud 1.	120
Figura 83. Análisis de FS general para el talud 2.	121
Figura 84. Análisis de FS general para el talud 3.	122
Figura 85. Análisis de FS general, granodiorita.....	123
Figura 86. Análisis de FS general, Esquisto.	124



unl

Universidad
Nacional
de Loja

Índice de Anexos:

Anexo 1. Ficha de descripción de afloramientos	138
Anexo 2. Ficha de inventario de deslizamientos.....	154
Anexo 3. Sondeos eléctricos verticales.....	158
Anexo 4. Ensayo de penetración estándar	166
Anexo 5. Fichas de descripción geomecánica del macizo rocoso	193
Anexo 6. Mapas temáticos del área de estudio	195
Anexo 7. Certificado de traducción de resumen	196



Universidad
Nacional
de Loja

*Caracterización geológica geotécnica del tramo de la vía
San Roquito- Balsas, cantón Balsas,
provincia de El Oro*

1. Título

**Caracterización geológica geotécnica del tramo de la vía San Roquito- Balsas, cantón
Balsas, provincia de El Oro.**



2. Resumen

La presente investigación titulada “Caracterización geológica geotécnica del tramo de la vía San Roquito- Balsas, cantón Balsas, provincia de El Oro” tiene como objetivo realizar un estudio geológico- geotécnico mediante la caracterización geológica, estructural, análisis de los geomateriales y medición de factor de seguridad de los taludes más representativos, basándose en las zonas litológicas y kilometraje del tramo. El área de estudio corresponde a una extensión de 3,146 km y abarca un área total de 34 ha. Para ello en primera instancia se realizó el análisis y descripción geológica regional para tener indicios sobre la geología existente, posteriormente se analizó el clima, vegetación y dirección del viento para realizar un levantamiento topográfico con dron, de esa manera determinar las zonas críticas donde se hará énfasis. Se tomo datos mediante fichas para geología y deslizamientos, se determinó e identificó los movimientos en masa más representativos del tramo de estudio. Una vez identificada la litología local del área, se procedió a seleccionar las zonas de importancia donde se realizaron ensayos de penetración estándar, sondeos eléctricos verticales y caracterización del macizo rocoso que se desarrolló con la utilización del esclerómetro y la descripción de familias de juntas; de cada ensayo se extrajeron muestras para analizarlas en laboratorio. Se desarrolló el análisis de resistencia a rotura planar del macizo rocoso mediante el criterio de rotura en el plano de discontinuidad utilizando el programa rocPlane. Finalmente, se analizó la estabilidad global de los taludes en software Slide 6.0 tanto en estado actual es decir un modelo estático y con carga sísmica (modelo pseudoestático) donde se determinaron áreas críticas en ciertas zonas siendo más propenso a la rotura los que estaban conformados por sabuló y más resistentes los macizos rocosos.

Palabras claves: zonas críticas, geología, caracterización del macizo rocoso, factor de seguridad, rotura.



2.1. Abstract

The present research entitled "Geological-geotechnical characterization of the San Roquito- Balsas road section, Balsas canton, province of El Oro" aims to carry out a geological-geotechnical study by means of geological and structural characterization, analysis of geomaterials and safety factor measurement of the most representative slopes, based on the lithological zones and mileage of the section. The studied area corresponds to an extension of 3,146 km and covers a total area of 34 ha. The first step was to analyze and describe the regional geology in order to get an indication of the existing geology, then the climate, vegetation and wind direction were analyzed in order to carry out a topographic survey with a drone, thus determining the critical areas where emphasis will be placed. Data was collected using geology and landslide data sheets, and the most representative mass movements of the study section were determined and identified. Once the local lithology of the area was identified, we proceeded to select the zones of importance where standard penetration tests, vertical electrical soundings and characterization of the rock mass were carried out with the use of the sclerometer and the description of families of joints; samples were extracted from each test to be analyzed in the laboratory. The analysis of the planar fracture strength of the rock mass was carried out using the discontinuity plane fracture criterion using the rocPlane program. Finally, the global stability of the slopes was analyzed in Slide 6.0 software, both in a static model and with seismic loading (pseudostatic model), where critical areas were determined in certain zones, being more prone to failure those formed by sabuló and more resistant the rock massifs.

Key words: *critical zones, geology, rock mass characterization, safety factor, rupture.*



3. Introducción

Balsas es un cantón perteneciente a la provincia de EL Oro que está situada en la parte sur del país en la zona geográfica conocida como región litoral o costa. La primordial actividad provechosa de la población es la porcina-avícola y la agricultura (maní, maíz arroz, fréjol, yuca, caña de azúcar, plátano, guineo, café y árboles frutales), siendo fundamental su aporte a la provincia. Estas actividades se desarrollan en las zonas rurales de Balsas siendo uno de los sitios principales San Roquito.

Debido al desarrollo avícola- porcícola del sector, el tramo de la vía San Roquito ha sufrido la intervención antrópica de bosques para la apertura de vías para facilitar el acceso de vehículos pesados que transportan diariamente la producción, lo que ha contribuido a amenazas de erosión y deslizamientos. En épocas de invierno, los deslaves obstruyen la vía San Roquito deteniendo por varios días el transporte pesado que son los principales que transitan esta vía, movilizándolo a distintas provincias del país, además de llevar el alimento que provee a la misma industria porcícola y avícola; como consecuencia limitando y afectando al desarrollo de estas actividades generando pérdidas económicas; además, los deslaves destruyen tuberías, afectan a la estructura de viviendas y granjas siendo un problema que radica directamente en más de 50 familias del sector.

El Gobierno Autónomo Descentralizado del cantón Balsas no cuenta con información a detalle sobre geología y geotecnia, por ello el presente proyecto consiste en realizar una “Caracterización geológica geotécnica del tramo de la vía San Roquito- Balsas, cantón Balsas, provincia de El Oro”, con un área de 34ha. Su importancia radica en que es el único acceso que conecta al cantón Balsas con el sitio San Roquito; el presente estudio se puede considerar para realizar una rectificación, ampliación y asfaltado de la vía, conocer zonas críticas y con inestabilidad; de esa manera mejorar el acceso de transporte, así como para buscar alternativas de estabilización en ciertas zonas donde amerite, de esa manera contribuir al desarrollo económico y social, del sitio San Roquito, el cantón Balsas y la provincia de El Oro.

Es muy importante realizar este tipo de estudios en lugares donde sea necesario implementar obras civiles, o estabilizarlas, ya que beneficia y previene posibles problemas en la zona. Para obtener esta información se desarrolló los siguientes objetivos:



Objetivo General

- Realizar una caracterización geológica- geotécnica del tramo de la vía San Roquito- Balsas, cantón Balsas, provincia de El Oro.

Objetivos Específicos

- Desarrollar un levantamiento topográfico y geológico en función de las características litológicas del tramo de la vía San Roquito- Balsas.
- Determinar las propiedades físico-mecánica de los geo-materiales.
- Analizar con base en el factor de seguridad la estabilidad de los taludes del tramo de estudio.

4. Marco Teórico

4.1. Topografía

Peralta. J (2020) define a la topografía como una rama de la geodesia que se presenta en el diario vivir, en sus aplicaciones se necesita información sobre el área del lugar donde se llevarán a cabo determinadas actividades. Dentro de las obras civiles y en muchos otros campos, la topografía constituye un elemento indispensable.

La Geodesia se ocupa de conocer la figura y dimensiones de la tierra a su grado máximo de alcance; sin embargo, la Topografía se ocupa del estudio de los métodos y los instrumentos para lograr representaciones de terreno relativamente pequeñas en comparación con la Geodesia.

4.1.1. Levantamiento Topográfico

El levantamiento topográfico es un estudio técnico y descriptivo de un terreno, examinando la superficie terrestre en la cual se tienen en cuenta las características físicas, geográficas y geológicas del área, sin embargo, sus alteraciones, se denomina a este acopio de información o plano que refleja al detalle y sirve como herramienta de planificación para edificaciones y construcciones, el conjunto de operaciones incluye:

- Elección del método de levantamiento.
- Selección del mecanismo a utilizar.
- Reconocer y ubicar vértices de apoyo.
- Cálculos en terreno.
- Medición y procesamiento de datos.
- Preparación de planos (Rodríguez. G, 2017).

4.1.2. Métodos Para Levantamientos Topográficos

4.1.2.1. Métodos Planimétricos. Su objetivo es identificar de las coordenadas llanas de puntos en el espacio, de esa manera plasmarlos en una superficie plana: denominado mapa. Cada punto es marcado en el plano. Las coordenadas pueden ser polares (rumbo y distancia) o cartesianas: distancias perpendiculares a ejes cartesianos (U.N.S.J., 2004).

4.1.2.2. Métodos Altimétricos. Los métodos altimétricos o de nivelación, tiene por objetivo la determinación de la diferencia de alturas entre distintos puntos del espacio, a partir de una superficie de referencia. La elevación o cota es un punto determinado de altura. Si la



altura está definida con respecto al nivel del mar se dice que la cota es absoluta, mientras que si se trata de cualquier otra superficie de referencia se dice que la cota es relativa. A la diferencia de altura entre dos puntos se denomina diferencia de nivel. La tercera coordenada z (h) se determina basándose en la elevación del terreno, es decir perpendicular a la horizontal de referencia (U.N.S.J., 2004).

4.1.2.3. Métodos Planialtimétricos. Este tipo de método determina las coordenadas que se encuentran en el espacio en forma simultánea. La aplicación de planos planimétricos da como resultado un plano topográfico o altimétrico. Las elevaciones se trazan mediante las curvas de nivel. El método de levantamiento planialtimétrico expeditivo se denomina taquimetría. Son simultaneas operaciones que permiten la obtención de coordenadas de puntos a detalle del terreno para la representación gráfica del relieve a escala y con la precisión adecuada (U.N.S.J., 2004).

4.1.2.4. Poligonación. Para realizar este levantamiento se realiza una polilínea que posee vértices (estaciones de la poligonal) además de lados que la unen. Los vértices adyacentes deben ser intervisibles. El levantamiento de la poligonal comprende la medición de los ángulos que forman las direcciones de los lados adyacentes (o los rumbos de estos lados) y las distancias entre los vértices (U.N.S.J., 2004).

4.1.3. Tipos de Levantamientos

Existen levantamientos que se realizan en áreas reducida (donde los efectos de la curvatura de la tierra pueden despreciarse) están: los levantamientos topográficos, de ciudades, catastrales, de construcción, de vías, hidrográficos, mineros, forestales, geológicos, fotogramétricos, y los levantamientos con los cuales se pueden establecer, por ejemplo, límites bajo el océano e inclusive en la luna y otros planetas (León, 2015).

4.1.4. Instrumentos Para Mediciones Topográficas

4.1.4.1. Estación Total. En La ciencia ha creado y utilizado instrumentos necesarios para estudiar la forma y la topografía de la tierra, donde se miden principalmente 2 variables: ángulos y distancias (horizontal y vertical).

Un teodolito integra una brújula para mediciones de ángulos horizontales, así como cálculos matemáticos (algoritmos) para mediciones de distancias menos precisas. Si se requieren distancias precisas, se debe utilizar una cinta métrica con todas sus limitaciones. Para solucionar este inconveniente han surgido herramientas llamadas telémetros láser, que calculan



la distancia midiendo el tiempo que tarda un láser en rebotar en una superficie (Hernández, 2011).

Un dispositivo llamado nivel de precisión también se usa para medir ángulos verticales. Las lecturas obtenidas de estos 3 instrumentos se registran en un cuaderno topográfico y luego se realizan cálculos matemáticos manualmente en la oficina o por computadora para obtener una representación gráfica de las mediciones (mapa topográfico). Los avances en la ciencia han evolucionado del teodolito al teodolito electrónico y luego a la estación total. El taquímetro son 4 unidades en uno, diseñado para facilitar y aumentar la eficiencia del proceso de levantamiento topográfico de campo.

Es justo señalar que, al medir con una estación total, la precisión del láser se logra en la distancia y la precisión digital se logra en el ángulo, a diferencia de los teodolitos y niveles, que utilizan la precisión óptica para medir ángulos y distancias. Basándose en dos variables (ángulo vertical y horizontal y distancia), así como en la ubicación actual, la estación total calcula y almacena las coordenadas geográficas (N, E, Z) de cada punto de observación, eliminando la necesidad de cálculos complejos para digitalizar las medidas. en CAD. - software (Hernández, 2011).

4.1.4.2. Dron. Corredor. J (2015), afirma que: Los estudios fotogramétricos a partir de drones han representado un extraordinario apoyo, debido a que en una medida de tiempo y costos es relativamente inferior a un levantamiento topográfico, generando de esta forma, productos geoespaciales de gran precisión y contenido. Los vehículos aéreos no tripulados, son una clara apuesta por el medio ambiente, pues no emite CO₂ a la atmósfera. Además, mejora significativamente la seguridad de los trabajadores en campo, al evitar el ingreso a zonas de riesgo.

El factor más importante es la seguridad, los topógrafos no necesitan transportar la plataforma a lugares potencialmente peligrosos, reduciendo así los riesgos que existen en esta industria. Esto permite una base de conocimiento más amplia del sitio y sus alrededores, ya que llega a espacios a los que los humanos no pueden acceder, como acantilados, zonas de riesgo, etc. Los levantamientos topográficos con drones, gracias a sus cámaras avanzadas, brindan más información gráfica que los levantamientos tradicionales. Por otro lado, la información de color de la imagen es más completa, proporcionando mayor resolución y realismo del terreno. Los costos son reducidos, hace años los levantamientos topográficos podían costar una fortuna a las empresas, y gracias a esta tecnología las han reducido hasta en un 70% (Del Río et al, 2017).



4.1.4.3. GPS Diferencial. En inglés su traducción es DGPS -Differential Global Positioning System; es una técnica de posicionamiento relativo basada en la corrección de la información obtenida por un receptor GPS mediante el uso de los datos de uno o más receptores GPS fijos (llamados estación de referencia o monitoreada).

Una estación de referencia es un receptor GPS de alta precisión con una posición previamente conocida: el receptor recibe señales de los satélites y calcula su posición (igual que un receptor normal), pero compara la posición calculada con su posición previamente conocida. Estas diferencias de posición y otros datos se envían al receptor del usuario para que pueda hacer correcciones. Cabe señalar que el receptor DGPS debe disponer de un software específico para el cálculo de la posición corregida y de un sistema de telecomunicaciones para la transmisión de datos (Kaplan y Hergarty, 2006).

4.1.4.4. Escáner Láser. El autor Perez. S & (2007) se denomina Documentación Geométrica de Alta Definición (High-Definition Survey, HDS) al método de medición no-intrusivo que permite una captura de información rápida, detallada y precisa de una superficie o volumen por medio de una herramienta basada en la tecnología de escáner con láser, un instrumento de registro que también es denominado como Láser Escáner Terrestre (Terrestrial Laser Scanning, TLS, por diferencia con otras herramientas de características similares, como el cada vez más extendido LIDAR, que opera sobre una plataforma aerotransportada).

El Láser Escáner realiza un barrido de una superficie captando miles de puntos por segundo con un haz de láser en abanico. Como resultado final se obtiene una nube de puntos 3D compuesta por cientos de miles de mediciones individuales en un sistema de coordenadas (x, y, z), que en sí mismas componen un modelo tridimensional de los objetos registrados, aunque, como tal conjunto de puntos sin procesamiento posterior, son un modelo muy simplificado que opera sólo visualmente, pues se compone únicamente de entidades singulares tipo punto. Además, esta visualización puede llegar a alcanzar gran realismo ya que estos puntos pueden reflejar el color de la superficie registrada. Esto es posible ya que, como en el caso del modelo del escáner que se ha empleado para los trabajos que aquí se presentan, el escáner incorpora una cámara fotográfica de alta resolución que permite relacionar cada punto medido con el láser con color del píxel correspondiente de la fotografía de referencia.

4.1.4.5. Ecosonda. Es un dispositivo utilizado para operaciones de sondeo topográfico. Consiste en una unidad (transductor) colocada en una embarcación que emite ondas sonoras que se reflejan en la superficie submarina y pueden describir la forma del terreno. Hay varios



elementos integrales para el funcionamiento de la ecosonada, como el registrador, el transmisor, el receptor y el transductor.

Existen ecosondas únicas y múltiples. El ecosonda monohaz es antigua que es donde solo de utiliza una, emite una única onda de sonido, lo que requiere que la nave utilizada realice varias rutas para abarcar el área total y definir la descripción de terreno ubicado debajo del espejo de agua. El ecosonda múltiple o multihaz describe de manera precisa a diferencia de la monhaz el fondo acuático, aportando la profundidad y morfometría del terreno. La ecosonda proporciona diversos haces de sonido con direcciones distintas y transversales a la dirección de recorrido de la embarcación, esto le permite al equipo realizar correcciones de la ubicación de los puntos del terreno. Entre los beneficios que tienen este tipo de ecosonda es optimizar la productividad, reducir costos y disminuir la jornada de trabajo del levantamiento topográfico (Ecosonda, 2021).

4.1.4.6. Medidor Electrónico de Distancia EDM. Este dispositivo detecta sin la necesidad de tener contacto con las distancias. Es muy utilizado para diversos campos industriales, en especial para obras civiles, carpintería, techadores y cerrajeros (óptimo en la medición). Se diferencia de la estación y el dron por su funcionamiento sencillo y por sus medidas precisas (PCE, 2022).

4.1.5. Escalas

Para cambiar el tamaño de un terreno en un plano, primero debe crear una cierta proporción llamada escala.

4.1.5.1. Escalas Globales. Se utilizan para estudios generales de viabilidad a gran escala, como la construcción de carreteras; también se utilizan en mapas de grandes regiones y países, donde los elementos se representan en esta escala, pero también simbolizan muchos otros elementos. Se tomaría como escalas pequeñas cuando su rango va desde una escala 1: 50.000.000 a 1: 500.000 (Grupo Trato, 2021).

4.1.5.2. Escalas Regionales. Se utilizan para estudios generales de viabilidad a gran escala, como la construcción de carreteras. También se utilizan en mapas de grandes regiones y países, donde los elementos se representan en esta escala, pero también simbolizan muchos otros elementos. Se determinarían como escalas medianas cuando su rango va desde una escala 1: 500.000 a 1: 50.000 (Grupo Trato, 2021).

4.1.5.3. Escalas Locales. Se utilizan para pequeños proyectos desarrollados en entornos urbanos. También son una escala de uso común en los mapas de ciudades. Se consideran escalas grandes cuando su rango va desde una escala 1: 50.000 a 1: 50 (Grupo Trato, 2021).

4.1.6. Curvas de Nivel

Navarro S. (2008), define las curvas de nivel como “líneas que, en un mapa, unen puntos de la misma altitud, por encima o por debajo de una superficie de referencia, que generalmente coincide con la línea del nivel del mar, y tiene el fin de mostrar el relieve de un terreno. Las curvas de nivel son uno de los variados métodos que se utilizan para reflejar la forma tridimensional de la superficie terrestre en un mapa bidimensional”. Estas se dividen en curvas principales y secundarias.

4.2. Geología

Según Navarrete, (2005) la “Geología es la ciencia que concierne a la Tierra y los materiales de los que está constituida, los procesos que los formaron durante el tiempo geológico y el modelado de su superficie en el pasado y en el presente”.

A su vez existen diversos autores que unen la historia y la evolución, en términos de geología es ahí, donde Escobar (2020) afirma que: “la Geología es la ciencia que estudia el planeta Tierra en su conjunto, describe los materiales que la forman para averiguar su historia y su evolución e intenta comprender la causa de los fenómenos endógenos y exógenos. La unidad de tiempo en geología es el millón de años” (Navarrete, 2005).

4.3. Geodinámica

La UNIANDES (2022) referencia a la geodinámica como el estudio de las fuerzas internas y externas que afectan la Tierra a diferentes escalas, y cómo estas fuerzas producen los fenómenos naturales tales como las mareas, el movimiento de las placas tectónicas, los terremotos, la formación de continentes, montañas y cuencas. Aplica los conceptos de la Física para desarrollar modelos que explican la convección del manto, la generación del campo magnético, los procesos eruptivos de los volcanes, la deformación de la corteza terrestre, los cambios en el nivel del mar, entre otros. También se aplica al estudio de la dinámica de otros planetas. Esta es una rama de la geología que estudia los agentes o fuerzas que intervienen en los procesos dinámicos de la Tierra y que dan origen a las rocas.

4.3.1. Rocas Ígneas

Las rocas Ígneas se producen por procesos geológicos endógenos. Dependiendo del área donde se dé la solidificación, las rocas ígneas pueden ser intrusivas o extrusivas. En la Tierra existen dos ambientes geográficos de formación de rocas ígneas: el oceánico y el continental; por regla general en el oceánico estas rocas son ricas en minerales ferromagnesianos y se denominan rocas básicas o ultra básicas y en el ambiente continental son ricas en minerales con abundancia de sílice y aluminio y se llaman rocas ácidas. Estas denominaciones se dan en función de la composición química de las rocas. Según la profundidad de formación, las rocas pueden ser plutónicas, cuando provienen del magma que se ha enfriado en el interior de la corteza; o volcánicas, cuando el magma se ha enfriado sobre ella. También puede ocurrir que el magma se enfríe próximo a la superficie, pero no sobre ella, conduciendo a rocas hipoabisales (Escobar, 2020).

Proceden de líquidos denominados magma, que por enfriamiento solidifican en un proceso ordenado de cristalización según determinado conjunto de minerales, dependiente de la composición de ese magma. Debido a ello, a las rocas ígneas también se las suele denominar rocas magmáticas (Varela, 2014).

Una roca ígnea intrusiva es aquella que se formó en el interior de la Tierra, bajo su superficie, por la solidificación del magma de una cámara magmática, dique, sill o lacolito.

- Cuando el magma de una cámara cristaliza recibe el nombre de plutón y, por este motivo a estas rocas también se les llama “plutónicas”. Granitos, dioritas o gabros son algunos ejemplos.
- Las rocas ígneas extrusivas resultan cuando la solidificación del magma tiene lugar sobre la superficie de la Tierra, ya sea de un continente o del fondo del mar (Martínez, 2008).

4.3.2. Rocas Sedimentarias

Las rocas sedimentarias más importantes por su abundancia y en su orden, según Varela (2014) son: la lutita, la arenisca y la caliza. Aunque las rocas sedimentarias constituyen una proporción muy pequeña del volumen de la corteza de la Tierra, son altas las posibilidades de encontrarlas en la superficie, donde tres cuartas partes de las rocas expuestas son sedimentarias.

La acumulación puede ocurrir en medio ambiente marino o continental, en el seno de un fluido líquido (océanos, mares, lagunas, ríos, etc.) o gaseoso (sobre la superficie,

en desiertos, estepas, etc.). La materia acumulada consiste en fragmentos de materiales preexistentes (clastos), en precipitados químicos, o una mezcla de ambos.

4.3.3. Rocas Metamórficas

En la corteza la temperatura aumenta en promedio 33 °C por Km. (1°C por cada 30 metros de profundidad), y la presión unas 1000 atmósferas cada 3 Km. (1 atmósfera cada 3 metros), por lo que a más de 200 °C y 2000 atmósferas (6000 metros) se forman rocas metamórficas como las granulitas, eclogitas, gneises y esquistos. Algunas rocas son de alta temperatura y baja presión (dorsales oceánicas), o baja temperatura y alta presión (zonas de subducción) (Escobar, 2020).

Hay minerales que al variar las condiciones de su ambiente dejan de ser estables y desaparecen, con aparición de nuevas especies. Al mismo tiempo se produce un nuevo arreglo de texturas y estructuras, que tiene relación con el campo de esfuerzos durante el metamorfismo (Varela, 2014).

Dependiendo del tipo de roca que se modifica y de las nuevas condiciones de presión y/o temperatura a las que se sometan se producirán los distintos tipos de rocas metamórfica. A las transformaciones de una roca debido a un incremento de la temperatura se le llama metamorfismo de contacto, y está relacionado con el ascenso de magmas y la formación de rocas plutónicas y volcánicas. Al conjunto de las transformaciones que sufre una roca a causa del incremento de presión se le llama metamorfismo regional. Este nombre hace alusión a que los procesos geológicos que pueden ocasionarlo no son puntuales, sino regionales y actúan sobre grandes extensiones de terreno (Varela, 2014).

4.3.4. Geomorfología

La revista científica "Nature" (1886), define Geomorfología como el estudio del relieve; el campo de acción de los geomorfólogos será por tanto el del estudio de las formas que presenta el relieve, así como la jerarquización de las mismas. Posteriormente, el objeto de estudio se ha centrado en los procesos que originan los distintos relieves, así como en los procesos de deposición de los materiales.

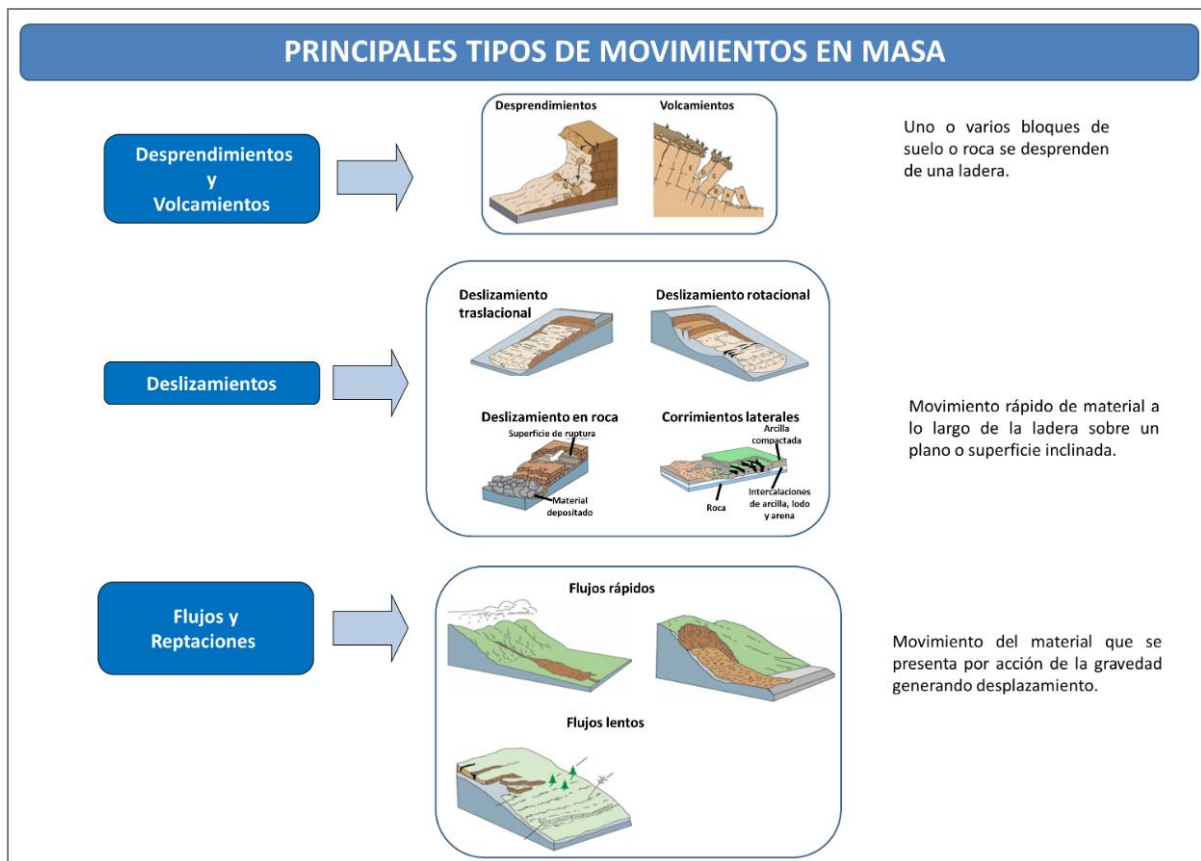
Se trata de una ciencia interdisciplinar con fundamentos en química, física, matemáticas, biología, geografía e historia. La geomorfología estudia los procesos que se dan en la superficie de la tierra. Muchos de estos procesos son de origen tectónico, sedimentológico, meteórico. Como peculiaridad, frente a otras disciplinas de la Geología, los procesos que estudia la geomorfología se producen actualmente. Esto plantea en su

estudio ventajas (podemos observar los procesos y no sólo los resultados) e inconvenientes (en procesos deposicionales actuales no se puede observar la disposición interna de los mismos). Se podría decir que la geomorfología trata, mediante el estudio del presente, de evaluar la importancia que tuvieron los eventos del pasado en la generación de las formas del relieve actual (Bañón y Martínez, 2000).

4.3.4.1. Movimientos en Masa. Un movimiento en masa es el proceso por el cual un volumen de material constituido por roca, suelo, tierras, detritos o escombros, se desplaza ladera abajo por acción de la gravedad. Son conocidos popularmente como deslizamientos, derrumbes, procesos de remoción en masa, fenómenos de remoción en masa, fallas de taludes y laderas.

Figura 1

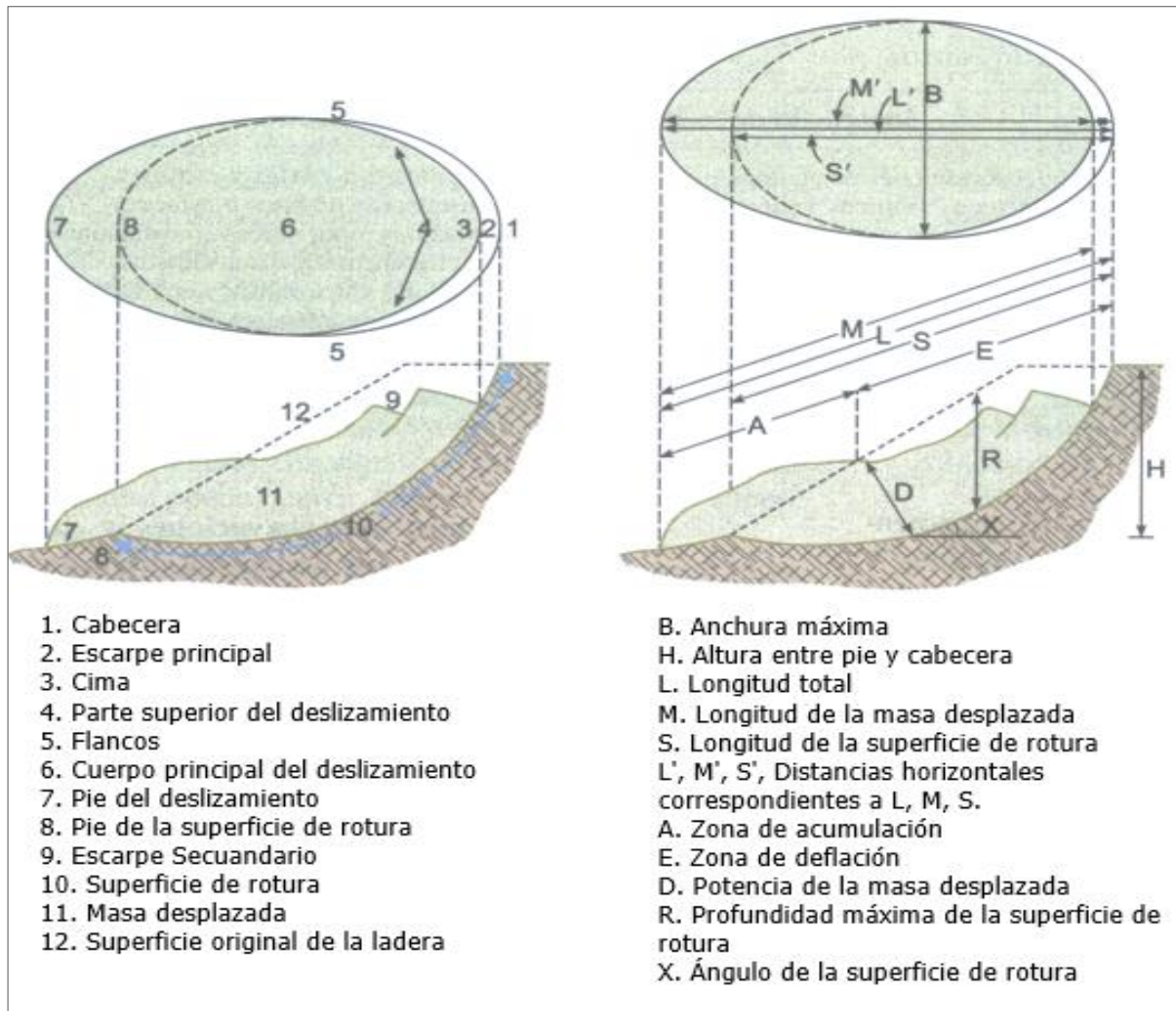
Tipos de movimientos en masa.



Nota: En la figura se representa la clasificación principal de movimientos en masa. Obtenido de: (GEMMA, 2007)

Los deslizamientos están conformados por diversos elementos que constituyen su morfología y morfometría:

Figura 2
Morfología y morfometría de un deslizamiento.



Nota: En la figura se representa un esquema morfométrico y morfológico de una representación de deslizamiento. Obtenido de: https://www.ugr.es/~ren03366/DEA/DEA/marco_figuras.htm

4.3.5. Geología Estructural

El autor Griem (2020) establece que es la disciplina científica que se ocupa del estudio de la deformación de la corteza tanto a escala pequeña como a gran escala. Su alcance es vasto, cubriendo desde el estudio de los defectos en los arreglos atómicos de los cristales hasta la estructura de las fallas y sistemas de pliegues en la corteza de La Tierra. El principal objetivo de la geología estructural es medir la deformación en la corteza para entender cuál fue la historia de deformación registrada por las rocas y cómo, cuándo y por qué se acumuló esta deformación.

La geología estructural incluye a todos los procesos y elementos cuales están relacionados a las fuerzas tectónicas presentes en la corteza terrestre. En la geología estructural se analiza estructuras geológicas especialmente tectónicas para aclarar la

acción de fuerzas dirigidas durante la historia geológica. Estos análisis, a parte de un alto interés científico en general, pueden apoyar la prospección o exploración.

4.3.6. Planos Geológicos

En la mayoría las rocas que constituyen el planeta se muestran diversos planos geológicos. Existen en general dos tipos de planos:

4.3.6.1. Foliaciones Primarias. Se originan antes de la litificación, es decir durante la deposición. Ejemplos: Estratos, Flujo magmático.

4.3.6.2. Foliaciones Secundarias. Tienen su origen después de la litificación: Todos los planos cuales se han formado a causa de fuerzas tectónicas presentes en la corteza terrestre. Ejemplos: Diaclasas, Fallas.

Concepto de rumbo, manteo, dirección de inclinación (Griem W, 2020).

Para describir la orientación de un plano geológico matemáticamente se necesitan dos (o tres) propiedades:

- a) Dirección de inclinación
- b) Rumbo
- c) Manteo

El rumbo es la línea horizontal de un plano. El rumbo tiene dos direcciones de 180° de diferencia. La dirección de inclinación o dirección del buzamiento es la dirección hacia donde se inclina un plano. (Es la proyección horizontal de la línea de del máximo pendiente). El manteo es el ángulo entre el plano y un plano horizontal. El manteo de un plano horizontal es 0° , de un plano vertical es 90° .

4.3.6.3. Fallas. Según la (Red Sismológica Nacional, 2019). Hay tres principales tipos de fallas: normal, inversa y de desplazamiento de rumbo (movimiento horizontal).

Las fallas son roturas en las rocas a lo largo de la cual ha tenido lugar movimiento. Este movimiento se llama desplazamiento. Origen de estos movimientos son fuerzas tectónicas en la corteza terrestre, cuales provocan roturas en la litosfera. Las fuerzas tectónicas tienen su origen en el movimiento de los continentes.

- **Fallas normales**

Constituyen planos a lo largo de los cuales un bloque “baja” con respecto al otro. Siempre se considera que es una falla normal si el bloque que está “encima” del plano (techo) baja con respecto al bloque que está “debajo” del plano (piso). Este tipo de fallas se origina por la separación de placas tectónicas, es decir, por distensión.

- **Fallas inversas**

Provocan un levantamiento del suelo, es decir que el bloque que está encima del plano de falla (techo) “sube” con respecto al bloque que está debajo del plano (piso).

Según Griem (2020), las fallas de desplazamiento de rumbo son un tipo de falla en la cual el movimiento general es paralelo al rumbo de la superficie de falla y los bloques se desplazan lateralmente uno respecto al otro. Usualmente, las evidencias que se buscan en el campo para encontrar estas fallas son filas de árboles desplazados, cauces de ríos desplazados, cercas desplazadas lateralmente, entre otros. (Red Sismológica Nacional, 2019)

4.3.6.4. Pliegues. Según Arellano (2010) “Un pliegue es una estructura secundaria resultado de deformación dúctil heterogénea, la cual se manifiesta como una o varias ondulaciones de sus elementos originales.”

Las partes de un pliegue son:

- Flanco o limbo. Es la superficie de uno de los lados del pliegue. Cada pliegue tiene dos flancos.
- Cresta. Es el punto más alto en la superficie plegada.
- Valle. Es el punto más bajo en la superficie plegada.
- Punto de charnela. Es el punto de máxima curvatura del pliegue.
- Línea de Charnela. Es la línea que une los puntos de máxima curvatura de un pliegue y pasa por los puntos de charnela.
- Superficie o plano de charnela (plano axial). Superficie que contiene las líneas de charnela de un pliegue en un mismo plano estructural.

En los pliegues al igual que en las fallas se encuentran diferentes tipos:

- Anticlinales. Son pliegues que presentan una superficie convexa hacia el exterior del pliegue. En ellos los estratos que conforman el núcleo son los más antiguos y los más modernos se localizan en los flancos.
- Sinclinales. Son pliegues que presentan una superficie convexa dirigida hacia el interior del pliegue. En este caso los estratos más modernos están situados en el núcleo y los más antiguos en los flancos.
- Monoclinal: Flexión o inclinación estructural en una sola dirección, semejante a un escalón, en zonas donde predominan capas horizontales.
- Homoclinal: Flexión estructural en una sola dirección con echado uniforme, es semejante a una rampa.

- Anticlinorios. Es una asociación en la que los pliegues presentan una convergencia de los planos axiales hacia el interior.
- Sinclinorios. En esta asociación de pliegues los planos axiales divergen hacia el interior (Arellano, J, 2010).

4.3.7. *Métodos de Mapeo Geológico*

Existen diferentes métodos para llegar a un mapeo de la geología específica de un área. Entre los principales se destaca:

4.3.7.1. Fotointerpretación. Es el proceso por el que se extrae la información contenida en la fotografía aérea. En una primera fase se trata de reconocer y ubicar los diferentes elementos que aparecen representados. Se requieren ciertos conocimientos acerca de los procesos geomorfológicos, formaciones vegetales y usos del suelo del área de trabajo; hace falta además tener en cuenta la escala del fotograma y el tamaño de los objetos representados. Resulta por tanto una técnica instrumental útil en estudios territoriales. Diversos son los elementos que pueden ayudar a identificar litologías como: tonos característicos, formas de modelado a que dan lugar, tipología de la red de drenaje a que dan lugar y comportamiento de la vegetación en relación a los diferentes tipos de roca (Fotointerpretación Geología y Geomorfología, 2022).

Las rocas sedimentarias presentan planos de estratificación y un bandeo característico fácilmente identificable en la fotografía, aunque, en algunos casos, pueden aparecer oculto por la vegetación. Sin embargo, a veces las discordancias litológicas pueden aparecer resaltadas debido a las preferencias de la vegetación por un tipo de roca u otro. Las arcillas se caracterizan por un color oscuro, más claro en el caso de las arcillas arenosas. La red de drenaje aparece muy desarrollada y de alta densidad. Resulta difícil identificar fracturas o fallas debido a que la plasticidad de la arcilla las enmascara.

Las margas son arcillas que contienen entre un 35 un 65 % de CO_3Ca por lo que su color es algo más claro y su morfología es semejante a la de las arcillas. Sin embargo, dependiendo de la composición pueden dar lugar a morfologías y colores muy diferentes. Las arenas dan lugar a relieves bajos, formando llanuras irregulares drenadas por redes dendríticas cuya densidad dependerá del grado de cohesión y humedad de las arenas. Los interfluvios tienen formas suaves al contrario que en el caso de las arcillas. Si aparecen mezclas de arenas y arcillas las características de drenaje se combinan.

Los conglomerados presentan características muy cambiantes en función de los materiales de los que están formados dando lugar a una gran variedad de formas y relieves. En general forman plataformas extensas, horizontales o algo inclinadas extensas, que protegen de la erosión otros materiales más débiles. Por su falta de elasticidad suelen fracturarse en caso de sufrir esfuerzos tectónicos. Estas fracturas pueden reconocerse, no sólo por la presencia de escarpes, sino también a que tanto la vegetación como la red de drenaje se concentran en ellas.

Los estratos calizos son continuos y con bordes suaves y redondeados y forman resaltes sobre otros estratos menos resistentes. En el caso de que hayan experimentado pliegues complejos su identificación puede resultar compleja.

En el caso de estratos de calizas puras, horizontales o subhorizontales y afectados por procesos de fracturación, estos se ven sometidos a procesos de carstificación que se muestran en la fotografía aérea como alineaciones de dolinas y la aparición de poljes. Por otra parte, la infiltración del agua supone la ausencia de red de drenaje y la escasez de la vegetación. Es habitual la presencia de capas intercaladas de estratos calizos intercalados con margas o margocalizas perfectamente identificables en el caso de que los pliegues no sean muy complejos (Fotointerpretación. Geología y Geomorfología, 2022).

4.3.7.2. Descripción e Interpretación de Afloramientos. El afloramiento significa el surgimiento de roca madre a la superficie de la Tierra tras haber sido arrastrados todos los materiales que la cubrían, facilitando el estudio y mapeo geológico. Este arrastre de los materiales dejando al descubierto la roca madre puede suceder por procesos naturales (como por ejemplo la erosión provocada por los ríos, por las lluvias, glaciares o el deslizamiento de tierras) o por procesos artificiales (como la apertura de carreteras y túneles que ponen en descubierto las rocas) (Knoow, 2015).

La descripción mediante fichas, mediante la observación en campo, permite realizar una interpretación, para finalmente ser representada en un mapa.

4.3.7.3. Excavaciones. Se realizan distintas labores para extraer muestras y luego analizar para saber el tipo de litología que corresponde, entre las principales existen las calicatas y trincheras.

4.3.7.4. Calicatas. Son una de las técnicas de prospección empleadas para facilitar el reconocimiento geotécnico, estudios edafológicos o pedológicos de un terreno. Son excavaciones de profundidad pequeña a media. permiten la inspección directa del suelo que se desea estudiar y, por lo tanto, es el método de exploración que normalmente entrega la información más confiable y completa.

La sección mínima recomendada es de 0,80 m por 1,00 m, a fin de permitir una adecuada inspección de las paredes. El material excavado deberá depositarse en la superficie en forma ordenada separado de acuerdo a la profundidad y horizonte correspondiente. Debe desecharse todo el material contaminado con suelos de estratos diferentes. Se dejarán plataformas o escalones de 0,30 a 0,40 metros al cambio de estrato, reduciéndose la excavación. Esto permite una superficie para efectuar la determinación de la densidad del terreno. Se deberá dejar al menos una de las paredes lo menos remodelada y contaminada posible, de modo que representen fielmente el perfil estratigráfico del pozo. En cada calicata se deberá realizar una descripción visual o registro de estratigrafía comprometida (Torres, 2013).

4.3.7.5. Trincheras. Es una técnica y/o método geológico de campo para investigar las características o propiedades del subsuelo, la cual consiste en una excavación superficial. Las trincheras geológicas se proyectan en el terreno perpendiculares a línea de falla o ramificación de la misma con un ángulo de proyección de 45°aproximadamente. Esto último permite la identificación de las unidades litológicas afectadas, visualización del plano de falla, tipo de falla geológica, salto vertical y horizontal del mismo, entre otros (González, 2002).

4.4.Mapeo Geológico

El mapeo geológico es el proceso de transferir las observaciones de la geología realizadas en el campo a uno de los diferentes tipos de mapas base mencionados anteriormente. Un buen mapa geológico se genera casi por completo en el campo y tienen las siguientes características: (a) La información registrada debe ser objetiva, basada en un examen cuidadoso de las rocas y las exposiciones y con una mente abierta y sin ideas preconcebidas. (b) Se deben mostrar tanto los datos observados positivamente como lo interpretado, pero el usuario debe poder distinguir claramente entre la información que fue observada en el lugar (datos) y las inferencias que se hicieron de las observaciones geológicas (interpretación). Por ejemplo, los contactos estratigráficos que se observan en el afloramiento son claramente distinguidos de los que se basan en el mapeo de float (fragmentos de roca dispersos sobre el suelo), a partir de los suelos o por fotointerpretación. (c) Las relaciones geológicas/temporales entre unidades,

estructuras, etc. deben ser consistentes en todo el mapa. (d) Los datos se deben mostrar en un nivel de detalle que corresponda a la escala del mapa, el mapa no debe contener excesiva información que lo torne confuso e imposible de leer ni estar escaso de datos (Echeveste, 2014, pág. 162).

4.4.1. Métodos Para Plasmar Mapas

4.4.1.1. Técnicas Manuales. Hace muchos años cuando no existían herramientas computarizadas (software), representar un mapa era una labor más complicada y se realizaba a mano con trazos. Previo a la representación del mapa, se tomaba datos mediante la visualización de estructuras, materiales y relieve. Finalmente se dibujaban y representaban en un tramado acorde a la litología y las formas encontradas.

4.4.1.2. Sistemas de Información Geográfica. Visualizar la información geográfica e interpretar en un mapa es una parte fundamental del trabajo con un SIG. Aunque no es un aspecto imprescindible, y es posible incluso encontrar SIG enfocados al análisis en los cuales no existe forma de visualizar la información con la que se trabaja, la gran mayoría de soluciones incluyen las funcionalidades de visualización como elemento básico, y estas resultan imprescindibles para muchos de sus de usuarios.

La representación en pantalla dentro del SIG puede guardar similitud con la idea clásica de mapa, o bien ser distinta, aprovechando elementos que no son habituales en esos mapas y que la tecnología del SIG sí que permite.

En ambos casos, lo más relevante de cara a los conocimientos que el usuario del SIG debe tener en cuanto a visualización es la capacidad de convertir los datos en elementos visuales útiles y con significado, con independencia de que estos vayan a representarse y usarse en pantalla durante una sesión de trabajo, o bien vayan a imprimirse en papel para su uso posterior en ese soporte. Este es el objetivo de esta parte del libro: proporcionar las ideas fundamentales para que el usuario de SIG logre las mejores representaciones visuales durante su trabajo con el SIG. Para ello, lo primero es conocer qué nos ofrece un SIG como herramienta de visualización y qué podemos esperar de él (Olaya, s.f.).

4.4.2. Herramientas SIG

Olaya (s.f.) hace referente a que las herramientas SIG más habituales automatizan las tareas que, en el pasado, se realizaban manualmente, como es el caso de la recopilación de nuevos mapas superponiéndolos unos sobre otros o el hecho de recortar en pedazos aquellos mapas que representaban el estudio específico de algunas áreas y que luego

cambiaban su proyección. Algunas de estas tareas manuales eran tan arduas y complejas que no hacían más que entorpecer la diseminación del conocimiento geográfico y de los datos, y en ellas se encontró el ímpetu necesario para inventar los SIG.

4.4.2.1. Superposición y Proximidad. Los primeros dos conjuntos de herramientas más habituales responden a dos de las preguntas más básicas de geografía: ¿Qué es lo está situado encima de algo? y ¿Qué es lo que hay cerca? En la sección Análisis de superposición se trata el primer conjunto de herramientas, mientras que en Análisis de proximidad se trata el segundo.

4.4.2.2. Superficies. Los fenómenos geográficos no están limitados a puntos, líneas y polígonos discretos, sino que también incluyen datos, como la elevación, la pendiente, las precipitaciones y la temperatura, que varían continuamente a lo largo y ancho de la superficie de la Tierra (u otro planeta u objeto en estudio). A estos datos continuos se les conoce como "superficie" y son modelados con rásters y TIN. En la sección Creación y análisis de superficies se trata el conjunto de herramientas necesario para crear y analizar superficies.

4.4.2.3. Estadísticas Espaciales y no Espaciales. Uno de los axiomas de la geografía reside en que las cosas que se encuentren juntas serán más parecidas que las cosas que se encuentren más alejadas. Este axioma compone la base de las poderosas herramientas de estadística espacial que permiten descubrir y caracterizar patrones geográficos y que aparecen descritos en Análisis estadísticos, además de algunas herramientas de estadísticas estándar no espacial; como, por ejemplo, mínimo, máximo, suma, frecuencia, promedio y desviación estándar.

4.4.2.4. Administración de Tablas. ArcGIS almacena datos en tablas fácilmente accesibles, y la mayoría de flujos de trabajo conlleva algún tipo de administración de tablas; como, por ejemplo, agregar o borrar campos, crear relaciones entre las tablas o crear entidades a partir de columnas que contengan coordenadas. En Análisis y administración de tablas se describen las herramientas básicas necesarias para la administración de tablas.

4.4.2.5. Selección y Extracción. Los data sets SIG a menudo contienen muchos más datos de los necesarios, y un conjunto común de tareas sirve para reducir o extraer datos de datasets de mayor tamaño y complejidad. Las herramientas necesarias para desempeñar estas tareas aparecen descritas en el apartado Seleccionar y extraer datos (ArcMap, 2015).

4.4.3. Elementos Esenciales en un Mapa

4.4.3.1. Título. El título expresa la esencia del mapa o sea su tema principal. Debe incluir el área o zona geográfica que representa y el objeto de estudio.

4.4.3.2. Fecha de los Datos. Los mapas son representaciones estáticas de un fenómeno temporal y por lo tanto debe indicarse claramente la fecha en que fueron recolectados los datos.

- Fecha de publicación del mapa: día, mes y año en que se publica el mapa.
- Leyenda: En los mapas se utilizan símbolos, tramados, colores o tonos de gris para expresar cantidades, gradientes o proporciones.
- Proyección y datum: La proyección y el datum son dos atributos del mapa que definen sus características y propiedades geométricas.

Esta información es esencial para referenciar y posteriormente manipular un mapa utilizando un sistema de información geográfica (Olaya, s.f.).

4.4.3.3. Escala. Para determinar la escala se debe:

- Indique la escala gráfica y/o numérica de su mapa.
- Autor(a)/Fuente:
- Indique si usted es el autor o si la información utilizada para elaborar el mapa proviene de otra fuente. Recuerde que usted debe dar crédito al autor(es) de la información original.

Algunas otras formas de representar la realidad para usos específicos son:

- Plano: Los planos representan a gran escala, una porción reducida de la superficie terrestre y son elaborados por topógrafos. A diferencia de los mapas, los planos, no requieren de la utilización de símbolos; ya que los objetos o rasgos del terreno son expresados utilizando sus formas dimensiones reales. Otra diferencia con los mapas es que no requieren de un control geodésico.

4.4.3.4. Carta. La carta es una representación del espacio marítimo o aéreo y es utilizada con fines de navegación (Ej. cartas náuticas y aeronáuticas). El diseño de las cartas tiene como fin facilitar su lectura por parte del navegante y por esta razón no todas tienen la misma escala. Dependiendo de su uso resaltarán estructuras tales como aeropuertos (aéreos y náuticos), ciudades, carreteras, líneas férreas, encalladeros, topografía, etc. (Fallas, 2003).



4.5. Geotecnia

La geotecnia es la rama de la ingeniería, en la que la mecánica de suelos, la mecánica de rocas y la geología se encuentran íntimamente relacionadas para desarrollo de la ingeniería civil. Se dirige a la caracterización de suelos y rocas en el subsuelo para definir el tipo de cimentación de estructuras (Masabanda et al., 2018).

4.5.1. Caracterización Geotécnica

La caracterización geotécnica consiste en la combinación de criterios geomecánicos, de geología para ingeniería, geomorfológicos y de comportamiento estático y dinámico, para cada uno de los estratos del subsuelo (GEOMINAS, 1999).

4.6. Métodos de Exploración Geotécnica

El libro de Criterios Lineamientos Técnicos (2014), clasifica los métodos de exploración geotécnica en 3 grupos, Indirectos, semidirectos y directos.

4.6.1. Métodos Indirectos (Geofísicos)

El libro de Con estos métodos de exploración se realizan mediciones indirectamente de propiedades físicas de los suelos y rocas. Los principales métodos geofísicos son los siguientes:

4.6.1.1. Geosísmico. Con el método Geosísmico, mediante la interpretación de resultados, se pueden deducir propiedades mecánicas y la distribución de los materiales en el subsuelo, empleando las velocidades de las ondas de compresión y de corte que se transmiten a través de los materiales en el subsuelo, por efecto de las vibraciones producidas por la detonación de una carga de explosivos. Por medio de su interpretación permiten definir, aproximadamente, la geometría de la estratigrafía y extrapolar los resultados obtenidos por métodos directos. El método se utiliza principalmente para deducir:

- a) Compacidad de los materiales.
- b) Profundidad de los contactos.
- c) Espesor de los estratos
- d) Módulo dinámico de rigidez al cortante.
- e) Módulo dinámico de elasticidad.
- f) Relación de Poisson de los materiales.

4.6.1.2. Sondeos Eléctricos Verticales. El Sondeo Eléctrico Vertical es una prueba que se usa para conocer la distribución de resistividad del suelo. Dadas las propiedades eléctricas de los materiales que constituyen del subsuelo, éste manifiesta un determinado comportamiento ante el paso de corriente eléctrica. Dicho comportamiento se manifiesta en líneas de campo o flujo eléctrico constante para materiales homogéneos, por ello cuando los valores y características de estos campos varían, indican un cambio de materiales o una discontinuidad dentro de un mismo depósito. Así, los suelos gruesos o rocosos se caracterizan por presentar una alta resistividad, mientras que las zonas arcillosas o con altos contenidos de humedad y sales corresponden con anomalías de baja resistividad (Sísmica de Suelos, 2020).

Operacionalmente, los métodos eléctricos de resistividad en corriente continua consisten en inyectar corriente al terreno mediante dos electrodos que son clavados en el mismo, conocidos como A y B; el campo eléctrico así generado se monitorea a través de mediciones de diferencias de potencial ΔV entre otros dos electrodos, conocidos como M y N. El cociente de la corriente inyectada I entre la diferencia de potencial ΔV multiplicado por la constante geométrica del arreglo empleado K , determina el valor del parámetro medido conocido como resistividad aparente, en unidades ohm-m ($\Omega \cdot m$) y que físicamente representa la dificultad que encuentra la corriente eléctrica para fluir a través de un material (Sísmica de Suelos, 2020).

4.6.2. Métodos Semidirectos

Consisten en realizar pruebas en el campo para estimar las propiedades físicas y mecánicas de los suelos, a partir de correlaciones empíricas. En estos métodos de exploración se pueden recuperar muestras representativas alteradas.

4.6.2.1. Método del Cono. Esta prueba se utiliza en suelos blandos con espesores mayores de 10m En suelos arenosos y en arcillas de origen lacustres ha demostrado eficacia la aplicación del método, y está creciendo la tendencia a aplicarlo en los suelos pumíticos de la zona metropolitana de Guadalajara. Se puede usar en lugar del método de penetración estándar.

4.6.3. Métodos Directos

En estos métodos de exploración se obtienen muestras que sirven para conocer las propiedades físicas, mecánicas e hidráulicas del suelo. Las muestras representativas obtenidas pueden ser, alteradas o inalteradas que son necesarias en los casos de tipos de obras de infraestructura donde se requiere obtener parámetros mecánicos mediante pruebas especiales

de laboratorio (triaxiales, consolidaciones, etc.) y de pruebas índice, pruebas comunes de laboratorio.

4.6.3.1. Excavación de Pozos a Cielo Abierto. Los pozos se excavan con el fin de tomar muestras de cada estrato, para observar y levantar el perfil estratigráfico de sus paredes. Dichas excavaciones deben tener un área de 1.00 x 1.5m (como mínimo), con separaciones y profundidades variables, los cuales dependen de la zona donde se ubique el sitio en estudio, del material encontrado, de la posición del nivel freático y de la importancia del proyecto. Se recomienda combinarlos con sondeos de penetración estándar o de cono en las obras de infraestructura, tal como se muestra en la tabla de estudios requeridos. Existe la posibilidad de usarse en alguna otra obra de infraestructura dependiendo de las necesidades particulares del tipo de proyecto.

Una vez obtenidas las muestras y efectuada la clasificación de campo correspondiente, las excavaciones se deben proteger con postes y alambre de púas, con el objeto de evitar el acceso a ellas; cuando se terminan los trabajos se rellenan en su totalidad con material producto de la excavación.

4.6.3.2. Ensayos SPT. El ensayo de penetración estándar o SPT, es un tipo de prueba de penetración dinámica, empleada para ensayar terrenos en los que se quiere realizar un reconocimiento geotécnico. Constituye el ensayo o prueba más utilizado en la realización de sondeos, y se realiza en el fondo de la perforación (López, 2003).

4.6.4. Propiedades Físicas de los Geomateriales

4.6.4.1. Color. El color depende de su composición y cambia según el contenido de humedad, la materia orgánica presente y el grado de oxidación de las sustancias minerales presentes. Algunas propiedades del suelo pueden evaluarse como medidas indirectas. Se utiliza para distinguir secuencias en perfiles de suelos, para determinar el origen de la materia prima, la presencia de materia orgánica, el estado de drenaje y la presencia de sales y carbonatos (Braja, 2012).

4.6.4.2. Consistencia del Suelo. La consistencia es una propiedad que determina la resistencia del suelo a la deformación o agrietamiento que se le puede aplicar. Dependiendo del contenido de humedad, el suelo puede ser duro, muy duro o blando. Se mide en tres niveles de humedad: aire seco, húmedo y húmedo. Construir sobre él requiere mediciones de resistividad del suelo más precisas antes de la construcción (Braja, 2012).

4.6.4.3. Porosidad (ϕ) o Fracción de Vacío. Es una medida de los espacios vacíos en un material, y es una fracción del volumen de huecos en el volumen total y se describe como fracción, variable entre 0.0-1.0, u como un porcentaje entre 0-100%. Describe la fracción de espacio vacío en la materia, donde el vacío puede contener, por ejemplo, aire o agua. Se define entonces por la relación:

$$\phi = \frac{Vv}{VT} \quad (1)$$

Donde VV es el volumen del vacío total en el espacio (como líquidos y aire) y VT es el volumen total del material (incluye todos los componentes: sólido y vacío) (Borselli, 2021).

4.6.4.4. Índice de Vacíos. El Índice de vacíos, en ciencia de materiales, está relacionada con la porosidad y se define con la relación:

$$e = \frac{Vv}{Vs} = \frac{Vv}{Vr - Vv} = \frac{\phi}{1 - \phi} \quad (2)$$

4.6.4.5. Densidad, Peso Unitario. La densidad es la masa por unidad de volumen de un material, en geotecnia se utiliza el peso unitario.

$$p = \frac{M}{V} = [ML]^{-3} \text{ (g/cm}^3 \text{ o Mg/ m}^3\text{)} \quad (3)$$

$$\gamma = pg = p \times 9.81 \text{ (KN/ m}^3\text{)} \quad (4)$$

4.6.4.6. Gravedad Específica. La gravedad específica, G_s , es la relación entre la masa del sólido y la masa de igual volumen de agua en un medio poroso (Borselli, 2021).

$$G_s = \frac{Ms}{Vs Pw} = \frac{Ps}{Pw} \quad (5)$$

4.6.1. Propiedades Mecánicas de los Geomateriales

4.6.1.1. Criterios de Rotura en Suelos (Mohr Coulomb). La resistencia al corte de una masa de suelo está definida como la resistencia interna por área unitaria que la masa de suelo ofrece para resistir la falla por los esfuerzos y el deslizamiento a lo largo de cualquier plano dentro de éste. Un material falla debido a una combinación crítica del esfuerzo normal y

esfuerzo cortante, la aproximación del esfuerzo cortante sobre, el plano de falla como una función lineal del esfuerzo normal (Mohr, 1773). Se escribe como:

$$\tau_f = c + \sigma \tan \phi \quad (6)$$

4.6.1.2. Criterio de Rotura de Hoek. Este criterio fue propuesto inicialmente para ser utilizado en el diseño de excavaciones subterráneas en macizos rocosos resistentes. Las propiedades de las rocas que se incluyen en el mismo cuando se aplica para determinar su resistencia en los ensayos de laboratorio son:

σ_{ci} .- Resistencia a compresión simple

m_i .- Constante de material rocoso

Cuando son macizos rocosos en lugar de rocas, a estos dos parámetros hay que añadir otros dos más, incluso un tercero cuando el macizo rocoso ha sido alterado por voladuras o relajación tensional. La ecuación de Hoek-Brown para los materiales rocosos, o sea, las probetas de laboratorio es la siguiente:

$$\sigma'_1 = \sigma'_3 + \sigma_{ci} \left(m_i \frac{\sigma'_3}{\sigma_{ci}} + 1 \right)^{0.5} \quad (7)$$

Donde: σ'_1 = tensión efectiva principal máxima σ'_3 = tensión efectiva principal mínima (Hoek, 2006).

4.6.1.3. Criterios de Rotura en el Plano de las Discontinuidades Barton y Choubey.

Barton y Choubey (1976), desarrollaron un modelo empírico para poder estimar la envolvente de la resistencia al corte para discontinuidades con cualquier tipo de rugosidad. Este criterio es una forma sencilla para poder estimar la resistencia al corte de una discontinuidad mediante ensayos relativamente simples. Se basa en la siguiente expresión:

$$\tau = \sigma_n \left(\tan \left(\phi_b \log_{10} \left(1 + \frac{JRC}{\phi_n} \right) \right) \right) \quad (8)$$

Donde JRC es el coeficiente de rugosidad de la discontinuidad y JCS es la resistencia a compresión simple de los labios en la discontinuidad. El valor de JRC depende del grado de rugosidad de la discontinuidad y varía desde cero para superficies lisas.

4.6.2. Ensayos de Granulometría y Clasificación de Suelos

El análisis granulométrico de los suelos o granulometría de suelos es uno de los ensayos más básicos y sencillos para caracterizar un suelo, con este ensayo ya podemos aproximarnos a las características geotécnicas principales del suelo como por ejemplo la capacidad portante, deformabilidad o permeabilidad (Escobar, 2020).

4.6.2.1. El Sistema Unificado de Clasificación de Suelos - SUCS (Unified Soil Classification System). El Sistema unificado de clasificación de suelos (Unified Soil Classification System) lo propuso originalmente A. Casagrande en 1942 y más tarde lo revisó y adoptó el United States Bureau of Reclamation y el US Army Corps of Engineers. En la actualidad el sistema se utiliza prácticamente en todo el trabajo geotécnico. En el sistema unificado se utilizan los símbolos siguientes para fines de identificación:

Tabla 1
Simbología y tipología de materiales.

Tipo de suelo	Prefijo	Subgrupo	Sufijo
Grava	G	Bien graduado	W
Arena	S	Pobremente Graduado	P
Limo	M	Limoso	M
Arcilla	C	Arcilloso	C
Orgánico	O	Límite líquido alto (> 50)	L
Turba	Pt	Límite líquido bajo (< 50)	H
Símbolo	Características Generales		
GW	Gravas (> 50% en tamiz #4 ASTM)	Limpias (finos < 5%)	Bien graduadas
GP			Pobremente graduadas
GM		Con finos (finos > 12%)	Componente limoso
GC			Componente arcilloso
SW	Gravas (< 50% en tamiz #4 ASTM)	Limpias (finos > 5%)	Bien graduadas
SP			Pobremente graduadas
SM		Con finos (finos > 12%)	Componente limoso
SC			Componente arcilloso
ML	Limos	Baja plasticidad (LL< 50)	
MH		Alta plasticidad (LL>50)	
CL	Arcillas	Baja plasticidad (LL< 50)	
CH		Alta plasticidad (LL>50)	
OL	Suelos orgánicos	Baja plasticidad (LL< 50)	
OH		Alta plasticidad (LL>50)	
Pt	Turba	Suelos altamente orgánicos	

Nota: En la tabla se representa la simbología de cada tipo de suelo, prefijo que se utilizan, subgrupo, sufijo y su tipología. Obtenido de: (Braja, 2012)

4.6.2.2. Clasificación de Suelos AASHTO. El Sistema de clasificación de suelos de la AASHTO fue propuesto originalmente para el Highway Research Board's Committee on Classification of Materials for Subgrades and Granular Type Roads (1945). De acuerdo con la forma presente de este sistema, los suelos se pueden clasificar según ocho grupos principales, A-1 a A-8, con base en su distribución granulométrica, límite líquido e índice de plasticidad. Los suelos listados en los grupos A-1, A-2 y A-3 son materiales de grano grueso, y aquellos en los grupos A-4, A-5, A-6 y A-7 son materiales de grano fino. La turba, el fango y otros suelos altamente orgánicos se clasifican en el grupo A-8 y se identifican mediante una inspección visual (Braja, 2012).

4.6.3. Límites de Atterberg

Los límites de Atterberg o límites de consistencia están basados en que los suelos finos, presentes en la naturaleza, pueden encontrarse en diferentes estados, dependiendo del contenido de agua. Por ello un suelo se puede encontrar en un estado sólido, semisólido, plástico, semilíquido y líquido. El contenido de agua con que se produce el cambio de estado varía de un suelo a otro y en mecánica de suelos interesa fundamentalmente conocer el rango de humedades, para el cual el suelo presenta un comportamiento plástico, acepta deformaciones sin romperse (plasticidad), es decir, la propiedad que presenta los suelos hasta cierto límite sin romperse (Casagrande, 1948).

- a) **Contenido de humedad (w):** Razón entre peso del agua y peso del suelo seco de una muestra. Se expresa en porcentaje:

$$W = \frac{W_w}{W_s} \quad (9)$$

Donde: WW: peso agua

WS: peso suelo seco

- b) **Límite Líquido (LL):** contenido de humedad del suelo en el límite entre el estado semilíquido y plástico.
- c) **Límite Plástico (LP):** es el contenido de humedad del suelo en el límite entre los estados semisólido y plástico.
- d) **Índice de Plasticidad (IP):** es la diferencia entre los límites líquido y plástico, es decir, el rango de humedad dentro del cual el suelo se mantiene plástico (ASTM, 1996).

$$IP = LL - LP \quad (10)$$

4.7. Análisis de Estabilidad

4.7.1. Caracterización del Macizo Rcoso

La descripción y caracterización de los macizos rocosos en afloramientos es una labor necesaria en todos los estudios de ingeniería geológica cuyo objetivo sea el conocimiento de las propiedades y algunas características geotécnicas de los materiales rocosos, estos trabajos se realizan como etapa inicial en una investigación (in situ). Al final lo que se trata es conocer y predecir el comportamiento de los materiales rocosos ante la actuación de las fuerzas internas y externas que se ejercen sobre ellos; ya que cuando se excava un macizo rocoso o se construyen estructuras sobre las rocas se modifican las condiciones iniciales del medio rocoso, lo cual puede deformarlo o romperlo. (Vallejo, 2002)

4.7.1.1. Clasificación RMR. Bieniawski (1989) desarrolló el método Rock Mass Raiting (RMR) para la clasificación de macizos rocosos. El cual permite estimar la calidad del macizo rocoso cuantificando parámetros de fácil medición, que son establecidos en campo de manera fácil, rápida y con bajos costos. Este método incluye parámetros como: resistencia a la compresión uniaxial, Rock Quality Designation, espaciamento, condición y orientación de discontinuidades y condición o estado del agua subterránea. Con el valor obtenido para el RMR se puede establecer propiedades geotécnicas previas del macizo rocoso.

4.7.1.2. Índice de Calidad de las Rocas (RQD). El RQD (Rock quality designation index) fue desarrollado por Deere et al. (1967), para estimar cuantitativamente la cualidad del macizo rocoso basándose en la recuperación de un testigo. Depende indirectamente del número de fracturas y del grado de alteración del macizo.

El diámetro del testigo tiene que ser igual o superior a 57.4 mm, y tiene que ser perforado con un doble tubo de extracción de testigo. El RQD es el porcentaje de fragmentos de longitud superior a 10 cm, sobre la longitud total del testigo.

4.7.1.3. Geological Strength Index (GSI). Con la aparición del criterio de rotura de Hoek & Brown el uso del RMR ya no es adecuado, sobre todo para el caso de rocas débiles, y se introduce de esta forma la clasificación geomecánica GSI (Hoek, 1994; Hoek et al. 1995) El GSI es un sistema para la estimación de las propiedades geomecánicas del macizo rocoso a partir de observaciones geológicas de campo.

Las observaciones se basan en la apariencia del macizo a nivel de estructura y a nivel de condición de la superficie. A nivel de estructura se tiene en cuenta el nivel de alteración que

sufren las rocas, la unión que existe entre ellas, que viene dada por las formas y aristas que presentan, así como de su cohesión. Para las condiciones de la superficie, se tiene en cuenta si ésta está alterada, si ha sufrido erosión o qué tipo de textura presenta, y el tipo de recubrimiento existente.

4.7.2. *Ensayo de Corte Directo*

La finalidad de los ensayos de corte, es determinar la resistencia de una muestra de suelos, sometida a fatigas y/o deformaciones que simulen las que existen o existieran en el terreno producto de la aplicación de una carga, por lo que esta resistencia puede ser definida como el punto de quiebre al que llega el material (suelo) al estar sometido a una carga que supera su carga portante.

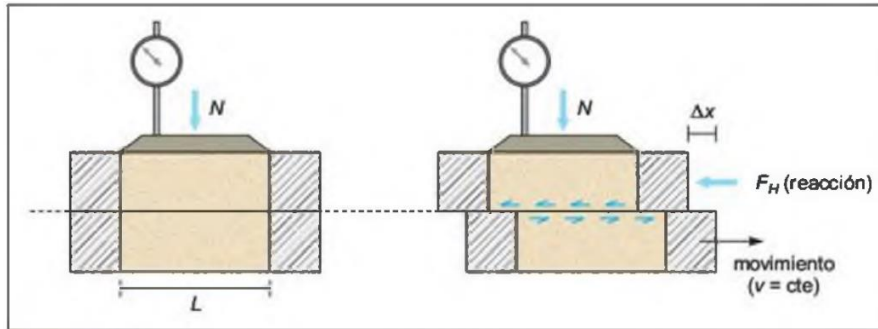
Para realizar este tipo de ensayos en un laboratorio, generalmente se utiliza un aparato de corte directo, generalmente una caja de sección cuadrada o circular dividida horizontalmente en dos partes exactamente iguales. Dentro de esta caja se coloca la muestra de suelo con piedras de textura porosa en ambos lados. Una vez todo posicionado, se aplica una carga vertical, la cual representa el esfuerzo normal, y luego una carga horizontal o esfuerzo cortante, que crea un desplazamiento de la mitad de la caja, representando así la falla inducida a través del plano (ASTM Internacional, 2012).

Según la norma ASTM Internacional (2012) existen diversos ensayos de acuerdo a las características del área:

- **Ensayo consolidado drenado (CD):** Se permite el drenaje de la muestra durante todo el ensayo, de modo que las presiones intersticiales, que es la presión ejercida en los poros o espacios vacíos en una sustancia, sean nulas durante la aplicación del esfuerzo cortante.
- **Ensayo consolidado no drenado (CU):** 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. Y es aplicable a suelos cohesivos arcillosos.
- **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. Es apto para la resistencia al corte de suelos en los que no es posible que exista drenaje, ya sea porque el mismo suelo es cohesivo.

Figura 3

Esquema del aparato de corte directo.



Nota: En la figura se representa una caja rígida de acero que se utiliza para hacer el ensayo, en la parte central se ubica la muestra. Obtenido de: Gonzales (2003).

4.7.3. Inestabilidad de Taludes

Los autores Beneytoa et al., (2014), el problema de estabilidad de taludes puede ser abordado desde distintos aspectos. Cuando se habla de estabilidad, se trata de encontrar la altura crítica del talud o la carga de colapso aplicada sobre una porción del talud, para una geometría y características de suelo dados. Evaluar la estabilidad de un talud implica un estudio en el cual se debe, entre otros eventos: caracterizar la resistencia del suelo, establecer el perfil del talud, así como las condiciones de filtración y agua subterránea, seleccionar una superficie de deslizamiento o falla y calcular su factor de seguridad, finalmente, a partir de este factor de seguridad (el cual se elige en base al destino del talud) se deberá determinar la superficie de falla crítica.

Más allá del problema de la modelación material del suelo, está presente el problema del estudio de los criterios de evaluación de sistemas estructurales. En este sentido es necesario, una vez calibrados y verificado la capacidad predictiva de los modelos computacionales desarrollados, llevar a cabo análisis computarizados de sistemas estructurales que involucren complejidades relevantes, frente a acciones estáticas y dinámicas a fin de contribuir al avance del conocimiento en lo referente a la formulación de criterios de diseño más eficientes y realistas.

4.7.4. Método de Equilibrio Límite

Los métodos de análisis de equilibrio límite son ampliamente usados y sirven para la evaluación del fenómeno de estabilidad de taludes, sumando fuerzas y momentos en relación a una superficie de falla asumida que desliza con respecto al resto de la masa de suelo. Se han publicado muchos artículos de investigación desde la aparición del primer método de análisis

realizado por Fellenius (1936), que estaba relacionado con la estabilidad de taludes o el análisis de estabilidad de taludes.

Entre los métodos de equilibrio límite más comúnmente usados se destacan los de Fellenius (1936), Taylor (1937) y Bishop (1955) para superficies de deslizamiento circulares y Bishop modificado para superficies circulares y no circulares, entre otros, siendo sus principales ventajas la simplicidad y facilidad de usar, también se encuentran disponibles los métodos de equilibrio límite de las fajas, métodos de elementos de bordes, de elementos finitos y métodos de redes neuronales (Fredlund y Scoular , 1999).

Debido al gran número de posibles superficies de deslizamiento, se usan computadoras para facilitar su búsqueda y análisis. Cabe acotar que los factores de seguridad obtenidos a partir de métodos de análisis de estabilidad que satisfacen todas las condiciones de equilibrio límite están dentro del 6 % de los demás. Estos métodos incluyen el método del círculo de fricción, el de la espiral logarítmica, métodos de equilibrio límite riguroso y el método de los elementos finitos.

Una posible razón para esta diferencia, si se usa el mismo método de análisis de estabilidad, puede atribuirse a problemas numéricos en técnicas de búsqueda simplificada utilizada en el cálculo, donde todas las superficies de ensayo son preseleccionadas. Durante las últimas dos décadas se han propuesto técnicas de búsqueda dinámica más avanzadas y esto condujo a resultados más precisos y aceptables (Beneytoa et al., 2014).

4.7.4.1. Método de Fellenius. Dentro de las características del método de Fellenius, está el hecho de que este satisface el equilibrio de momentos, por lo que, al considerar esta condición, se tiene que el momento producto de las fuerzas movilizadas sobre el centro O del círculo de falla, es igual al momento que resulta del actuar de las fuerzas resistentes sobre O.

$$F_s = \frac{\Sigma [c' \cdot \Delta l + (\gamma h \cos 2 \alpha - u \Delta l \tan \phi')]}{\Sigma W \sin \alpha} \quad (11)$$

Para encontrar el FS del círculo de rotura crítico, es decir, el mínimo FS del talud, se deben realizar varios intentos reubicando el centro del círculo de falla (Vallejo, 2022).

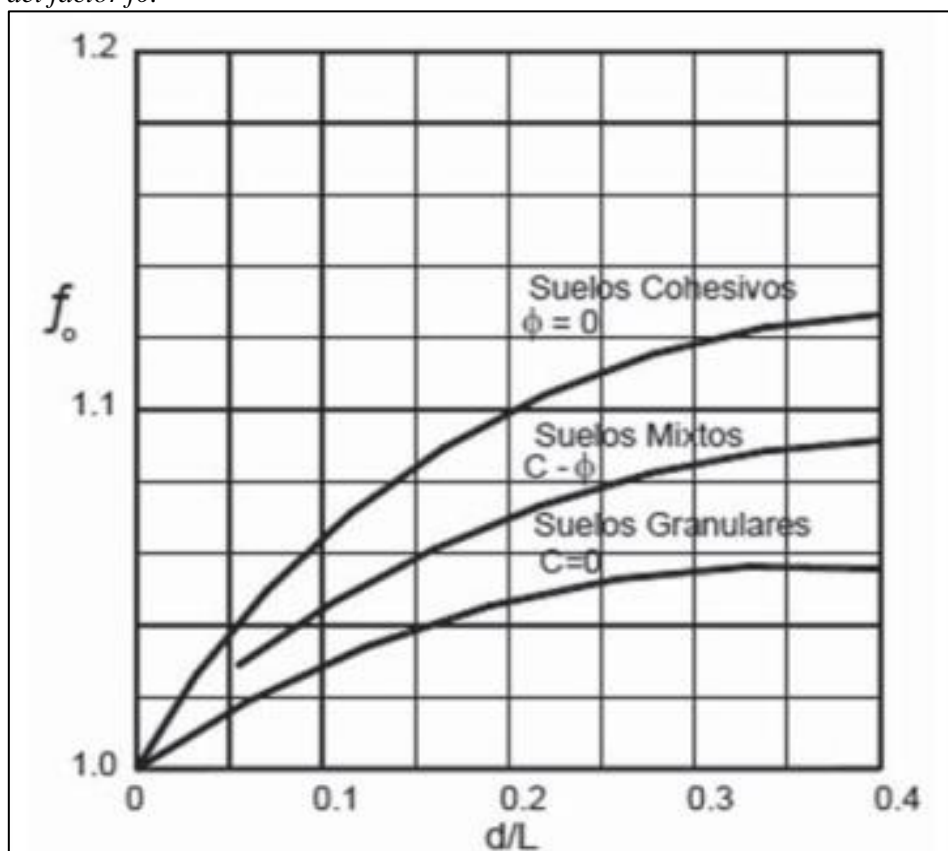
4.7.4.2. Método de Bishop Simplificado. El método de Bishop (1955) se basa en la división de rebanadas, donde se establecerá una superficie de ruptura circular, donde la masa deslizante se cortará en rebanas o bloques verticales, para establecer el equilibrio de momentos de las fuerzas actuantes en cada rebanada respecto el centro del círculo. Donde a partir de la

condición de equilibrio de fuerzas verticales de cada rebanada se obtienen las fuerzas N (normales a la superficie de ruptura) y se sustituyen a la ecuación resultante del equilibrio de momentos (Vallejo, 2022).

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

Figura 4

Diagrama del factor f_0 .



Nota: La figura representa la curva del factor f_0 utilizado en el método de Janbu. Obtenido de: Suárez, 2011.

Para determinar la estabilidad de un talud, Janbu considera el cálculo de un FS, el cual satisface el equilibrio de esfuerzos.

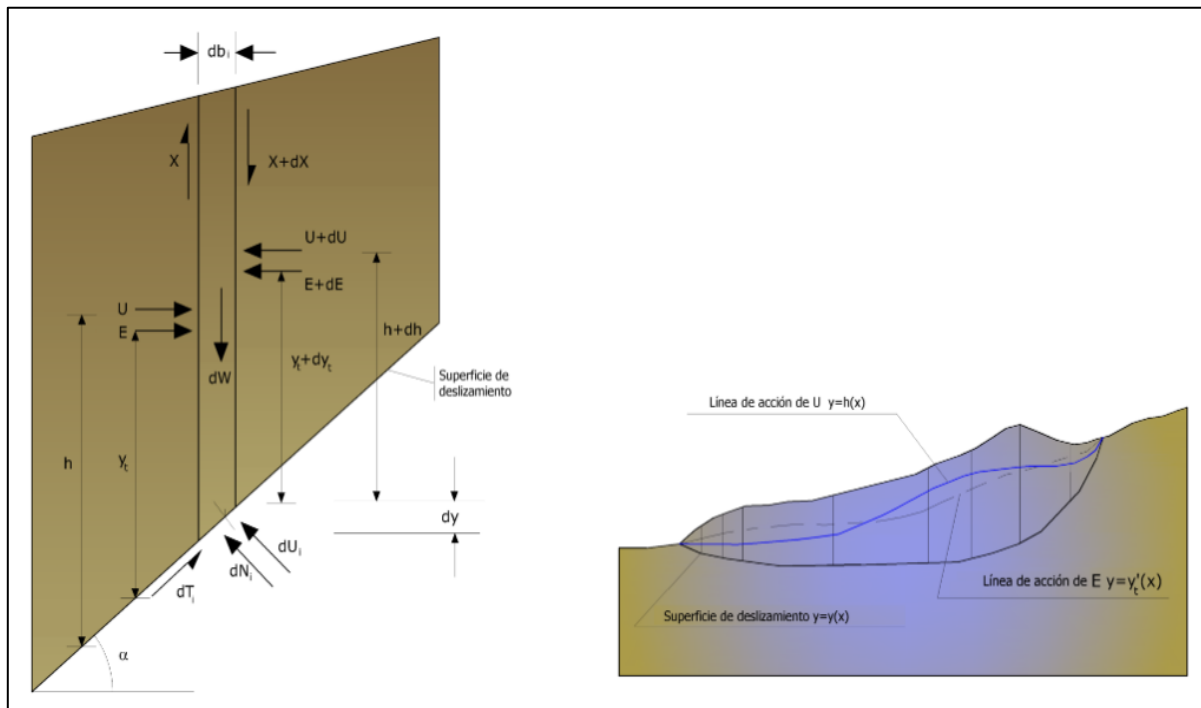
4.7.4.4. Morgenstern y Price. Se establece una relación, entre los componentes de las fuerzas de interconexión, de tipo $X = \lambda f(x) E$, donde λ es un factor de escala y $f(x)$, que está en función de la posición de E y de X , establece una relación entre las variaciones de la fuerza X

y de la fuerza E en la masa deslizante. La función $f(x)$ se elige arbitrariamente (constante, senoide, semisenoide, trapecio, fraccionada) e influye poco sobre el resultado, pero se debe verificar que los valores obtenidos de las incógnitas sean físicamente aceptables.

La particularidad del método es que la masa se subdivide en franjas infinitesimales, a las cuales se aplican las ecuaciones de equilibrio en la traslación horizontal y vertical y de rotura en la base de las franjas. Se llega a una primera ecuación diferencial que une las fuerzas de conexión incógnitas E , X , el coeficiente de seguridad F_s , el peso de la franja infinitesimal dW y el resultado de las presiones neutras en la base dU .

Figura 5

Esquema de modelo de Morgenstern y Price.



Nota: Esquema de representación del modelo de Morgenstern y Price. Obtenido de: geostru.eu/slope/es/metodo_di_mongester_e_price.htm.

4.7.5. Factor de Seguridad

El factor de seguridad dentro del análisis y estabilidad de taludes, nos indica la probabilidad de rotura que tendrá el talud, corroborando con Chávez (2006), un factor de seguridad indicará un correcto comportamiento de los geomateriales, dentro de parámetros de seguridad sea bien para la estructura o para los usuarios; los factores de seguridad son determinados de manera estadística.

Finalmente se define que cuando el FS es igual o menor a 1, el talud está en un estado de fallo inminente. En general un valor de 1,5 para el FS con respecto a la resistencia es aceptable para un talud estable (Braja, 2015).

4.7.6. Tipos de roturas

Según el manual de ingeniería de taludes de Ayala Carcedo et al., (1987) existen diversas roturas de acuerdo al material que conforma los taludes:

4.7.6.1. Roturas en Roca. Existen diferentes tipos.

Rotura Planar: Se entiende por rotura o falla planar, como aquella en la que el deslizamiento se produce a través de una única superficie plana.

Rotura en Cuña: La rotura en cuña es un tipo de deslizamiento traslacional, ocurre cuando la masa de roca se desliza a lo largo de dos discontinuidades que se interceptan en un ángulo oblicuo a la superficie del talud.

Rotura por Vuelco: Esta aparece principalmente cuando el rumbo del plano de discontinuidad: falla, estratificación, etc., coinciden aproximadamente con el plano del talud y además tiene un fuerte buzamiento hacia el interior del macizo rocoso.

4.7.6.2. Roturas en Suelo. Entre las cuales se diferencian:

Rotura Circular: También conocida como deslizamiento o rotura rotacional, es producida por muchos sets de fallas, las cuales tienen distintos rumbos y manteos, y dejan la roca muy fracturada, perdiendo la cohesión. Por la cantidad de fracturas, el macizo rocoso se transforma en una especie de gravilla, la que se desliza por la cara del talud.

Rotura Plana: Las roturas planas y roturas según una poligonal se dan porque el terreno se manifiesta a manera de estratos con diferente composición y propiedades geotécnicas.

5. Metodología

5.1. Materiales

Tabla 2

Materiales de campo y gabinete.

Materiales de campo	Materiales de Gabinete
GPS de precisión	Carta topográfica del cantón Zaruma
Vehículo aéreo no tripulado	Carta geológica del cantón Zaruma
Brújula (Brunton)	Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón
Martillo de Geólogo	Balsas (PDOT) 2019
GPS Garmin	Computadora portátil (Laptop)
Cinta métrica	Interpretación de los resultados de los ensayos
Libreta de campo	Microsoft office
Fichas de campo	Software de uso libre QGIS
Lápiz, marcador permanente	Software Roc Planne
Fundas transparentes (Ziploc)	Software Ipix4d
Cámara Fotográfica	Software AutoCAD
Esclerómetro	Software RocLab
Ácido Clorhídrico	Software Slide 6.0
Herramientas de excavación	Software IPI2Win

5.2. Métodos

Para el desarrollo del presente trabajo investigativo “Caracterización geológica geotécnica del tramo de la vía San Roquito- Balsas, cantón Balsas, provincia de El Oro”, se emplearon distintos métodos que permitieron el cumplimiento de cada uno de los objetivos y se describen a continuación:

5.2.1. Método Científico Investigativo

Un método de procedimiento que ha caracterizado a las ciencias naturales desde el siglo XVII, que consiste en la observación, medición, experimentación sistemática, la formulación, prueba y modificación de hipótesis (Oxford, 2015).



5.2.2. Método Experimental

Aquella orientación que, a partir de lo ya descrito y explicado, se centra en predecir lo que va a pasar a futuro. Este método hace necesario plantear una hipótesis predictiva y el diseño pasa a ser un diseño experimental para contrastar una hipótesis predictiva. Significa el trabajo en condiciones de laboratorio, con variables controladas, con grupos testigos y grupos experimentales (Caballero, 2014).

5.2.3. Método Analítico

El método permite proceder, para incorporarse como un estilo de vida, lo que expresa su dimensión ética. Es un camino para llegar a un resultado mediante la descomposición de un fenómeno en sus elementos constitutivos (Echavarría, 2010).

5.2.4. Método Descriptivo

Este método se centra en responder la pregunta acerca de cómo es una determinada parte de la realidad objeto de estudio para finalmente describir variables (Caballero, 2014).

5.3. Descripción del área de estudio

5.3.1. Ubicación

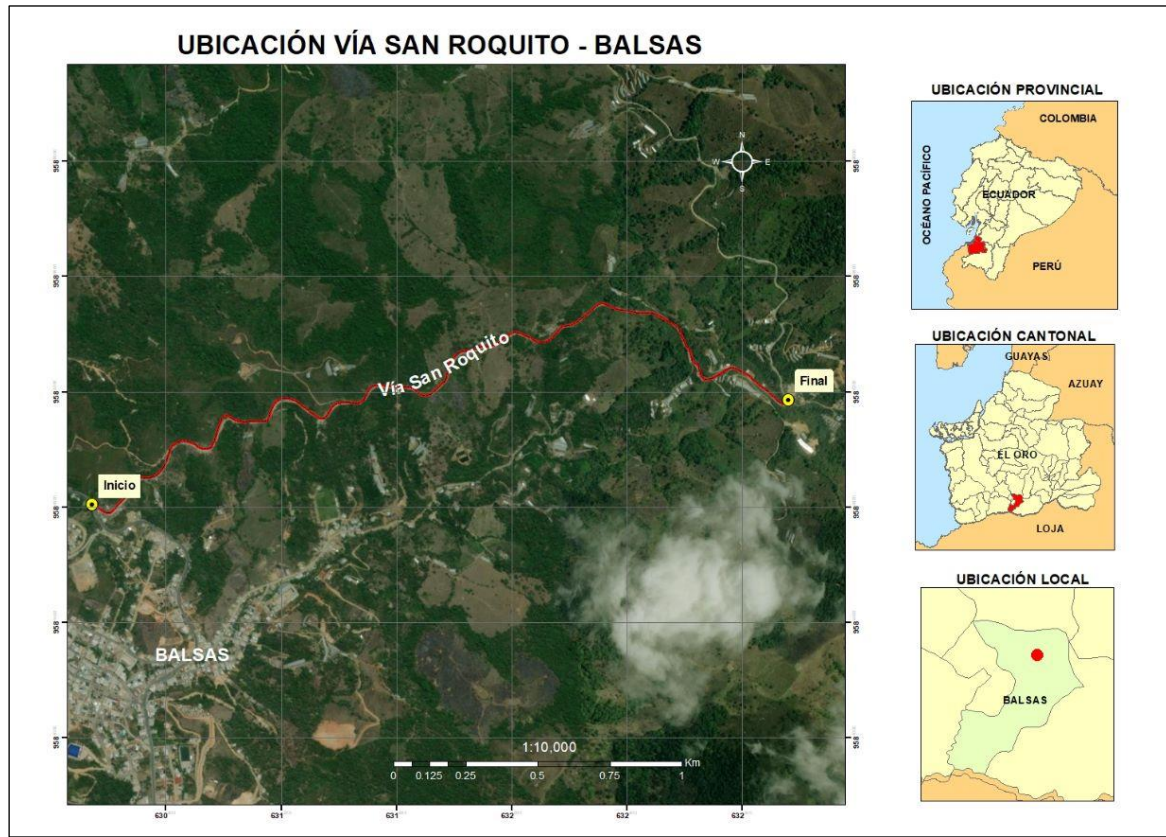
El presente proyecto de investigación se ubica en el cantón Balsas, provincia de El Oro, Ecuador, limita al Norte y al Este con el Cantón Piñas, al Sur con la Provincia de Loja (Paltas) y al Oeste con el Cantón Marcabelí. El tramo de estudio tiene una extensión de 3,146 km y una franja de estudio de 100m que se extiende 50m a ambas zonas laterales de la vía incluyendo todas las estructuras importantes de la zona como geoformas, estructuras, pliegues, fallas y red hídrica como lo establece la Norma para estudios y diseños viales (Ministerio de Transporte, 2013). Las coordenadas geográficas de ubicación (UTM WGS/84, 17Sur) se muestran en la Tabla 3 a continuación:

Tabla 3

Ubicación área de estudio.

Datum WGS 84		
Sector Cda. 9 de Octubre		
Coord. Inicio:	E: 630558m	N: 9584810m
Sector Sitio San Roquito		
Coord. Fin:	E: 632968m	N: 9585174m

Figura 6
Ubicación vía San Roquito- Balsas.



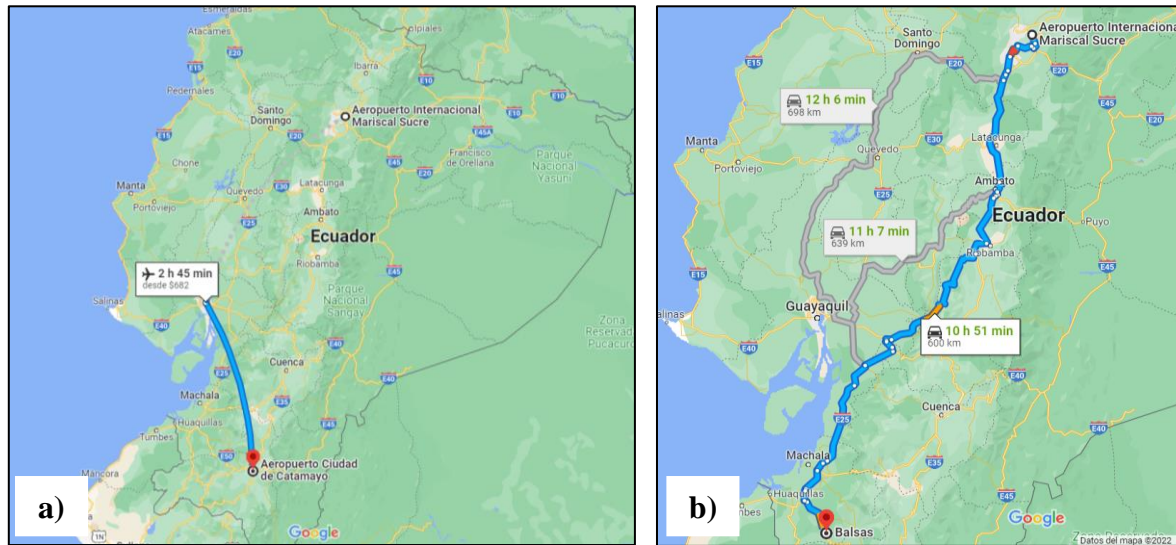
Nota: Ubicación del tramo de la vía San Roquito- Balsas. Obtenido de: Google Earth (2023).

5.3.2. Acceso

El acceso del área de investigación se puede realizar desde la capital del Ecuador, Quito por vía aérea desde el Aeropuerto “Internacional Mariscal Sucre” hasta el aeropuerto del cantón Catamayo “Ciudad de Catamayo” en un tiempo de recorrido aproximado de unas 2 horas y 45 minutos. Seguidamente se deberá optar por el transporte terrestre desde el cantón Catamayo hasta la ciudad de Balsas. También, se lo puede hacer únicamente por vía terrestre desde la ciudad de Quito a la ciudad de Balsas por la carretera Panamericana/Troncal de la Sierra/E35 en un tiempo aproximado de 11 horas.

Figura 7

Acceso al cantón Balsas, vía aérea y terrestre.



Nota: a) Acceso al cantón Balsas, vía aérea b) Acceso al cantón Balsas, vía terrestre. Obtenido de: Google Maps (2022).

5.4. Descripción Física del Área De Estudio

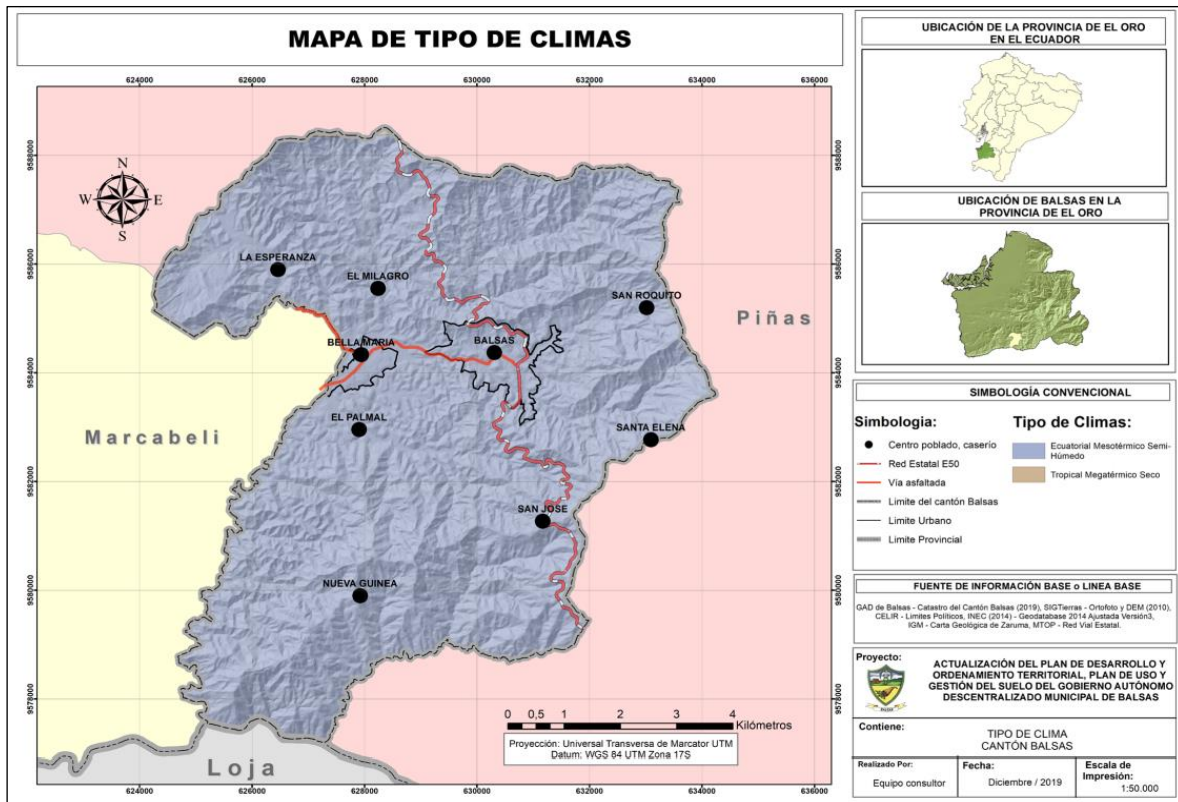
5.4.1. Información Climática

Según datos del mapa nacional de tipo de clima del Ministerio de Agricultura y Ganadería en conjunto con el PDOT de Balsas, el cantón se ubica con un tipo de clima Ecuatorial Mesotérmico Semi-Húmedo, este tipo de clima es el más frecuente en la zona andina, a excepción de las alturas mayores a los 3,200msnm y de algunas cuencas de clima más seco, se caracteriza por tener una pluviometría con dos períodos lluviosos y uno seco en el año, presenta variaciones de precipitación a lo largo del callejón interandino, variación que está entre los 500 y 1,600 mm anuales. La temperatura media se sitúa entre los 10 y 20 °C y la humedad relativa entre el 70 y 85 %.

- **Ecuatorial mesotérmico semihúmedo**

Se localiza entre los 2.200 y 3.050 msnm., con una temperatura media anual que varía entre 12 y 18°C. La precipitación media anual se encuentra entre los 500 y 1.000 mm. La estación lluviosa es de tipo equinoccial, mientras la seca es heterogénea y se extiende de julio a septiembre (GAD Municipal Balsas, 2019).

Figura 8
Clima del cantón Balsas.



Nota: En la figura se representa el clima del cantón Balsas. Obtenido de: (GAD Municipal Balsas, 2019).

5.4.2. Geomorfología

La geomorfología se analizó en base a la información obtenida de la Memoria Técnica de la Geomorfología Nacional del año 2015, además de la fotointerpretación y la observación de campo en el área de estudio. Donde el relieve predominante de la faja de estudio es el relieve del tipo montañoso que se caracteriza por tener pendientes mayores al 70%, este relieve ocupa 31,35Ha y un 92%. El relieve colinado alto, es la segunda geoforma presente en el tramo de estudio, sus pendientes superar el 40%, tienen una extensión del 2,75Ha y un porcentaje total de 8%.

Figura 9
Geomorfología de la vía San Roquito Absc 0+000 – 1+000.

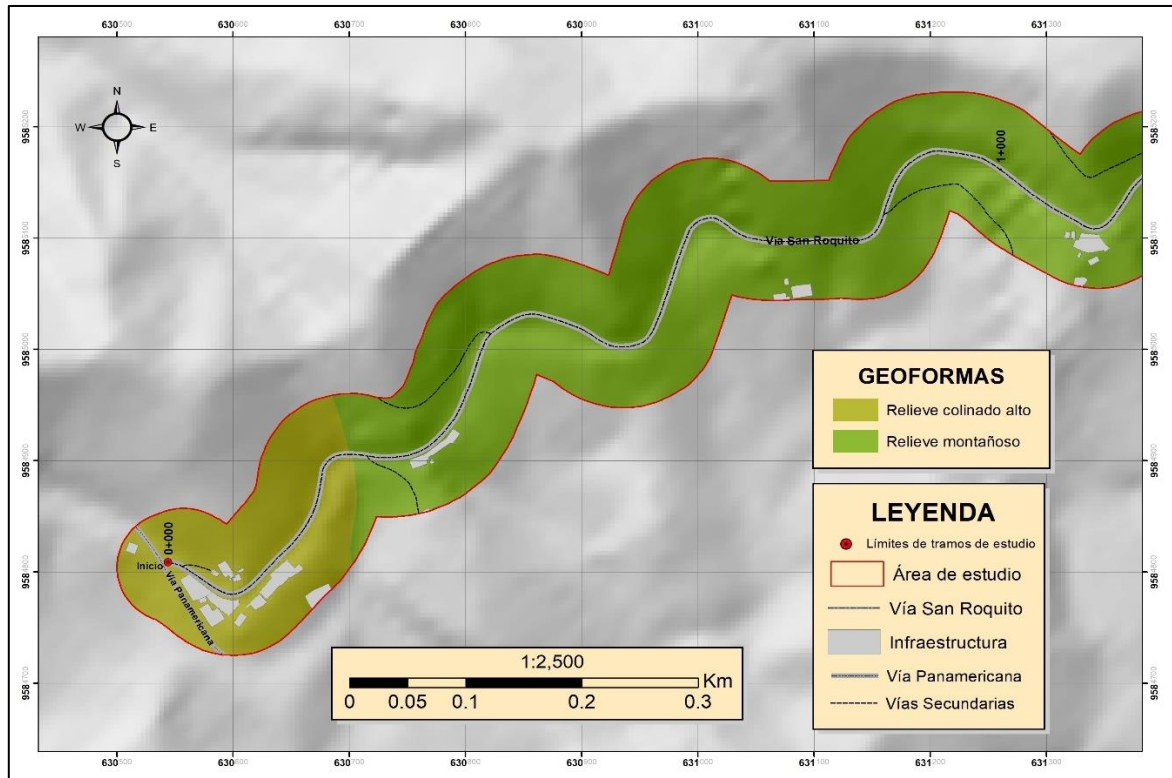


Figura 10
Geomorfología de la vía San Roquito Absc 1+000 – 2+000.

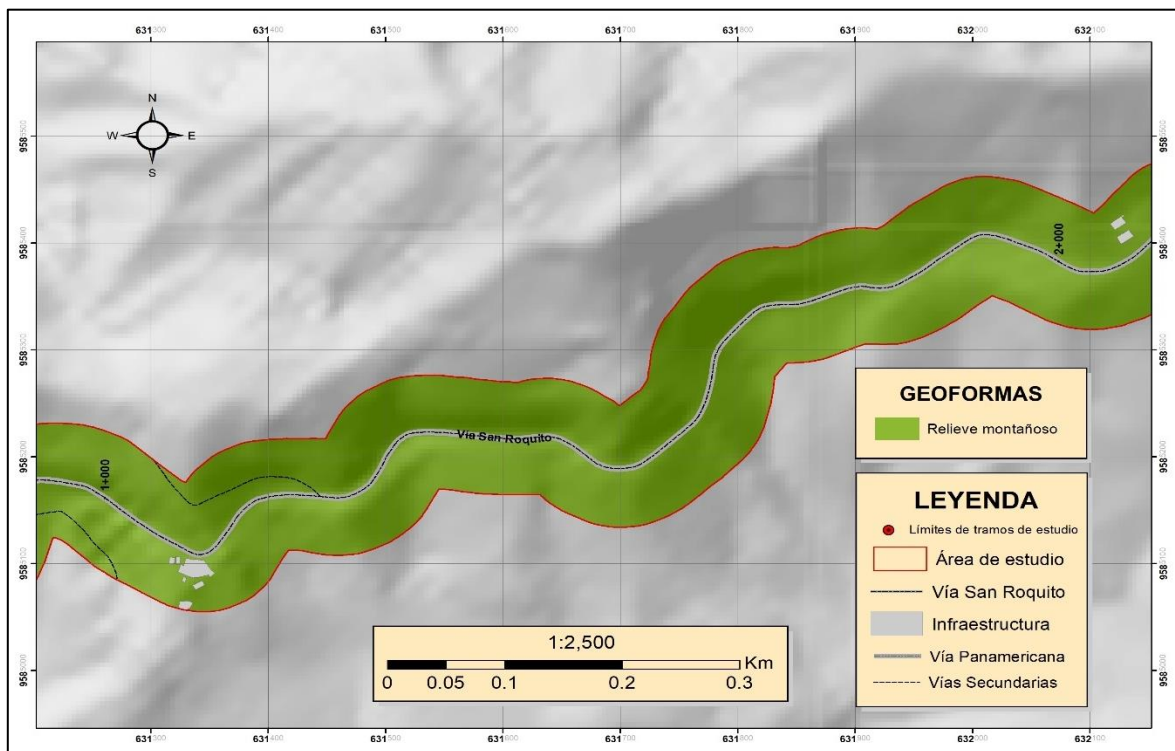
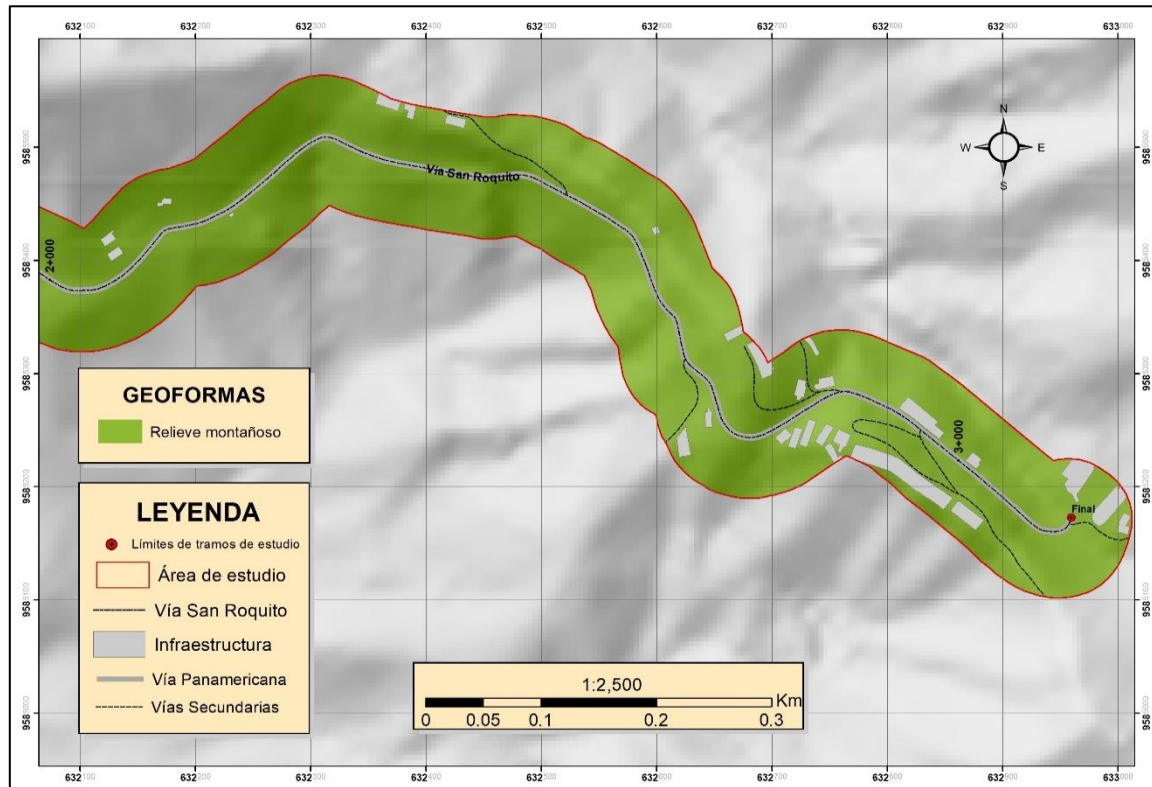


Figura 11
Geomorfología de la vía San Roquito Absc 2+000 – 3+146.



Nota: En la ilustración se presentan las geoformas de la Vía San Roquito- Balsas. Obtenido de: Memoria Técnica de la Geomorfología Nacional del año 2015.

5.5. Metodología Primer Objetivo

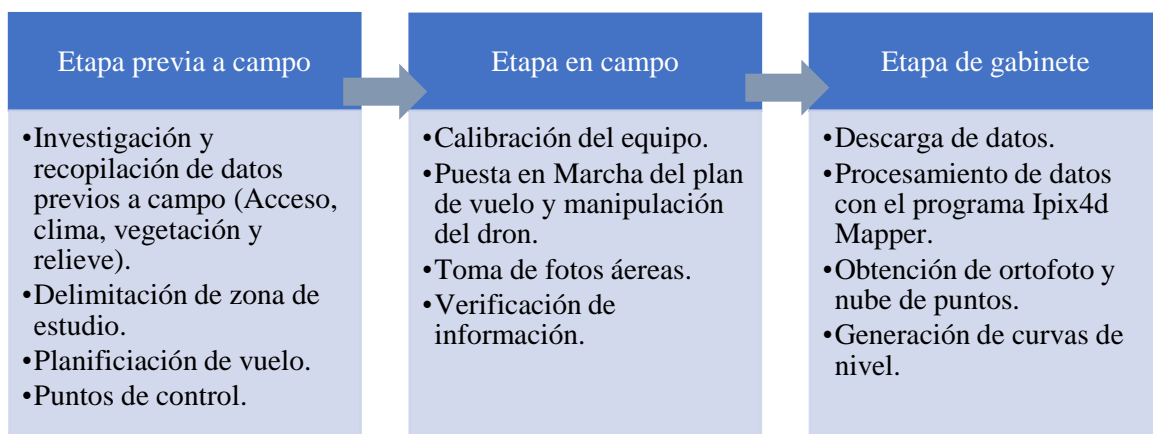
“Desarrollar un levantamiento topográfico y geológico en función de las características litológicas del tramo de la vía San Roquito- Balsas”.

5.5.1. Levantamiento topográfico

Para realizar el levantamiento topográfico se dividió en tres etapas:

Figura 12

Esquema para levantamiento topográfico.

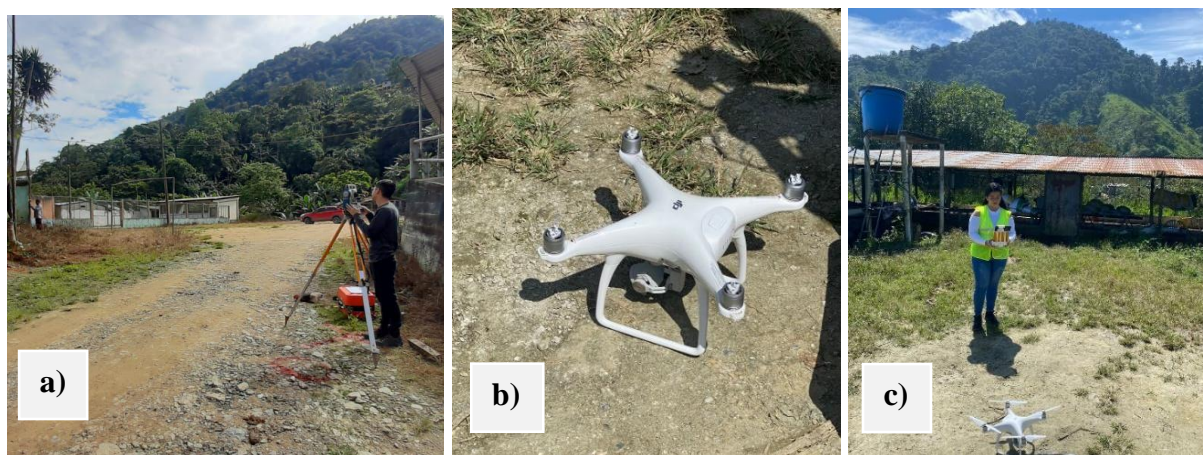


5.5.1.1. Etapa previa a campo. Inicialmente se realizó la recopilación de información (acceso, clima, vegetación y relieve) que permitió la elaboración de un plan de vuelo para posteriormente determinar la ubicación de puntos de control acorde a la zona de estudio. Se eligieron lugares estratégicos y establecidos previamente por el Catastro para obtener una mejor visibilidad aérea del terreno, a su vez no obstaculice el tránsito vehicular.

5.5.1.2. Trabajo de campo. Previo al levantamiento se calibró los equipos y verificó que funcionen correctamente. Con la estación total Trimble S6 se tomaron varios puntos de control para realizar el vuelo, una vez establecidos los puntos se manipuló el equipo adecuadamente siguiendo las indicaciones previas para la toma de fotografías aéreas; seguidamente se verificó que toda la información sea correcta para proceder a generar los datos en oficina.

Figura 13

Levantamiento de topografía en campo.



Nota: a) Toma de puntos de control con estación total, b) dron utilizado para levantar la topografía, c) manipulación del dron DJI.

5.5.1.3. Trabajo en gabinete. Una vez tomado los datos con los equipos topográficos, se procesó la información; las curvas principales se realizaron a 5m y las secundarias a 1m para obtener mayor precisión. El post procesamiento de las fotografías se lo realizó en el programa PIX4D; se realizaron los 3 pasos correspondientes para obtener el DTM, Ortomosaico y curvas de nivel.

El primer paso consistió en cargar al programa todas las fotografías tomadas por el UAV, seguidamente se corrigió las fotografías ingresando los puntos GCP en coordenadas UTM/WGS84/17S.

El segundo paso (Nube de puntos y malla) consistió en generar la nube de puntos densa clasificada. El tercer paso (DSM, ortomosaico e índices) consistió en generar el DTM y el

orotomosaico final, previo a esto se depuró la vegetación, infraestructura y demás objetos obteniendo así el modelo digital de superficies DSM. La zona de estudio poseía una vegetación bastante densa por la cual se utilizó civil 3D ya que este programa facilitó los procesos BIM (Building Information Modeling) y proporcionó un mejor diseño para las curvas de nivel.

Finalmente, se exportó las curvas a Arcgis 10.3, para aplicar un Layout y abscisado.

5.5.2. Levantamiento geológico

5.5.2.1. Trabajo en campo. Una vez generada la base topográfica a escala 1:100 y con ayuda de la carta geológica de Zaruma a escala 1:100.000 CT-NVI-3 hoja 38, se delimitó la geología regional de la zona de estudio, seguidamente se realizó el levantamiento de afloramientos tanto de origen natural como antrópico, empleando una ficha para descripción de afloramientos (Anexo 1) donde se tomó en cuenta solo los más representativos del área de estudio. Además, se identificó todas las estructuras presentes.

Se tomó muestras en dos afloramientos, las cuales fueron codificadas y debidamente manipuladas para desarrollar un análisis macroscópico en el laboratorio de la carrera de Geología ambiental y ordenamiento territorial (GAYOT) en la Universidad Nacional de Loja.

Figura 14

Análisis macroscópico de rocas.



Nota: a) Análisis realizado el laboratorio mineralógico de la carrera GAYOT, Universidad Nacional de Loja, b) reconocimientos de minerales con lupa.

Se realizaron 2 calicatas geológicas manuales, utilizando herramientas como lampón, pala y cintra métrica cuidadosamente para no alterar las muestras. Las dimensiones y coordenadas que se utilizaron se detallan a continuación:

Tabla 4

Dimensiones de las calicatas.

Dimensiones		
Ancho	Largo	Profundidad
1m	1m	1m
1m	1m	1m

Nota: Medidas establecidas para las calicatas geológicas.

5.5.2.2.Trabajo de Gabinete.

- Mediante el uso del Software ArcGIS 10.3 y la base topografía a escala 1:100, se representó la a unidades litológicas del área de estudio.
- Se digitalizó la geología donde se utilizó un formato vectorial que permitió generar shapefiles (polígonos), que representaron las unidades litológicas con sus respectivos rumbos, buzamientos, además de las estructuras que se encontraron a lo largo del tramo.
- Para representar cada una de las unidades litológicas se utilizó la metodología que establece el Instituto de Investigación Geológico y Energético “Estándares de nomenclatura estratigráfica, simbolización y abreviaturas para la cartografía geológica”.
- Acorde al criterio técnico personal se representó el mapa con cada uno de los elementos en un Layout a escala 1:1000.

5.5.3. Pendientes

Para elaborar el mapa de Pendientes del área de estudio (escala 1:1000) se utilizó el software ArcGIS 10.3, donde se desarrollaron los pasos que se describen a continuación:

- Primero se generó un Modelo TIN a partir de las curvas de nivel obtenidas de la topografía a escala 1:1000 y el polígono de la faja de 100m de estudio con la herramienta 3D Analysis/Create Tin.
- Luego, se convirtió el Tin a un Modelo Digital de Elevación (DEM) con la herramienta Conversion/From Tin/Tin to Raster.
- Seguidamente con el DEM a través de la herramienta de análisis espacial se generó la Pendiente.
- Finalmente, se realizó la reclasificación de la Pendiente según Demek (1972), para generar una tabla de reasignación basada en los valores del ráster de entrada y luego

de haber obtenido el reclasificado de la pendiente se lo convirtió a polígono para asignar el tramado adecuado. En la tabla de atributos se añadieron los campos de área y porcentaje.

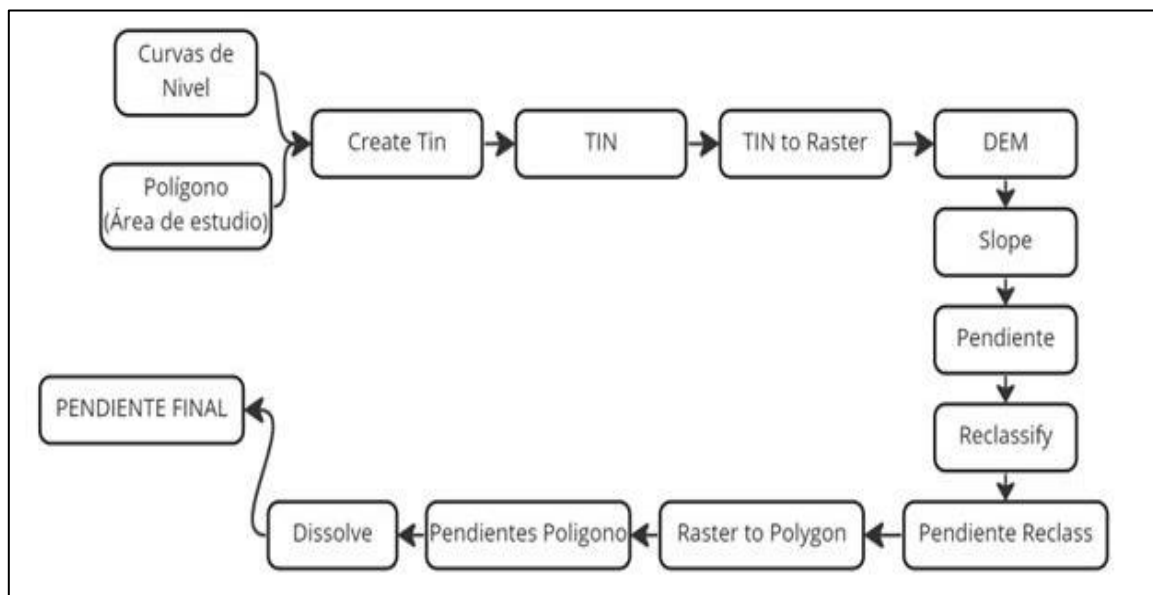
- Con la ayuda de la calculadora geométrica y calculadora de campo se obtuvo los resultados respectivamente. Para finalmente de acuerdo a la metodología de Demek (1972) se clasificó el ángulo de la pendiente de acuerdo a su rango. Los rangos que establece el autor son:

Tabla 5
Clasificación del ángulo de pendiente.

Rango (°)	Descripción
0 – 5	Pendiente Ligeramente Inclinada
5 – 15	Pendiente Fuertemente Inclinada
15 – 35	Pendiente Muy Inclinada
35 – 55	Pendiente Empinada
>55	Pendiente Vertical

Nota: Obtenido de: Demek (1972).

Figura 15
Modelo Builder para obtener pendientes



5.5.4. Inventario de Deslizamientos

Con la información base la geomorfología Nacional a escala 1:25000 que proporciona del SIG Tierras, se realizó un inventario de los deslizamientos de la zona de estudio empleando la ficha correspondiente, además se calculó los parámetros morfométricos donde se obtuvo las

dimensiones del deslizamiento utilizando el programa Slide 6.0. Los datos que se calcularon de manera superficial, con criterio técnico en campo son:

Tabla 6

Parámetros Morfométricos para deslizamientos

Descripción	Unidades
Ancho de la masa desplazada (Wd)	M
Ancho de la superficie de falla (Wr)	M
Longitud de la masa deslizada (Ld)	M
Longitud de la superficie de falla (Lr)	M
Longitud total (L)	M
Longitud de la línea central (Lcl)	M
Tipo de deslizamiento	-

5.6. Metodología Segundo Objetivo

“Determinar las propiedades físico-mecánica de los geo-materiales”.

5.6.1. Campaña Geotécnica

5.6.1.1. Exploración geofísica. Se realizó en dos fases: trabajo en campo y gabinete. Se extrajo lo datos in situ para posteriormente ser analizados en gabinete. En el presente trabajo se emplearon dos técnicas resistividad eléctrica de corriente continua y ensayo de penetración estándar.

a) SEV (Sondeo Eléctrico Vertical)

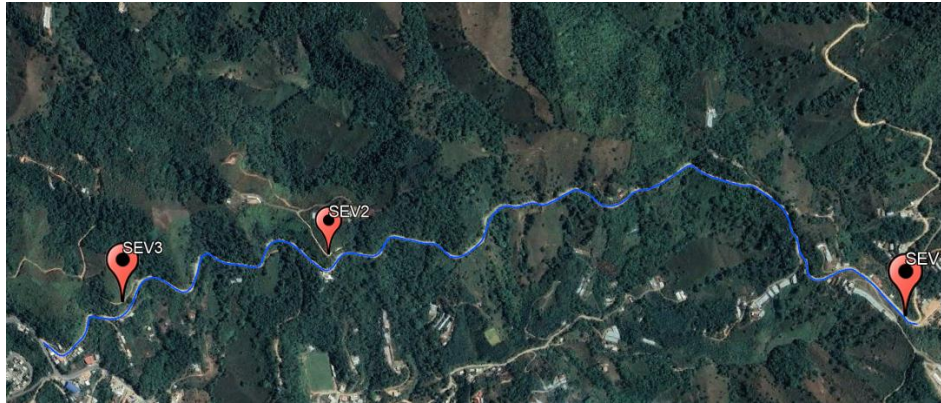
Los sondeos eléctricos verticales se distribuyeron en cada kilómetro, ubicándose en los 3 taludes más representativos del tramo de estudio. En la tabla 7 se describen las coordenadas.

Tabla 7

Coordenadas de SEVs.

SEV	COORDENADAS WGS 84 ZONA 17 S		LONGITUD AB/2
	ESTE	NORTE	
1	632924	9585170	100
2	631335	9585147	70
3	630785	9584966	70

Figura 16
Ubicación de SEVs



Nota: Ubicación de los sondeos eléctricos verticales. Obtenido de: Google Earth.

- **Trabajo en campo**

Se realizaron los sondeos basados en la Norma ASTM D-3550/84 y ASTM D-1587/94, el cálculo dado por el arreglo de Schlumberger viene definido por estas normas. Se utilizó el resistivímetro marca ABEM modelo Terrameter SAS 4000, con un voltaje máximo de salida a los electrodos de corriente igual a 400 voltios (con selección de tres rangos automáticos de medida ± 250 mV, ± 10 V y ± 400 V).

Figura 17
Aplicación en campo de sondeo eléctrico vertical.



Nota: Obtenido de: Estsuelcon.SA, 2022

La amplitud de corriente fue fijada automáticamente por el instrumento, con un rango de amperaje entre 1 mA a 1000 mA, suficiente para una separación de electrodos de corriente AB de hasta 1000.0 m. bajo buenas condiciones de medida. El equipo SAS 4000 respondió a las medidas creadas por el transmisor de corriente en el momento de su acción, mientras rechazó las existentes por campos DC (SP), VOLTAJE Y RUIDO; la relación V/I que constó en las hojas de cálculo de cada sondeo eléctrico vertical (SEV), se calculó automáticamente y visualizó en la pantalla digitalmente en kiloohmios, ohmios o miliohmios.

Previo al trabajo de oficina, se inició con el cálculo de resistividad aparente con fórmula, para elaborar la de curva resistividad en relación distancia, se utilizó un papel logarítmico, en donde se ubicó las resistividades aparentes en orden y las distancias que existen entre cada uno de los electros de corriente y el punto 0 del sondeo, se registraron en las abscisas, las curvas de resistividad aparente. La fórmula se detalla a continuación:

$$\rho a = K (\Delta V/I) \quad (12)$$

Donde:

ρa : resistividad aparente en ohmios metro (Ωm)

K : coeficiente del dispositivo Schlumberger (m)

ΔV : diferencia de potencial en milivoltios (mv)

I : intensidad de la corriente continua en miliamperios (ma)

La resistividad demostró el paso de la corriente y los materiales que se vieron afectados para su debida determinación, estas resistividades se relacionaron con los materiales que se presenta a continuación:

Tabla 8

Resistividades.

Materiales	Resistividad (Ωm)
Basamento. Roca sana con diaclasas espaciadas	>10000
Basamento. Roca fracturada	1500-5000
Basamento. Roca fracturada saturada con agua corriente	100-2000
Basamento. Roca fracturada saturada con agua salada	1-100
Gruss no saturado	500-1000
Gruss saturado	40-60
Saprolito no saturado	200-500
Saprolito saturado	40-100
Gravas no saturadas	500-2000
Gravas saturadas	300-500
Arenas no saturadas	400-700
Arenas saturadas	100-200
Limos no saturados	100-200
Limos saturados	20-100
Limos saturados con agua salada	5-15
Arcillas no saturadas	20-40
Arcillas saturadas	5-20
Arcillas saturadas con agua salada	1-10
Andosoles secos	1000-2000
Andosoles no saturados	300-1000
Andosoles saturados	100-300

Nota: en la tabla se muestra la litología y las resistividades en ohmios metro. Fuente: (Arias et al., 2012)

Las fichas se utilizaron para registrar abertura AB/2, abertura MN/2, coeficiente del dispositivo (arreglo Schulumberger que relaciona las distancias AB), MN, resistividad que es el valor del cociente $\Delta V/ I$ y cálculo de resistividad aparente.

Tabla 9

Ficha obtención de datos de SEV.

AB/2	MN/2	K	$\Delta v/i$	P^a
------	------	---	--------------	-------

- **Trabajo en gabinete**

En gabinete se procesó los resultados de campo para obtener la potencia y resistividad de los materiales mediante SEV. Para el procesamiento se utilizó el software IPI2Win, que permitió obtener las curvas de resistividades aparentes. Posteriormente se establecieron los espesores de las capas y las resistividades de cada una de ellas; los espesores y resistividades sirvieron para representar pseudo secciones aparentes, análisis hidrogeológico y construcción de los cortes geofísicos en las zonas donde se realizaron los ensayos.

Finalmente se definió su litología en función de la geología en campo, la geología regional y tablas con resistividades en diferentes suelos. Se tomó en cuenta en el programa, el proceso de inversión que generó los parámetros a partir de las medidas tomadas en campo, donde los ajustes se realizaron para generar el menor error, de esa manera obtener información real.

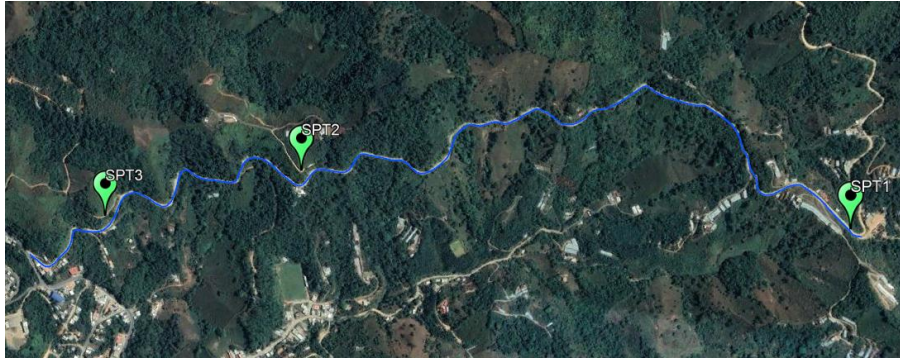
5.6.1.2. SPT (Ensayo de Penetración Estándar). Los ensayos de penetración estándar se distribuyeron al igual que los SEVs en cada kilómetro, ubicándose en los 3 taludes más representativos del tramo de estudio, además de tomar en consideración las unidades litológicas de estudio. En la tabla 10 se describen las coordenadas.

Tabla 10

Coordenadas de SPTs.

SPT	COORDENADAS WGS 84 ZONA 17 S		Profundidad
	ESTE	NORTE	
1	632924	9585170	6m
2	631335	9585147	6m
3	630785	9584966	6m

Figura 18
Ubicación de SPTs.



Nota: Ubicación de los ensayos de penetración estándar. Obtenido de: Google Earth.

- **Trabajo en Campo**

El SPT se utilizó para ensayar zonas en las que se fue necesario realizar un reconocimiento geotécnico a una profundidad de 6m máximo. Este método consistió en medir el número de golpes necesario para que se introduzca a una determinada profundidad una cuchara interior, que permite tomar una muestra alterada, en la zona basado en la norma ASTM D4633.

Figura 19
Trabajo en campo de ensayos de penetración estándar.

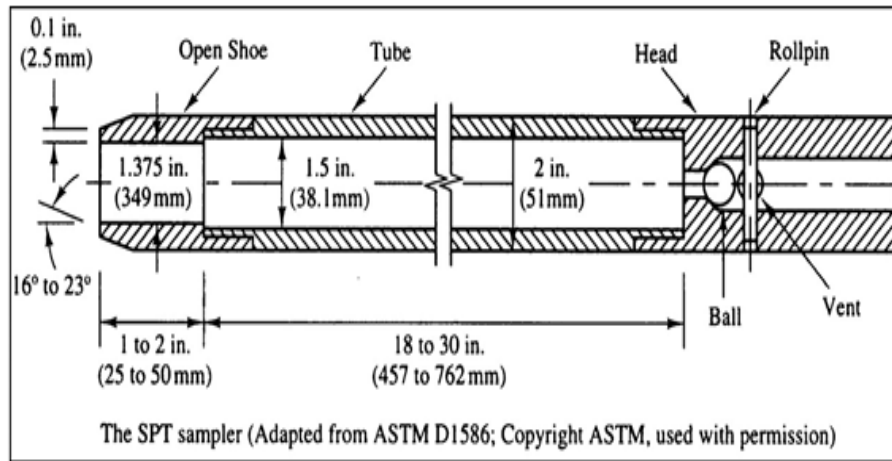


Nota: a) en la figura se observa la puesta en marcha del equipo perforador, b) orificio provocado por la extracción de la muestra de suelo. (Obtenido de: Estsuelcon.SA, 2022).

Para obtener la muestra alterada, primero se limpió la zona de vegetación y rocas ubicadas por arrastre, seguidamente se armó el equipo que está conformado por una base de

tubería, un motor con polea que se manipuló manualmente, muestreador y el martillo perforador. Las características del perforador se muestran en la figura 20:

Figura 20
Martillo perforador.



Nota: la figura detalla las características del equipo perforador que se utilizó para realizar los ensayos de penetración estándar. Obtenido de: (ASTM, 1586)

Se procedió a perforar y a registrar el número de golpes de cada metro (valor N), este permitió avanzar de acuerdo a la litología del área de estudio. Posteriormente se colocó el martillo en posición guiado por la tubería de perforación, elevándolo con un cable accionado manual o mecánicamente, el cual se encontraba suspendido del trípode con polea. Se dejó caer el martillo sobre el cabezote de la tubería de perforación y se contabilizó el número de golpes, para cada uno de los segmentos de 15 cm marcados. No se tomó en cuenta los golpes para el primer segmento, puesto que es el de penetración inicial al terreno.

Finalmente se llevó a la superficie el muestreador y se abrió obteniendo la muestra alterada de cada metro de perforación a percusión. Esta muestra se codificó debidamente para su análisis en laboratorio.

✓ Trabajo en Laboratorio

Para el análisis de las muestras que se obtuvieron en el ensayo de penetración estándar se utilizó el laboratorio de suelos ESTSUELCON Cía. Ltda., donde se realizaron los siguientes ensayos de acuerdo a la Norma ASTM – D2487- AASHTO 3282- 2487.

Tabla 11

Ensayos de Suelo.

Ensayos de suelo (Norma ASTM – D4318)
Contenido de Humedad
Granulometría
Límite Líquido
Límite Plástico

Nota: Ensayos realizados en base a las muestras obtenidas del SPT.

✓ **Trabajo en Gabinete**

Seguidamente se correlacionó la información obtenida del ensayo de penetración estándar, en relación con la compacidad relativa de la arena, y la resistencia a la compresión simple de los suelos cohesivos. Para ello se determinó la compacidad relativa.

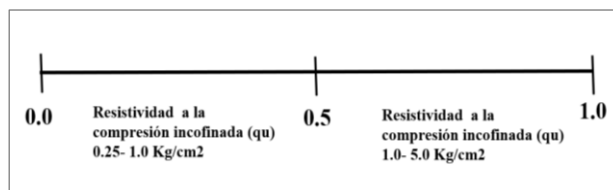
• **Consistencia Relativa**

Este parámetro permitió determinar cuan firme o sólido fue el suelo del área de estudio. Para obtener este valor se utilizó la siguiente ecuación:

$$CR = \frac{LL-CH}{IP} \quad (13)$$

Figura 21

Consistencia Relativa.



Nota: Obtenido de: (Gonzales, 2002)

Tabla 12

Consistencia Relativa.

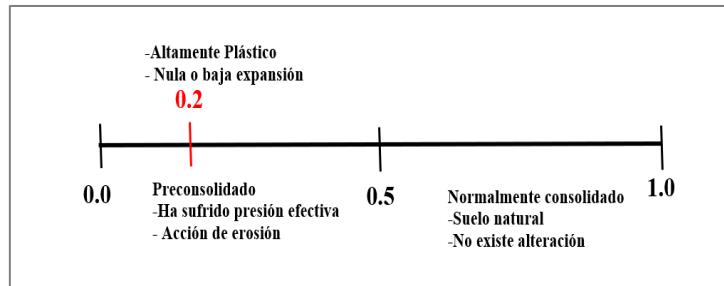
Intervalos	Descripción del suelo
0.00 - 0.25	Suelo muy blando
0.25 - 0.50	Suelo blando
0.50 - 0.75	Suelo consistencia media
0,75 - 1.00	Suelo consistencia rígida

Nota: Obtenido de: (Gonzales, 2002)

- **Índice de Liquidez (IL)**

Este índice se empleó para escalar el contenido de agua natural de la muestra de suelo a los límites. Estableció un rango de 0 a 1, donde 0 significa que el material se encuentra preconsolidado y el máximo rango indica que es suelo se encuentra normalmente consolidado, los rangos se describen en la figura 22.

Figura 22
Índice de Liquidez.



Nota: Obtenido de: (Gonzales, 2002)

$$IL = \frac{CH - LP}{IP} \quad (14)$$

- **Comportamiento de arcillas (A)**

Es un valor adimensional que permitió determinar el comportamiento, actividad, potencial de cambio de volumen y el tipo de arcillas.

$$A = \frac{IP}{\text{Fracción de arcillas (\% < 2mm)}} \quad (15)$$

Tabla 13
Clasificación de las arcillas según su comportamiento "A".

Actividad	Clasificación	Tipo de arcilla	Potencial cambio de volumen
< 0.75	Inactiva	Caolinita	Bajo
0.75 -1.25	Normal	Lilita	Medio
> 1.25	Activa	Montmorillonita	Alto

Nota: Obtenido de: (Skempton & Macdonald, 1956).

Tabla 14
Valores típicos del comportamiento “A”.

Tipo Arcilla	Valor del parámetro A de Skempton
Altamente sensitiva	0.75 a 1.5
Normalmente consolidada	0.5 a 1.0
Arcilla arenosa compactada	0.25 a 0.75
Arcilla ligeramente sobre consolidada	0.0 a 0.5
Arcillas gravosas compactadas	-0.25 a +0.25
Arcillas muy sobre consolidadas	-0.5 a 0.0

Nota: Obtenido de: (Skempton & Macdonald, 1956)

Tabla 15
Criterios para determinar el cambio de volumen.

Cambios de volumen de las arcillas (Δv)	Límites de contracción (LC)	IP
Bajo	> 12	0 – 15
Moderado	10 – 12	15 – 30
Alto	0 – 10	> 30

Nota: Obtenido de: Holtz & Gibbs, (1956).

Tabla 16
Criterios para determinar el potencial expansivo.

Potencial expansivo	Potencial (%)	LL (%)	IP (%)
Bajo	< 0.5	< 50	< 25
Moderado	0.5 - 1.5	50 - 60	25 – 35
Alto	≥ 1.5	> 60	> 35

Nota: Obtenido de: Holtz & Gibbs, (1956).

- **Carga q_a , q_u**

La capacidad de carga ultima neta (q_u -neta), se utilizó para definir como la presión ultima por área unitaria de la cimentación soportada por el suelo en exceso de presión causada por el suelo alrededor al nivel de la cimentación. Esta aumentó o disminuyó en proporción a la variación de la carga admisible neta por lo que el análisis se basó en las cargas admisibles netas (q_a -neta).

- **Contenido de humedad de SPT**

El contenido de humedad del suelo es un valor que determinó la cantidad de agua en una cierta cantidad conocida de suelo; este se expresó como porcentaje.

$$W_s - W_h \quad (16)$$

5.6.1.3. Caracterización del Macizo Rocoso

✓ Trabajo en campo

La metodología que se empleó fue la del Manual de Campo para la descripción y caracterización de macizos rocosos en afloramientos de Gonzáles y Ferrer (2007). Para describir las características se empleó una ficha técnica que se adjunta en el Anexo 3, además se utilizó una ficha para describir la matriz y las discontinuidades presentes. Los materiales utilizados fueron: Esclerómetro, cintra métrica, brújula, GPS, fichas de campo, juego geométrico.

Figura 23

Resistencia a la compresión simple con esclerómetro.



Nota: Utilización del esclerómetro en el macizo rocoso conformado por esquistos.

✓ Trabajo de gabinete

Una vez completada la información de la ficha de caracterización del macizo rocoso, se calcularon los parámetros que se describen a continuación:

✓ RQD (Rock Quality Designation)

Es el índice más usado para medir el grado de fracturación de un macizo rocoso. Para el RQD se dividió el macizo rocoso en dos estaciones cada una de 1m^3 , se realizó la sumatoria de fisuras (J_v) en el macizo rocoso. Por medio de la fórmula del RQD planteada por Palmstrom (2005) se determinó el RQD de cada uno de los macizos y se asignó su respectiva clasificación basándose en las características del área de estudio:

$$RQD = 110 - 2.5J_v$$

(17)

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

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

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

$J_v = \Sigma(1/SM_i)$ Donde: SM_i , es el espaciamiento medio de cada fisura en m.

Para calcular del índice RMR se empleó la clasificación geomecánica de Bienawski que se describe a continuación:

Tabla 17

Clasificación para el RMR de Bieniawski.

Clasificación para el RMR de Bieniawski 1989								
1	Resistencia de la matriz rocosa (Mpa)	Ensayo de carga puntual	>10	10-4	4-2	2-1	Compresión Simple (Mpa)	
		Compresión Simple	>250	250-100	100-50	50-25	25-5	5-1
		Puntuación	15	12	7	4	2	1 0
2	RQD		90%-100%	75%-90%	50%-75%	25%-50%	<25%	
		Puntuación	20	17	13	6	3	
3	Separación entre diaclasas		>2m	0.6-2m	0.2-0.6m	0.06-0.2m	<0,06m	
		Puntuación	20	15	10	8	5	
4	Estado de las discontinuidades	Longitud de la discontinuidad	<1m	1-3m	3-10m	10-20m	>20m	
		Puntuación	6	4	3	1	0	
		Abertura	Nada	<0.1mm	0.1-1.0mm	1-5mm	>5mm	
		Rugosidad	Muy rugosa	Rugosa	Ligeramente Rugosa	Ondulada	Suave	
		Puntuación	6	5	3	1	0	
		Relleno	Ninguno	Relleno duro <5mm	Relleno duro >5mm	Relleno blando <5mm	Relleno blando >5mm	
		Puntuación	6	4	2	2	0	
		Alteración	Inalterado	Ligeramente alterado	Moderadamente alterado	Muy alterada	Descompuesta	
Puntuación	6	5	3	1	0			
5	Agua Freática	Caudal por 10m de túnel	Nulo	<10 litros/min	10-25 litros/min	25-125 litros/min	> 125 litros/min	
		Relación: Presión de agua/tensión principal mayor	0	0-0.1	0.1-0.2	0.2-0.5	> 0.5	
		Estado General	Seco	Ligeramente Húmedo	Húmedo	Goteando	Agua Fluyendo	
		Puntuación	15	10	7	4	0	

Nota: Obtenido de: Bieniawski (1989)

De acuerdo a la puntuación obtenida mediante la tabla 18, se asignó una clase y una categoría de calidad de acuerdo a los datos obtenidos:

Tabla 18
Clasificación RMR de Bieniawski.

Clase	I	II	III	IV	V
Calidad	Muy buena	Buena	Media	Mala	Muy mala
Puntuación	100-81	80-61	60-41	40-21	<20

Nota: Obtenido de: Bieniawski (1989).

✓ **Clasificación SMR de Romana (1997)**

Para obtener SMR se tomó en cuenta la relación geométrica existente tanto en el talud como en las familias de juntas, se utilizó la siguiente tabla:

Tabla 19
Factores de ajuste de juntas.

Factores de ajuste por la orientación de las juntas (F ₁ , F ₂ y F ₃)					
Caso	Muy favorable	Favorable	Normal	Desfavorable	Muy Desfavorable
P $\alpha_j - \alpha_s$					
T $\alpha_j - \alpha_s - 180^\circ$	>30°	30°-20°	20°-10°	10°-5°	<5°
P/T F ₁	0,15	0,4	0,7	0,85	1
P β_j	<20°	20°-30°	30°-35°	35°-45°	>45°
F ₂	0,15	0,4	0,7	0,85	1
T F ₂	1	1	1	1	1
P $\beta_j - \beta_s$	>10°	10°-0°	0°	0°-(-10°)	<-10°
T $\beta_j + \beta_s$	<110°	110°-120°	>120°		
P/T F ₃	0	-6	-25	-50	-60
Factor de ajuste por el método de excavación (F ₄)					
Método	Talud Natural	Precorte	Voladura Suave	Voladura o excavación mecánica	Voladura Deficiente
F₄	+15	+10	+8	0	-8
Clases de estabilidad					
Clase	V	IV	III	II	I
SMR	0-20	21-40	41-60	61-80	81-100
Descripción	Muy Mala	Mala	Normal	Buena	Muy Buena
Estabilidad	Totalmente Inestable	Inestable	Parcialmente estable	Estable	Totalmente estable
Roturas	Grandes roturas por planos continuos o por masa	Juntas o grandes cuñas	Algunas juntas o muchas cuñas	Algunos Bloques	Ninguna
Tratamiento	Reexcavación	Corrección	Sistemático	Ocasional	Ninguno

Nota: Obtenido de (Romana., 1997)

La fórmula empleada para el cálculo del SMR fue:

$$\text{SMR} = \text{RMR}_{\text{básico}} + (F_1 \times F_2 \times F_3) + F_4 \quad (18)$$

Se determinó en valor de cada junta, y se adoptó el valor menor de los obtenidos, de acuerdo al procedimiento establecido de Vallejo, L. 2002. De acuerdo a estos valores se clasifico en las siguientes categorías:

Tabla 20

Clases de estabilidad.

Caso	Clases de estabilidad				
	V	IV	III	II	I
SMR	0-20	21-40	41-60	61-80	8-100
Descripción	Muy mala	Mala	Normal	Buena	Muy buena
Estabilidad	Totalmente inestable	Inestable	Parcialmente estable	Estable	Completamente estable
Rotura	Grandes roturas por planos continuos o por masa	Juntas o grandes cuñas	Algunas juntas o muchas cuñas	Algunos bloques	Ninguna
Tratamiento	Excavación	corrección	sistemático	Ocasional	Ninguno

Nota: Obtenido de (Bieniawski, 1972)

GSI (En función del RMR₈₉ básico) como se obtuvieron valores de RMR_{básico} menores a 23 la fórmula que se aplico fue:

$$\text{GSI} = \text{RMR} - 5 \quad (19)$$

5.6.2. Metodología Tercer Objetivo

“Analizar con base en el factor de seguridad la estabilidad de los taludes del tramo de estudio”.

- **Trabajo de Oficina**

5.6.2.1. Método de equilibrio límite. Este método estableció la rotura del terreno que se generó a través de una línea que representó la superficie de rotura. Con ello ayudó a determinar si la masa de terreno por encima de la línea se desplazó respecto la masa inferior, produciéndose la rotura del terreno. Se utilizaron distintos métodos: Bishop Simplificado, Janbu y Spencer.

5.6.2.2. Factor de seguridad. Para el cálculo del factor de seguridad se realizó un análisis mediante el software Slide 6.0, donde se modelaron los taludes correspondientes a suelos. Para la representación del perfil del talud, se generaron perfiles transversales a partir de la topografía en el software QGIS, los cuales fueron exportados al software Slide.6.0 para

verificar las condiciones actuales de estabilidad en el sector. Los datos que se ingresarán al programa fueron: ángulo de fricción, peso específico y cohesión; estos valores se establecieron en base a los resultados tanto de los sondeos eléctricos verticales, ensayos de penetración, caracterización del macizo rocoso y revisión bibliográfica.

- **Modelo Estático**

Para el modelamiento de los taludes en condición estática, se tomó en cuenta los factores que pudieron afectar la estabilidad de los taludes, como: la geometría, geología y características geológicas-geotécnicas de los geomateriales que se obtuvieron previamente en los ensayos. Una vez establecidos los taludes de estudio se calculó el Factor de seguridad con las herramientas que proporciona el software Slide 6.0, sin embargo, para corroborar y comparar los datos se realizó un cálculo mediante fórmula que establece Suarez, quien menciona que, si la longitud relativa del talud es mayor a la relación con su espesor, la contribución de la resistencia en la cabeza y el pie del talud es menor a diferencia del resto de la superficie de falla. Por ello se ha empleado el método del talud infinito que permite determinar el factor de seguridad que se puede emplear en suelos alterados y homogéneos. Para obtener el factor de seguridad en condiciones normales en suelos se empleó la siguiente fórmula:

$$Fs (seco) = \frac{c}{\gamma * H * \cos^2 \beta} + \frac{\tan \phi}{\tan \beta} \quad (20)$$

El talud de roca conformado por esquistos al presentar condiciones de rotura planar se representó utilizando el software RocPlane y se verificó con la fórmula que establece Culmann para rotura planar con la siguiente fórmula:

$$Fs = \frac{c + \frac{1}{2} \gamma * H \frac{\text{Sen}(\beta - \theta)}{\text{Sen}\theta - \text{Sen}\beta} \cos\theta \text{sen}\theta \text{tg}\phi}{\frac{1}{2} \gamma * H \frac{\text{Sen}(\beta - \theta)}{\text{Sen}\theta - \text{Sen}\beta} \text{sen}^2\theta} \quad (21)$$

Donde:

c= Cohesión

γ = Peso específico

H= Altura

β =Ángulo de trabajo

θ = Diferencia del Ángulo

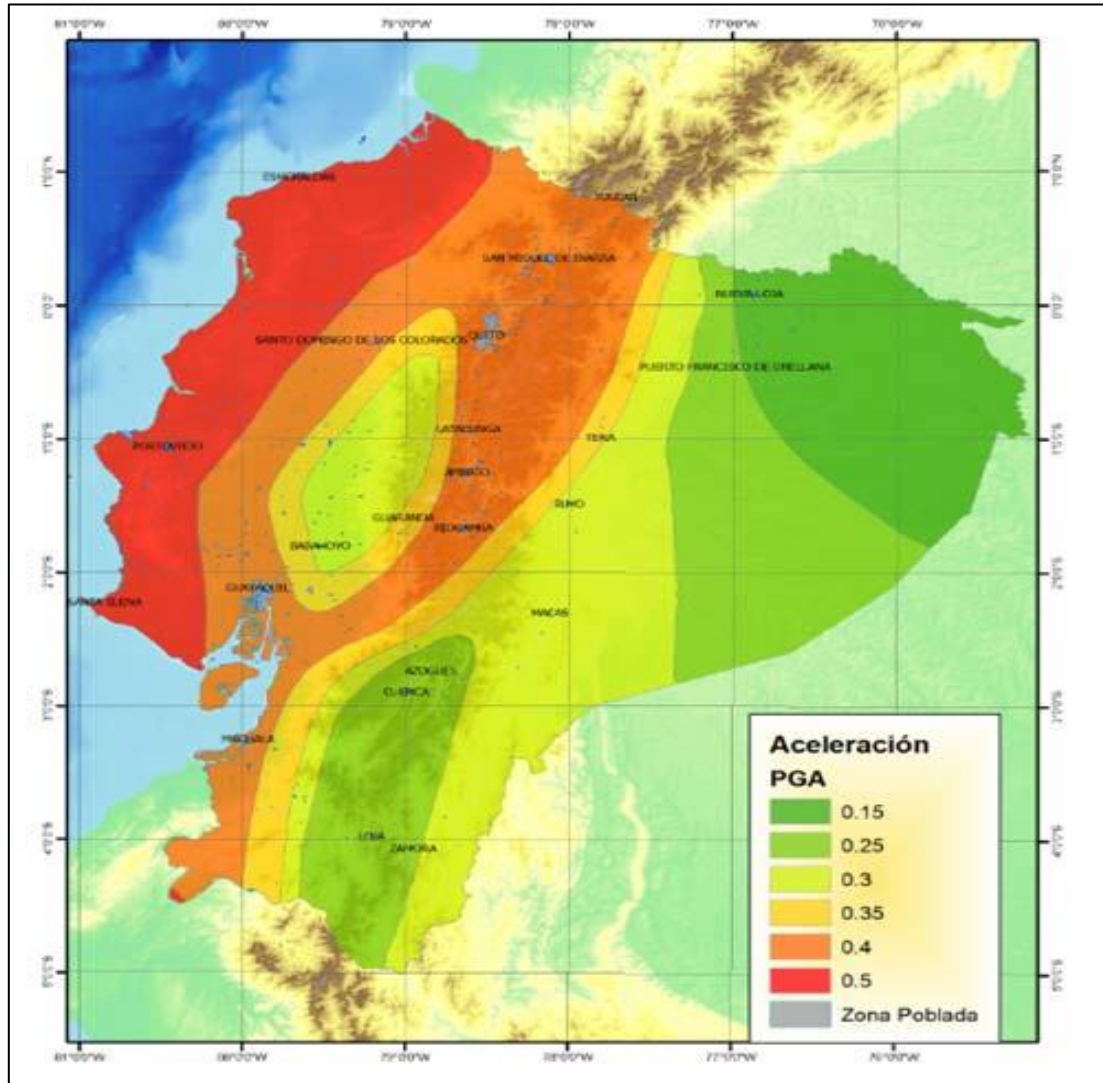
ϕ = Ángulo de Fricción

- **Modelo Pseudoestático**

Para el modelamiento de taludes mediante este método se empleó cargas sísmicas horizontales, sin considerar las verticales; para obtener el coeficiente sísmico se utilizó el mapa de zonas sísmicas de todo el Ecuador.

Figura 24

Zonas sísmicas de Ecuador.



Nota: Mapa de representación de zonas sísmicas con sus respectivos rangos de aceleración. Fuente: NEC, 2015.

6. Resultados

6.1. Topografía

Se realizó el levantamiento topográfico de la vía Balsas-San Roquito, como partida se utilizó un punto establecido por el Catastro, con las siguientes coordenadas:

Tabla 21

Punto de control establecido por el catastro.

Puntos de control			
Punto	Norte	Este	Descripción
1	9585190.1216	632988.8189	PC1

Nota: Obtenido de: Catastro, 2022.

A continuación, se detallan los puntos de control establecidos con la estación total Trimble S6:

Tabla 22

Puntos de control establecidos en campo.

Puntos de control			
Punto	Norte	Este	Descripción
2	9585193.2425	632981.8235	PC2
3	9585167.3601	632960.6905	PC3
4	9585196.3729	632928.7681	PC4
5	9585252.6579	632854.9996	PC5
6	9585287.7622	632810.3288	PC6
7	9585301.5248	632769.4489	PC7
8	9585260.4709	632711.4715	PC8
9	9585263.7784	632681.2781	PC9
10	9585283.2785	632663.7006	PC10
11	9585302.8080	632661.7006	PC11
12	9585333.0153	632631.2057	PC12
100	9585254.8655	632691.0834	Aux

Nota: Puntos de control establecidos en el área de estudio.

Seguidamente la información topográfica se obtuvo mediante el uso de un vehículo aéreo no tripulado (Dron DJI a 100 m de altura. (Precisión 0.02m)); se encontró un relieve que oscila entre 694 m s.n.m (cota más baja) y 961 m s.n.m (cota más alta), abarcando un área total

de 34 ha. Se representó la infraestructura en la faja de estudio como casas, vías principales y alternas presentes en el tramo de estudio; para tener una mejor visualización se dividió la topografía en tres tramos que representan los dos primeros en 1km cada uno y el tramo final con 1,146km; las curvas se encuentran establecidas a 5m con una separación de 1m para las secundarias. Seguidamente se muestra la información topográfica:

Figura 25
Topografía vía San Roquito Absc 0+000 – 1+000.

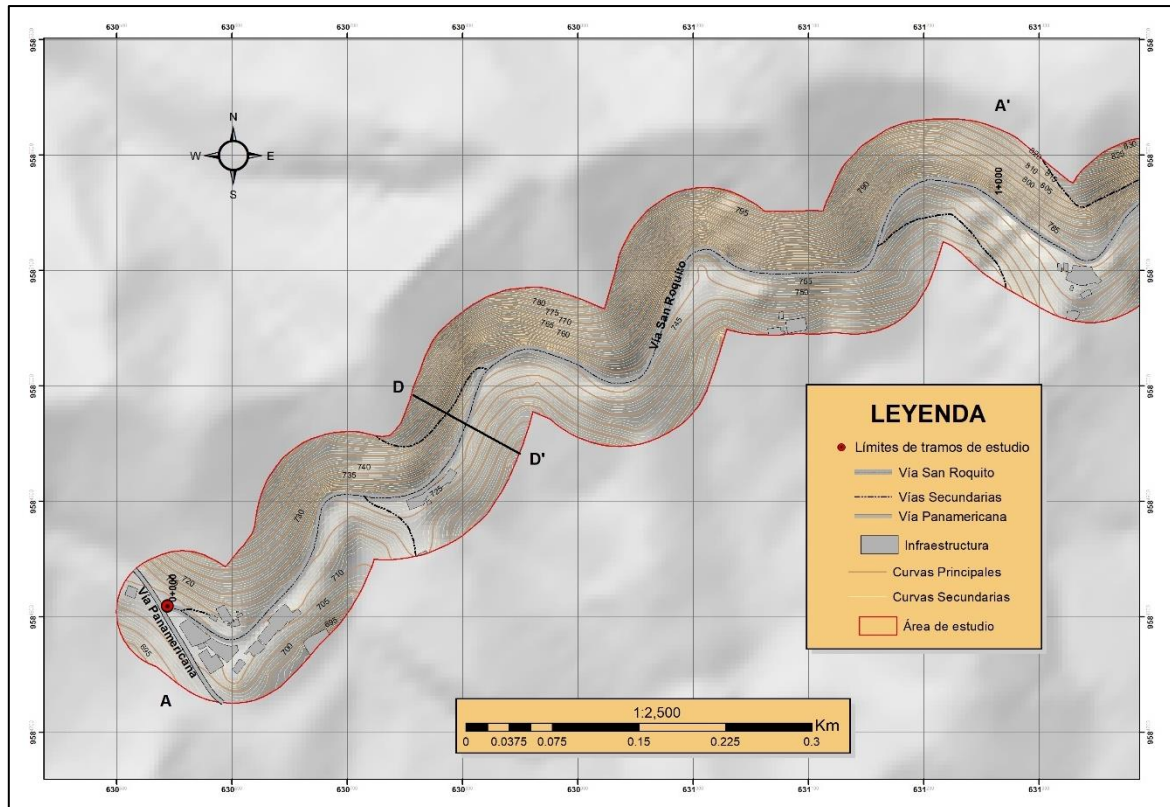


Figura 26
Topografía vía San Roquito Absc 1+000 – 2+000.

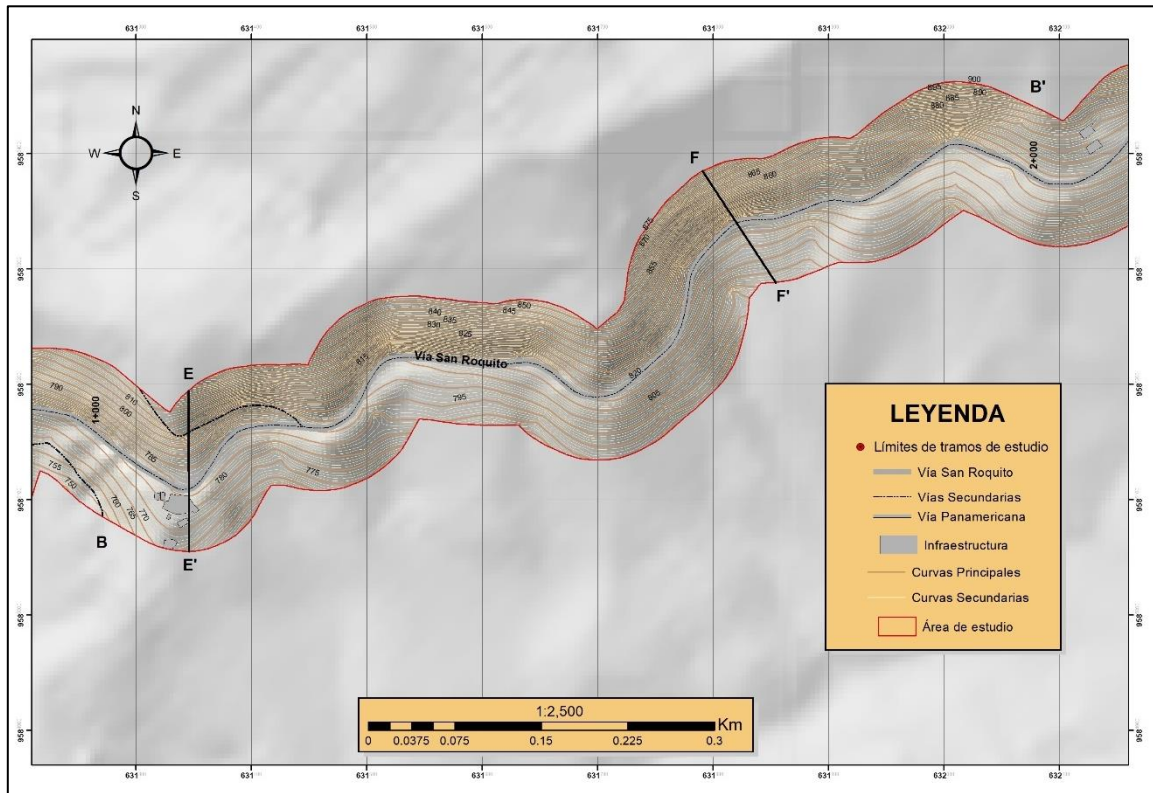
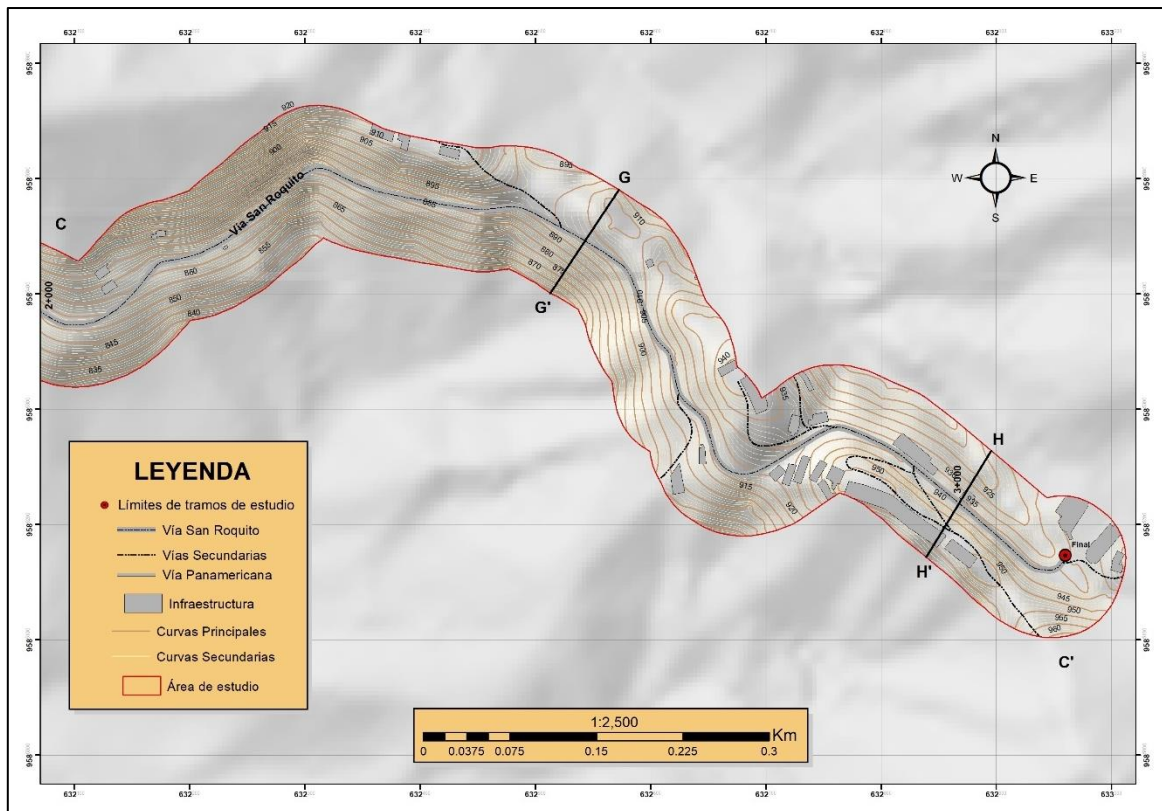


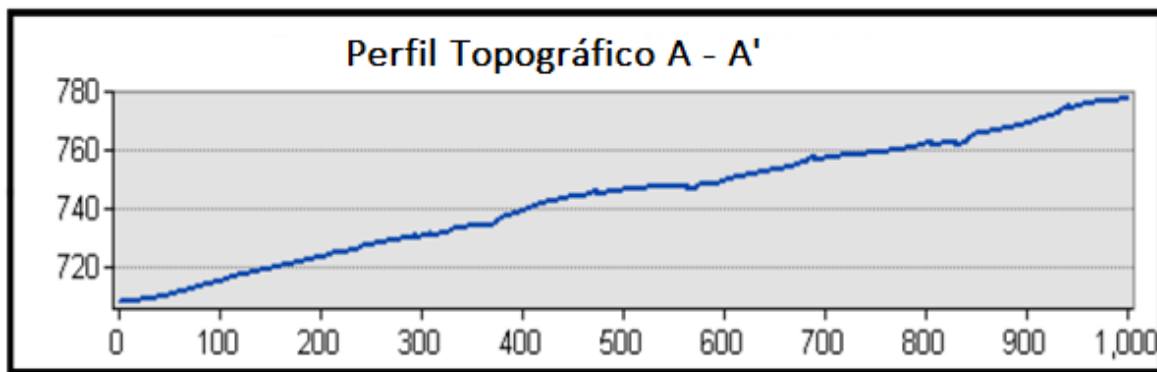
Figura 27
Topografía vía San Roquito Absc 2+000 – 3+146.



6.1.1. Perfiles Topográficos Longitudinales

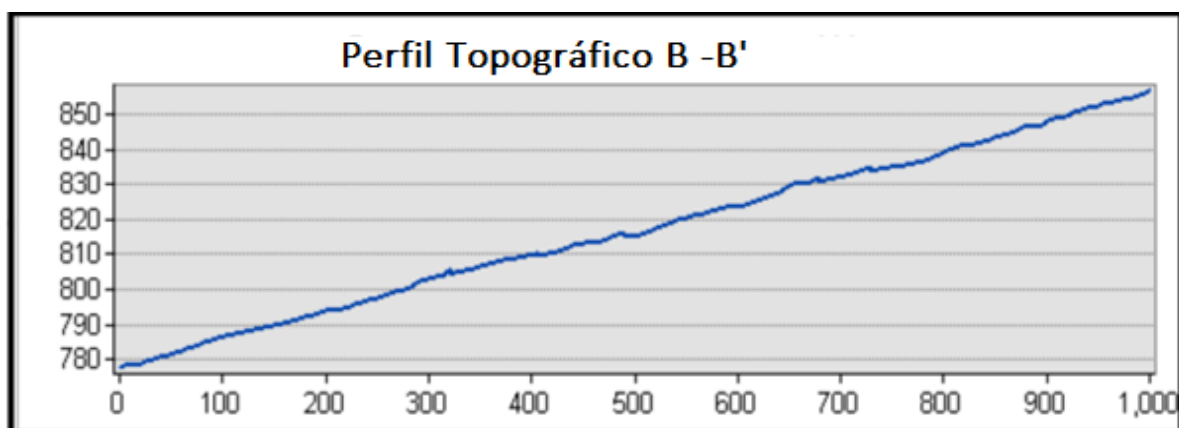
En la Figura se representa el perfil topográfico de las abscisas 0+000 – 1+000 del tramo de vía en estudio, este se realizó siguiendo el ras de la vía principal, tiene una longitud de 1000 m. Además, su altitud mayor es de 780 m y la altitud menor es inferior a 710 m, existiendo una diferencia de 70 m.

Figura 28
Perfil topográfico A – A'



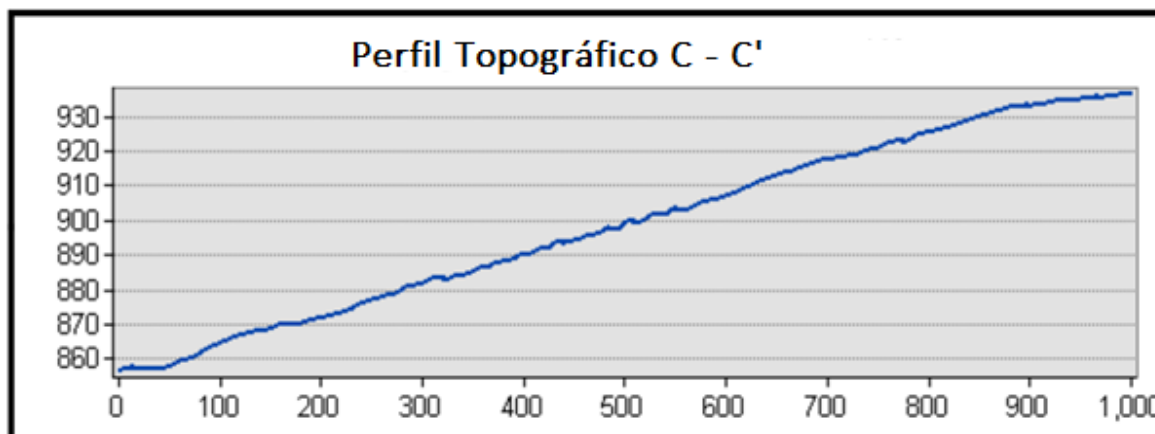
Continuando el tramo de estudio, se realizó un perfil topográfico de las abscisas 1+000 – 2+000 del tramo, igualmente se realizó siguiendo el ras de la vía principal y tiene una longitud de 1000 m. Su altitud mayor supera los 855 m y la altitud menor es inferior es 779 m, existiendo una diferencia de 76 m.

Figura 29
Perfil topográfico B – B'



El ultimo perfil se realizó en la abscisa 2+000 – 3+146 continuando con la vía principal, abarcando una longitud de 1146m. La altitud menor es inferior a los 860m y la máxima supera los 930m.

Figura 30
Perfil topográfico C – C'



6.1.2. Perfiles Topográficos Transversales

Para obtener una vista de los taludes de estudio, se realizó los siguientes cortes que se detallan a continuación:

Figura 31
Perfil topográfico D – D'

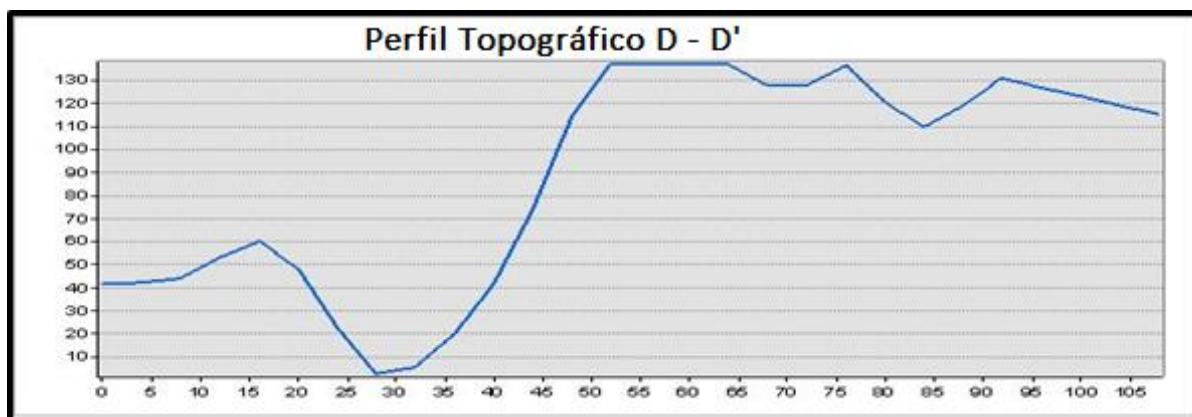


Figura 32
Perfil topográfico E – E'



Figura 33
Perfil topográfico F – F'

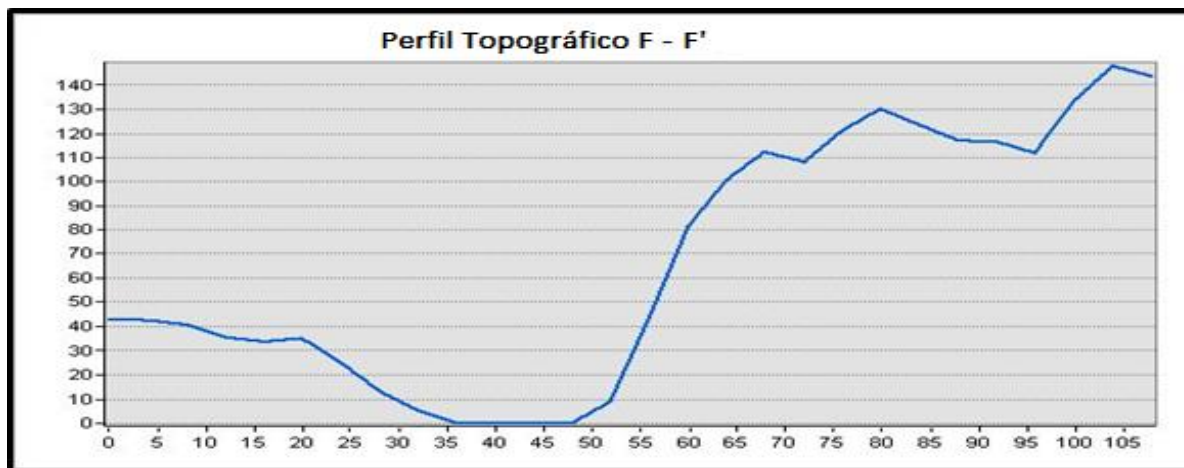


Figura 34
Perfil topográfico G – G'

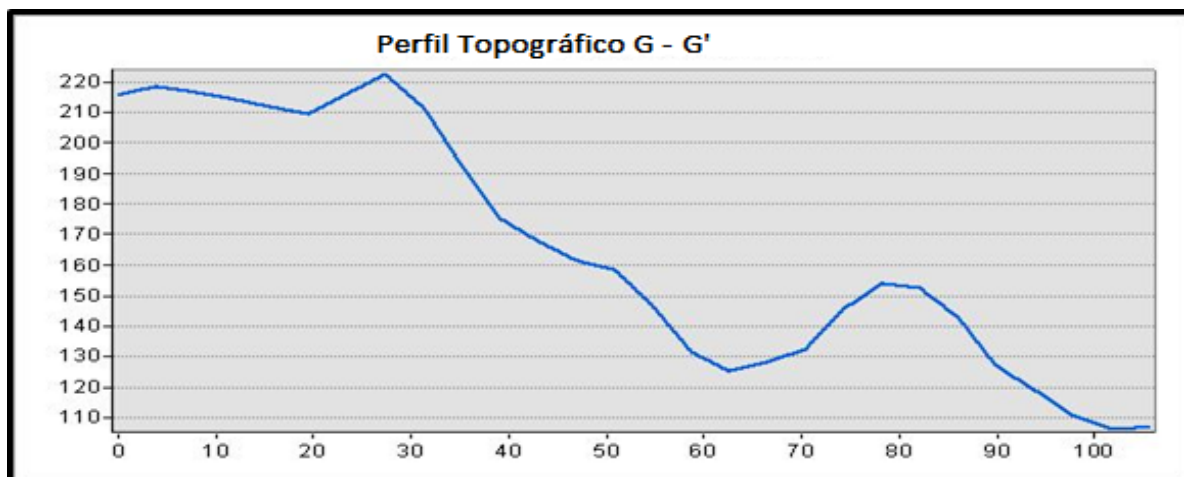
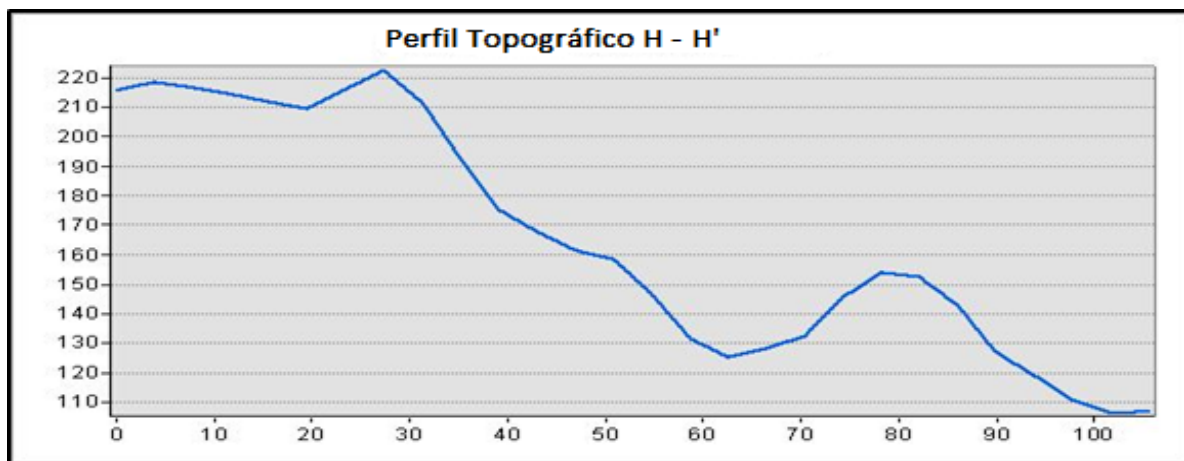


Figura 35
Perfil topográfico H – H'



6.1.3. Inventario de Deslizamientos

En la zona de estudio se identificaron diversos deslizamientos a lo largo de toda la vía, por lo cual se realizó un inventario de los movimientos en masa más relevantes, para lo cual se utilizó la ficha de movimientos en masa del anexo 2.

Tabla 23

Coordenadas de ubicación de deslizamientos.

Código	Abscisa	Coordenadas UTM WGS84		
		X	Y	Z
D1	0+156	630657	9584856	735
D2	0+694	631031	9585116	787
D3	1+545	631713	9585738	832
D4	1+929	632017	9585407	883

- **Abscisa 0+156**

Figura 36

Deslizamiento Abscisa 0+156.



El deslizamiento se encuentra ubicado en la abscisa 0+156, la superficie y los márgenes se encuentra cubiertos con árboles, con una vegetación de tipo herbácea y arbustiva. Tiene unas dimensiones de 34,24 m de altura y 45,3m de ancho. Este movimiento está conformado por una matriz arcillo- limosa; que debido a factores climáticos se han desplazado hasta depositarse al

pie del talud. El escarpe de movimiento en masa es parcialmente evidente, la intensidad que le da forma es fuerte, además de que sus márgenes se encuentran parcialmente evidente debido a la cantidad excesiva de vegetación desplazada. Su morfología es cóncava y su superficie se encuentra ligeramente húmeda debido a las constantes lluvias presentes en este sector. Es un deslizamiento de tipo rotacional característico de suelos blandos.

Tabla 24

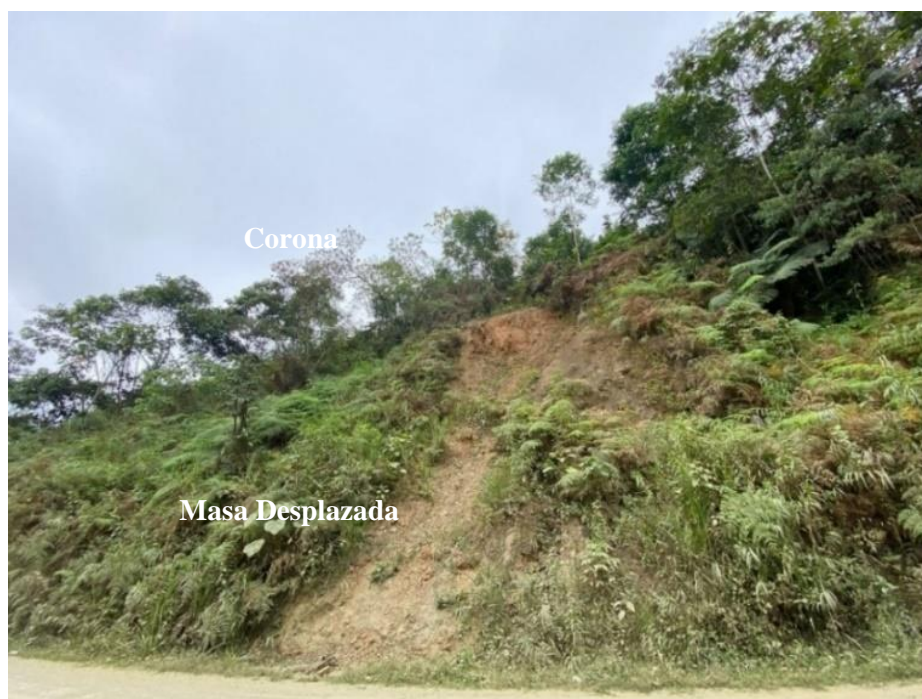
Datos generales del Deslizamiento 1.

Descripción	Unidades	Resultado
Ancho de la masa desplazada (Wd)	m	48,2
Ancho de la superficie de falla (Wr)	m	27,3
Longitud de la masa deslizada (Ld)	m	43,8
Longitud de la superficie de falla (Lr)	m	36,6
Longitud total (L)	m	44,5
Longitud de la línea central (Lcl)	m	36,7
Tipo de deslizamiento		Rotacional

- **Abscisa 0+694**

Figura 37

Deslizamiento Abscisa 0+714.



Es un deslizamiento de tipo rotacional ubicado en la abscisa 0+694, tiene una morfología ondulada, una cubierta arbustiva. Tiene unas dimensiones de 25,8m de altura y 41,02m de ancho. La litología que lo conforma es una matriz arcillosa, con presencia de clastos,

que son producto de la meteorización de la roca madre. Tiene una forma irregular y se encuentra latente, el escarpe principal es bien evidente, el pie del movimiento de encuentra amontonado con el material y la intensidad de su forma es fuerte. Los márgenes del deslizamiento se encuentran parcialmente evidentes, la superficie se encuentra ligeramente húmeda debió a las continuas lluvias que se suscitan en el sector.

Tabla 25

Datos Generales del Deslizamiento 2.

Descripción	Unidades	Resultado
Ancho de la masa desplazada (Wd)	m	21,02
Ancho de la superficie de falla (Wr)	m	16,3
Longitud de la masa deslizada (Ld)	m	35,8
Longitud de la superficie de falla (Lr)	m	27,5
Longitud total (L)	m	41,4
Longitud de la línea central (Lcl)	m	30,4
Tipo de deslizamiento		Rotacional

- **Abscisa 1+545**

Figura 38

Deslizamiento Abscisa 1+464.



El deslizamiento se encuentra en la abscisa 1+545, es de tipo rotacional, la superficie es ligeramente húmeda. Tiene unas dimensiones de 20,2m de altura y 32,1m de ancho. La

vegetación es arbustiva y en la parte superior existen matorrales. Al pie del talud se puede observar la masa desplazada amontonada, tiene una morfología de tipo ondulada y la litología que lo constituye es una matriz arcillosa. Su escarpe es bien evidente y la intensidad de la forma es clara.

Tabla 26

Datos Generales del Deslizamiento 3.

Descripción	Unidades	Resultado
Ancho de la masa desplazada (Wd)	m	32,1
Ancho de la superficie de falla (Wr)	m	21,2
Longitud de la masa deslizada (Ld)	m	35,23
Longitud de la superficie de falla (Lr)	m	32,81
Longitud total (L)	m	40,49
Longitud de la línea central (Lcl)	m	31,90
Tipo de deslizamiento		Rotacional

- **Abscisa 1+929**

Figura 39

Deslizamiento Abscisa 1+545.



El deslizamiento se encuentra ubicado en la abscisa 1+929, la superficie y los márgenes se encuentra cubiertos con árboles, con una vegetación de tipo herbácea y arbustiva. Tiene unas dimensiones de 22,07m de altura y 37,6m de ancho. Este movimiento está conformado por una matriz arcillo- limosa; que debido a factores climáticos se han desplazado hasta depositarse al

pie del talud. El escarpe de movimiento en masa no es evidente, la intensidad que le da forma es fuerte, además de que sus márgenes se encuentran parcialmente evidentes debido a la cantidad excesiva de vegetación desplazada. Su morfología es ondulada y su superficie se encuentra ligeramente húmeda esto debido al clima húmedo característico del sector San Roquito. Es un deslizamiento de tipo rotacional.

Tabla 27

Datos Generales del Deslizamiento 4.

Descripción	Unidades	Resultado
Ancho de la masa desplazada (Wd)	m	37,6
Ancho de la superficie de falla (Wr)	m	21,9
Longitud de la masa deslizada (Ld)	m	42,4
Longitud de la superficie de falla (Lr)	m	42,1
Longitud total (L)	m	43,6
Longitud de la línea central (Lcl)	m	26,6
Tipo de deslizamiento		Rotacional

6.1.4. Pendientes

Se elaboró un mapa de pendientes para identificar la diferencia del gradiente entre las formas del relieve, el cual se clasificó en 4 rangos que se detallan a continuación:

Tabla 28

Pendientes de la vía San Roquito.

Simbología	Rango (°)	Clasificación	Área (Ha)	Porcentajes (%)
	0 – 5	Pendientes Ligeramente Inclinadas	0,170787	0,500612
	5 – 15	Pendientes Fuertemente Inclinadas	2,455918	7,198819
	15 – 35	Pendientes Muy Inclinadas	24,120498	70,702316
	35 - 49,19	Pendientes Empinadas	7,368367	21,598255

Nota: Obtenido de: Demek (1972).

Las pendientes de 0 – 5° se clasifican como pendientes ligeramente inclinadas; estas pendientes se encuentran en un porcentaje de 0,50 % con un área de 0,17 Ha, principalmente en la parte lateral derecha del tamo siendo las que se encuentran en un menor porcentaje. Las pendientes fuertemente inclinadas con un rango de 5 – 15°, se encuentra en un porcentaje de

7,19% y área de 2,45 Ha, estas se encuentran principalmente en las abscisas 2+000 a 3+146 de la vía.

El rango de $15 - 35^\circ$ corresponde a las pendientes muy inclinadas; esta variación de relieve es la más extensa de la zona y abarca 24,12 Ha que representa el 70,70% del área de estudio. Las pendientes empinadas ocupan un 21,59% de toda la faja de estudio con un área de 7,37 Ha, se identifican principalmente en el tramo #3 abscisas 1+000 y 2+000.

Figura 40
Pendientes vía San Roquito Abs 0+000 – 1+000.

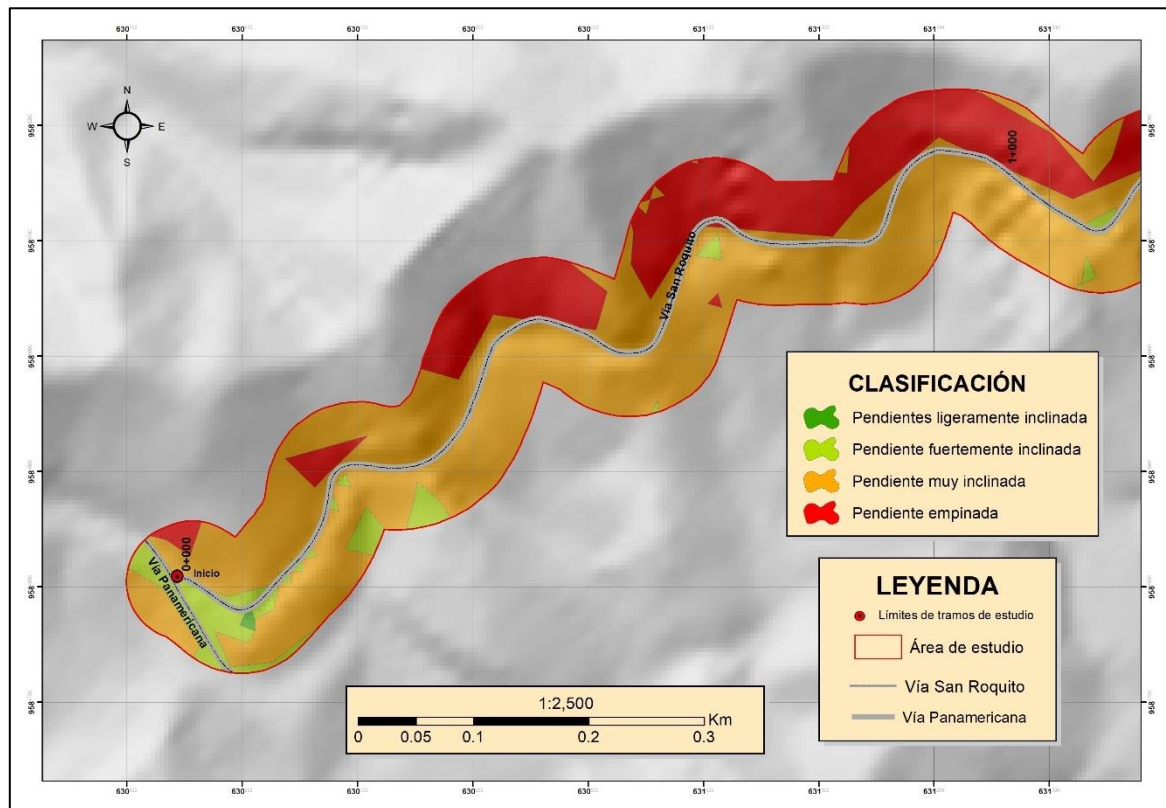


Figura 41
Pendientes vía San Roquito Abs 1+000 – 2+000.

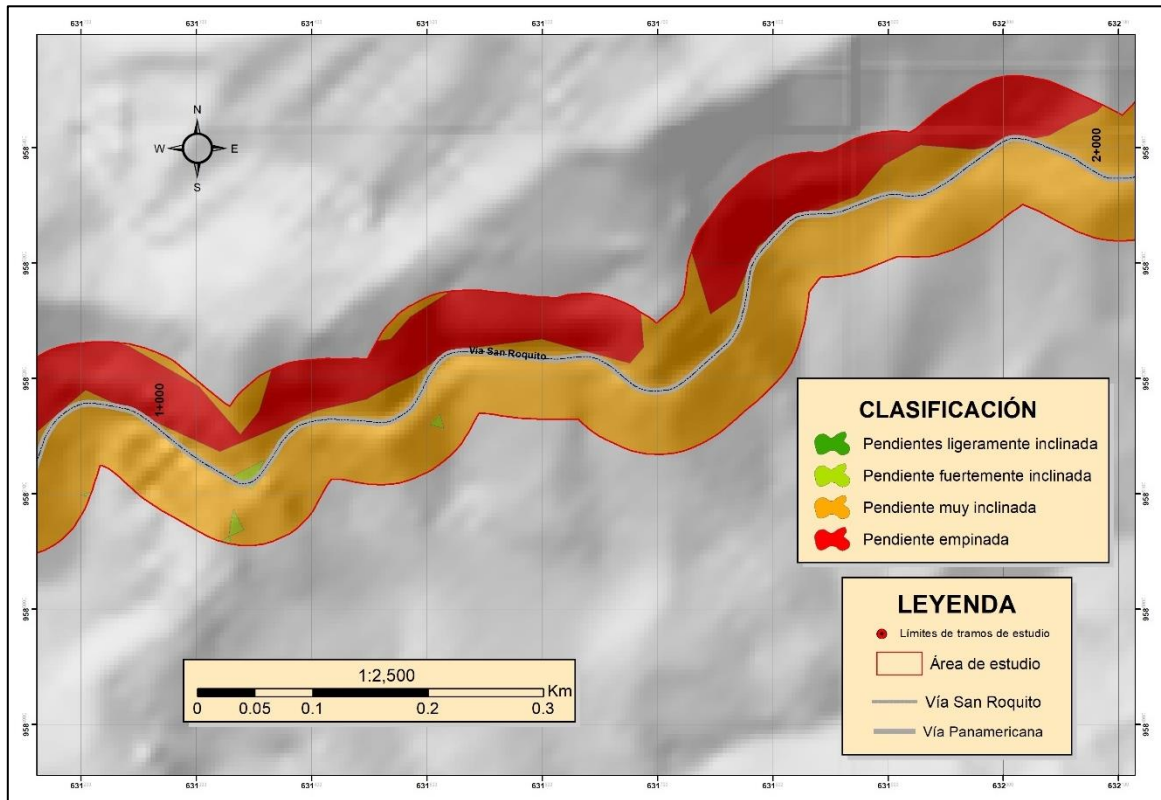
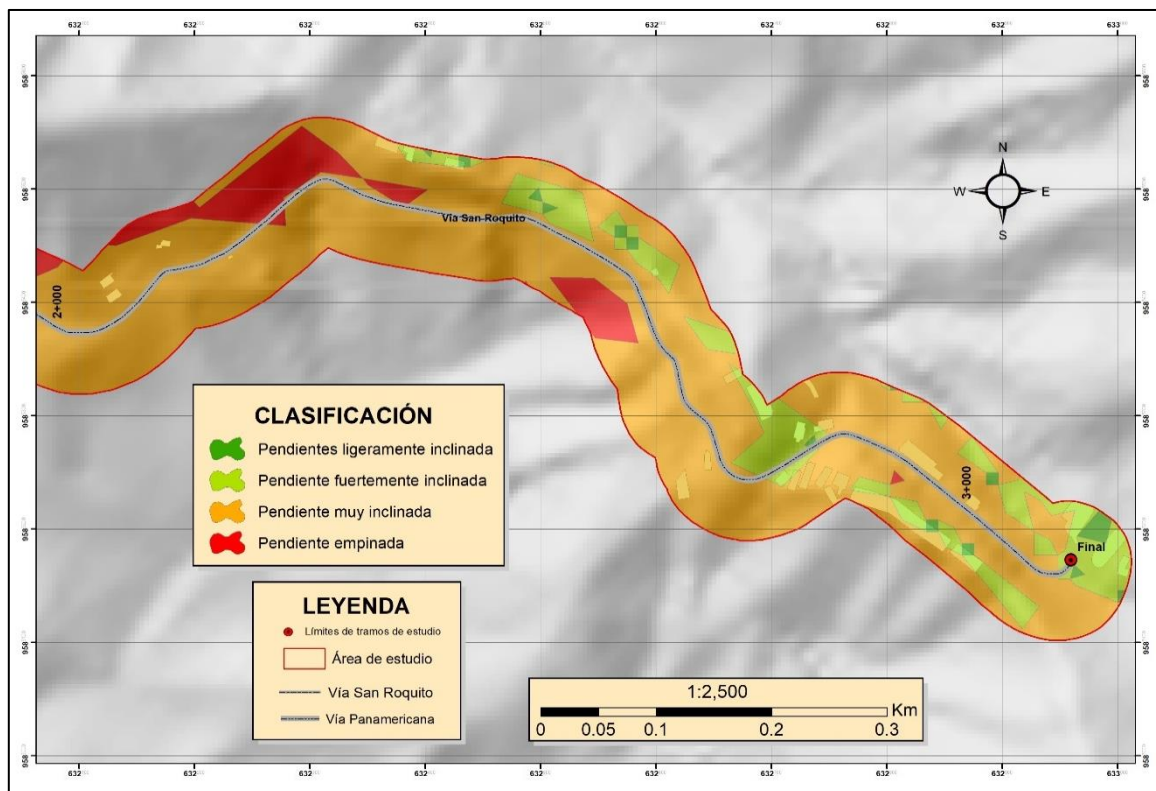


Figura 42
Pendientes vía San Roquito Abs 2+000 – 3+146.



Nota: Obtenido de: Demek (1972).

6.1.5. Geología Regional

Referente a la Geología Regional, se analizó la carta geológica de Zaruma a escala 1:100.000 CT-NVI-3 hoja 38. El cantón Balsas se encuentra dentro de la Unidad Plutón de Marcabelí donde predominan granodioritas generalmente masivas del Triásico Tardío.

El tramo de estudio que corresponde a la vía San Roquito se asienta en la Unidad Plutón de Marcabelí y a su vez se divide en la División Tahuín, Unidad la Victoria, El Tigre y La Bocana donde se localizan distintas litologías y se describen a continuación:

6.1.5.1. Plutones El Prado y Marcabelí (Trl\lpm). Los plutones El Prado y Marcabelí afloran en la parte central-norte del área e intruyen las unidades Paleozoicas de La Victoria y El Tigre de la división Tahuín, la unidad Triásica de La Bocana y rocas volcánicas y Sedimentarias indiferenciadas del Cretácico. No se tiene edades del Plutón El Prado, pero su rumbo EW y la presencia de igual composición y textura granitoide al Plutón Marcabelí, sugieren que tienen una edad similar, que corresponde al Triásico Superior. Están constituidos principalmente por granodioritas de grano medio con biotita y moscovita. Se encuentran, por lo general, muy meteorizados y atravesados por diques básicos (Lopez, 1999).

- **División Tahuín**

La División Tahuín consiste de una secuencia semipelítica variablemente metamorfozada que muestra un rápido incremento en el grado metamórfico de sur a norte, toma su nombre de la cordillera Tahuín, se le asigna una edad de Paleozoico Inferior, y se divide en dos unidades: La Victoria y El Tigre.

- **Unidad La Victoria (PzTv)**

Comprende una secuencia semipelítica de bajo a alto grado de metamorfismo compuesta por metasedimentos, filitas, esquistos, gneises y cuarcitas impuras. Si se toma a las unidades La Victoria y El Tigre como un solo grupo de rocas, existe un aumento gradual del metamorfismo de la unidad inferior El Tigre a la superior La Victoria (Lopez, 1999).

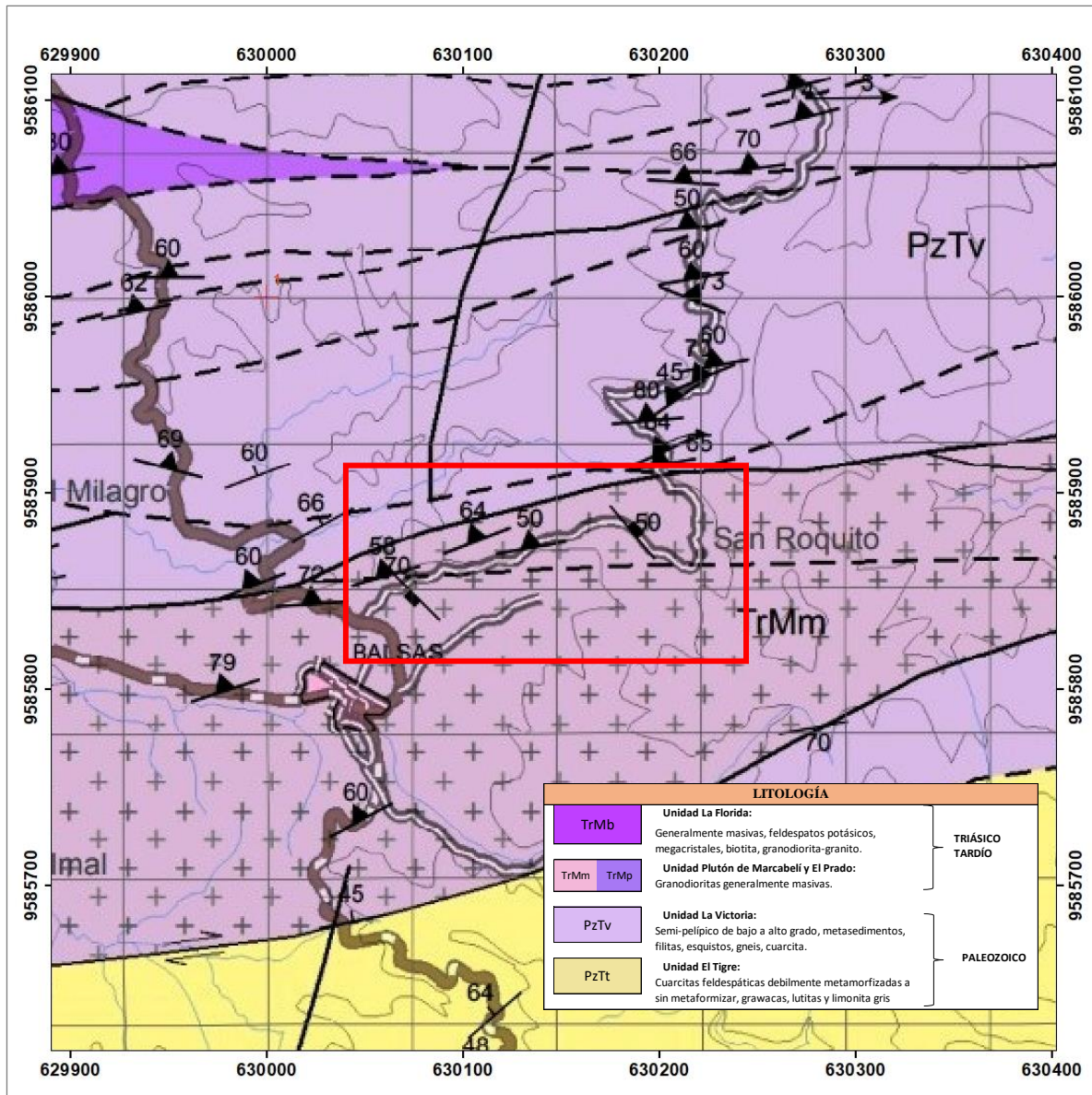
- **Unidad El Tigre (PzTt)**

La unidad El Tigre es una secuencia no metamorfozada a débilmente metamorfozada de cuarcitas feldespáticas de grano fino a medio, con estratos intercalados de lutitas que presentan un brillo sedoso debido a la presencia de sericita. Las estructuras sedimentarias remanentes sugieren que la unidad tiene un origen esencialmente turbidítico (Lopez, 1999).

- **Unidad La Bocana**

Esta unidad incluye rocas de diferentes variedades constituidas por: granodioritas de grano fino a medio con biotita, moscovita, granate y turmalina; en menor cantidad, migmatitas y paragneises, variablemente foliadas con presencia de xenolitos metasedimentarios (Lopez, 1999).

Figura 43
Geología Regional Tramo de vía San Roquito.



Nota: Obtenido de: Carta Geologica Zaruma escala 1:100.000.

6.2. Geología Local

Basado en la ficha técnica en campo, se recogió información de 17 afloramientos. Los datos obtenidos se reflejan en la tabla 29, destacando que todos son de tipo antrópico para la

apertura de la vía principal, así como secundarias de acceso privado. Para complementar la información de recogieron muestras de rocas para su debida observación y descripción. Al no contar con afloramientos en dos secciones y para correlacionar información, se realizaron 2 calicatas para describir el perfil geológico y la litología presente.

Tabla 29

Afloramientos Geología Local.

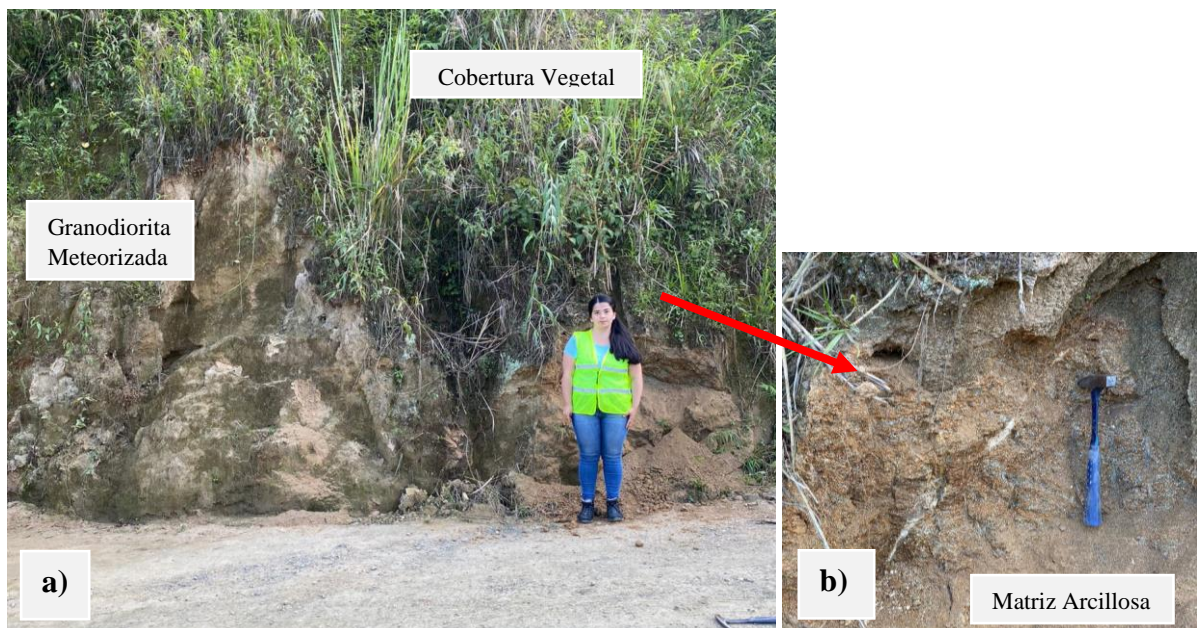
Nro. de Afloramiento	Coordenadas UTM/WGS84			Tipo de Afloramiento	Tipo de Material
	X	Y	Z		
1	630558	9584810	719	Antrópico	Sabuló
2	630614	9584788	716	Antrópico	Sabuló
3	630782	9584929	745	Antrópico	Sabuló
4	630739	9584948	759	Antrópico	Sabuló
5	630850	9585030	773	Antrópico	Sabuló
6	630967	9585047	768	Antrópico	Sabuló
7	631327	9585127	791	Antrópico	Sabuló
8	631437	9585172	816	Antrópico	Sabuló
9	631661	9585216	827	Antrópico	Sabuló
10	631661	9585216	832	Antrópico	Sabuló
11	631815	9585335	863	Antrópico	Esquistos
12	632523	9585470	880	Antrópico	Sabuló
13	632609	9585369	919	Antrópico	Granodiorita
14	632651	9585291	920	Antrópico	Regolito
15	632707	9585249	914	Antrópico	Regolito
16	632965	9585159	957	Antrópico	Coluvio-Aluvial
17	632630	9585254	916	Antrópico	Regolito

Tabla 30
Ubicación de calicatas geológicas.

Nro. de Calicata	Coordenadas UTM/WGS84			Tipo de Material
	X	Y	Z	
1	631264	9585104	779	Regolito
2	632625	9585260	868	Regolito

6.2.1. Granodiorita Meteorizada (Sabuló)

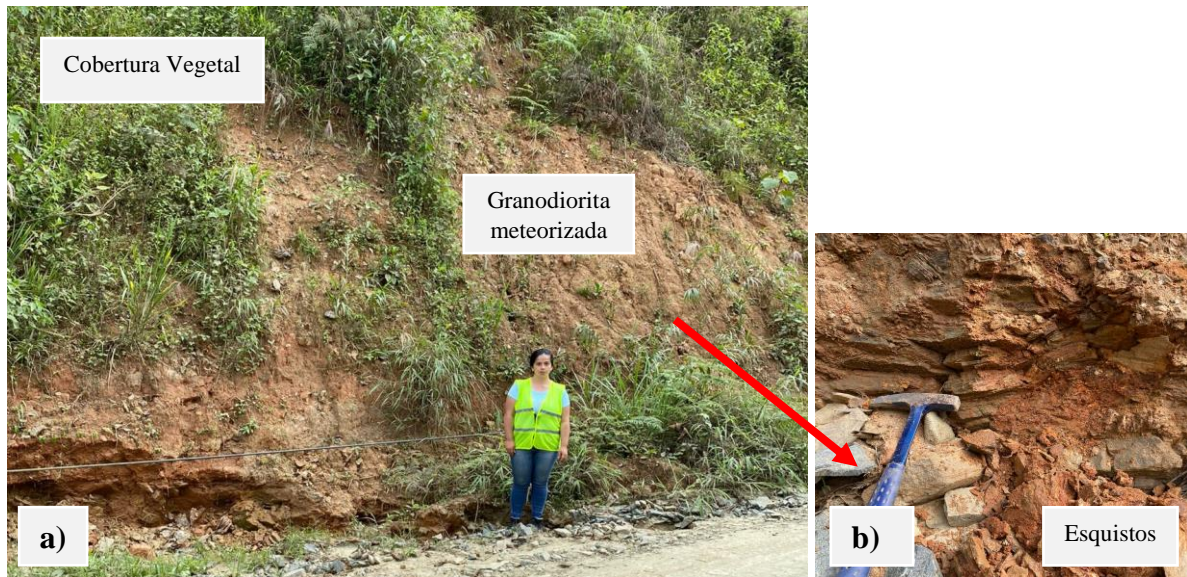
Figura 44
Afloramiento ubicado en la abscisa 0+005.



Nota: a) Vista general del afloramiento conformado por granodiorita meteorizada, b) vista detalle.

El Sabuló se ha formado como producto de la meteorización alta de la roca madre, este caso de las granodioritas que es la roca principal que conforma el basamento, hasta convertirse en un suelo arcillo - limoso con porcentajes menores de arena, este término se utiliza únicamente para tipos de materiales intrusivos. Estos suelos son transportados por la gravedad y el agua como escombros, depositándose en las partes bajas de los taludes. Este tipo de depósitos predominan en el área de estudio, encontrándose en las abscisas 0+005 hasta la 1+602 y luego continuando desde la abscisa 1+779 hasta la 2+726. Basándose en la geología regional, este tipo de depósitos son producto de disgregación del Plutón de Marcabelí.

Figura 45
Afloramiento abscisa 0+284.



Nota: a) Vista general del afloramiento conformado por granodiorita meteorizada, b) vista detalle de micropliegues.

En la abscisa 0+284 se encontró un afloramiento conformado por una matriz arcillo limosa con minerales de cuarzo y hierro. Existe la presencia de micropliegues en la parte inferior conformados por roca esquisto. Esta matriz se ha formado por procesos de disgregación dando lugar a depósitos sedimentarios conformados principalmente por arcillas y limos con una coloración rojiza debido a la presencia de hierro. Los esquistos se forman a partir de las arcillas sometidas a altas presiones.

Figura 46
Afloramiento abscisa 1+261.



Nota: a) Vista general del afloramiento conformado por granodiorita meteorizada, b) vista detalle de clastos.

En la abscisa 1+261 se encontró un afloramiento conformado por limos, arcillas, arenas y clastos en un estado de disgregación alto debido a factores climáticos. Los granos son rocas esquistos que van de 1cm a 12cm con forma angulosa. La humedad debido a los cambios climáticos provoca pequeños deslizamientos que se depositan en la parte inferior del talud.

6.2.2. Esquistos micáceos

Figura 47

Afloramiento abscisa 1+717.



Nota: a) Vista general del afloramiento conformado por roca metamórfica, b) vista detalle de esquistos.

Se pudo observar la presencia de esquistos micáceos con una textura de grano de media a gruesa, con una foliación escamosa. Los minerales que predominan en esta roca son clorita, biotita y moscovita; tienen una tonalidad café grisácea, con una textura foliada, el grado de metamorfismo en este afloramiento es bajo. Existe la presencia de diaclasas que son fracturas en las rocas donde existe una mínima separación transversal. El macizo rocoso se encuentra ubicado en la abscisa 1+717 de la vía San Roquito. Los datos estructurales corresponden a Rumbo S22W, Dirección N75W y Bz 46°.

6.2.3. Roca Granodiorita

Figura 48

Afloramiento abscisa 2+490.



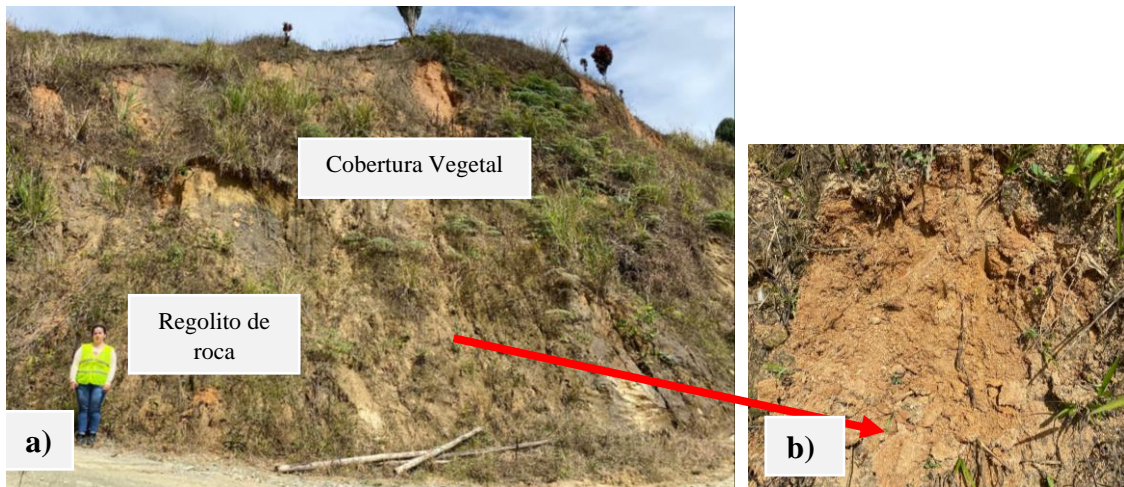
Nota: a) Bloque de roca cubierto de vegetación, b) vista detalle de granodiorita.

Como se puede observar en la figura 48 el afloramiento es de tipo antrópico para la apertura de una vía secundaria, está repleto de vegetación tipo arbustiva y en la parte superior herbácea y matorrales; al excavar con la piqueta se determinó la presencia de roca granodiorita, que es una roca ígnea plutónica característica de la formación Plutón de Marcabelí, tiene una textura fanerítica, está principalmente constituida por cuarzo, feldespatos y plagioclasas. Los minerales secundarios son la biotita, el anfíbol y el piroxeno. Cabe destacar que la estructura se encontró como un bloque uniforme del cual no se pudo obtener datos estructurales. Este afloramiento se encuentra aflorando en la abscisa 2+490.

6.2.4. Granodiorita medianamente alterada (Regolito)

Figura 49

Afloramiento abscisa 3+146.



Nota: a) Regolito de roca granodiorita, producto de meteorización, b) vista detalle de granodiorita.

Esta zona al encontrarse intruida por granito, ha sufrido diversos procesos que han dado origen a rocas como granodiorita. A su vez esta roca ha presentado cambios debido a factores externos, procesos de disgregación hasta convertirse en suelo; se encontró material con una matriz principalmente limosa con capa de materiales no consolidados, alterados, como fragmentos de roca y granos minerales (Regolito), producto de la meteorización de la roca madre. Este tipo de litología se encontró principalmente en las abscisas 2+500 hasta finalizar el tramo de vía en la 3+146.

6.2.5. Deposito Coluvio-Aluvial

Figura 50

Afloramiento abscisa 3+145.



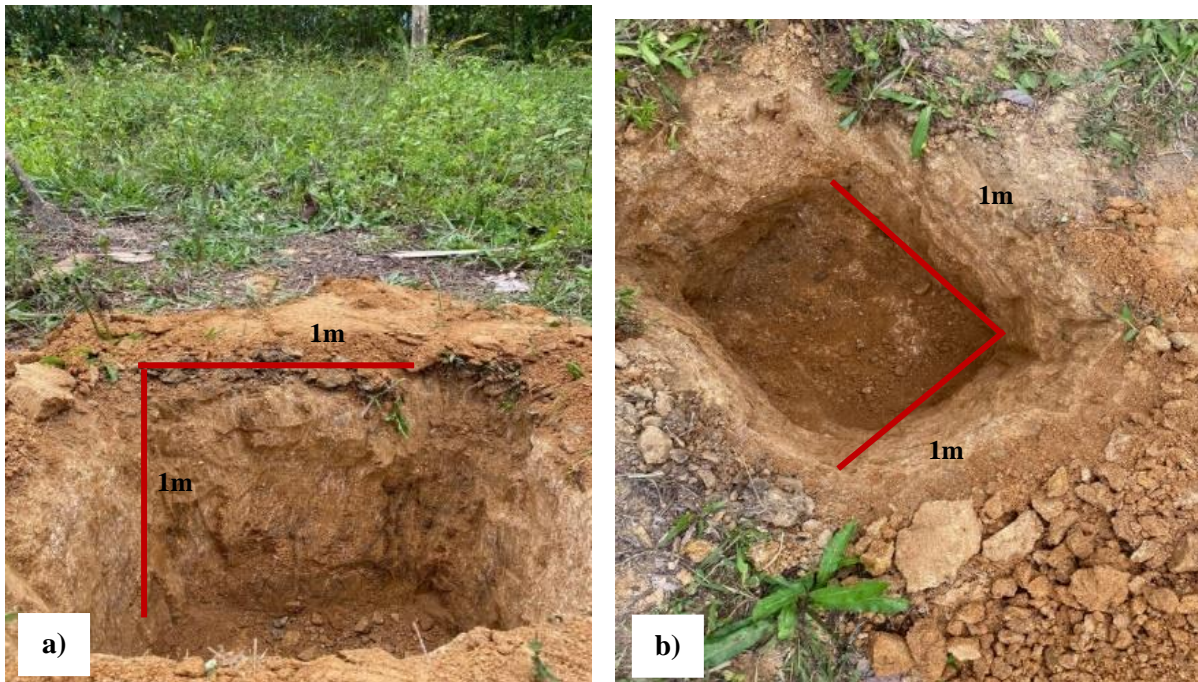
Nota: a) Afloramiento: deposito coluvio-aluvial b) vista detalle de clastos al pie del afloramiento.

Este tipo de depósito se encuentra en menor proporción en la abscisa 3+145 al finalizar la vía; está conformado por limos, arcillas y arenas, es un depósito de tipo coluvio-aluvial debido a la presencia de una vertiente con un caudal no significativo que nace de la montaña; tiene clastos de roca producto de la meteorización por el paso del agua que van de 2 a 18cm.

6.2.6. Calicatas

Se realizaron dos calicatas con el fin de obtener información litológica de dos sectores en los cuales no se contaba con afloramientos, como resultados se obtuvo un perfil litológico conformado principalmente materiales limosos, con una fina capa de materia orgánica en la parte superior, lo que permitió obtener información de la litología y representarla. En este caso el material corresponde a un regolito producto de la disgregación de la roca granodiorita del basamento hasta formar un suelo no consolidado.

Figura 51
Calicatas geológicas.



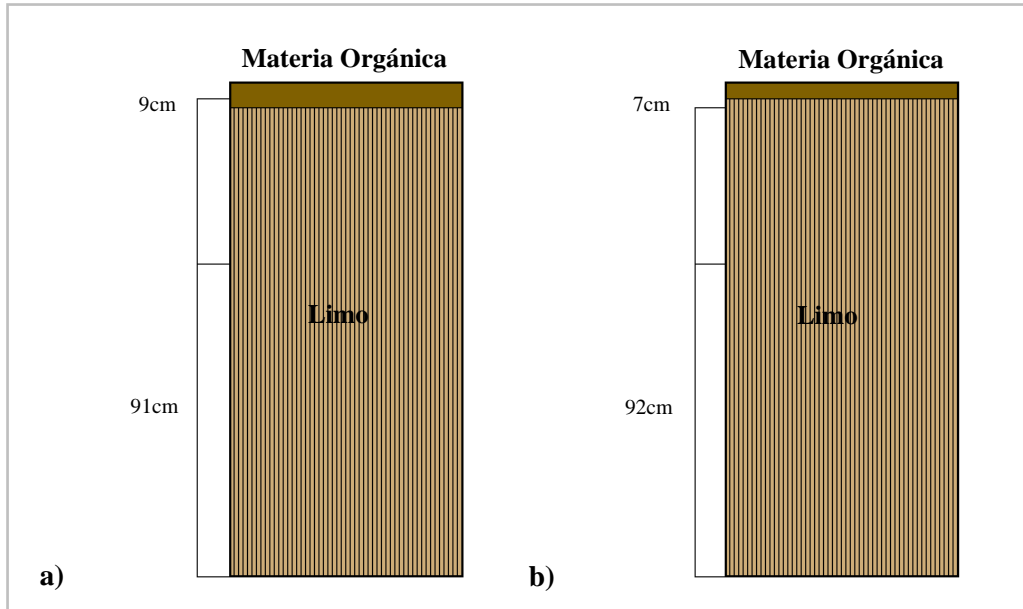
Nota: Excavación de calicatas con dimensiones y profundidad de 1m x 1m, a) calicata N° 1, b) calicata N° 2.

- Perfil estratigráfico de calicatas geológicas

Al partir

Figura 52

Perfiles estratigráficos de calicatas geológicas.



Nota: En la figura se representa dos perfiles de las calicatas del tramo de la vía San Roquito. a) calicata N° 1, en la parte superficial presenta una capa de 9cm de materia orgánica, los 91cm restantes corresponde a una capa de limo, que es un regolito producto de la disgregación de la roca madre (granodiorita), b) calicata N° 2, está conformada de igual forma por materia orgánica con un espesor de 7cm y en porcentaje mayor se encuentra el regolito con una capa de 93cm.

Figura 53
Geología local de la abscisa 0+000 a 1+000.

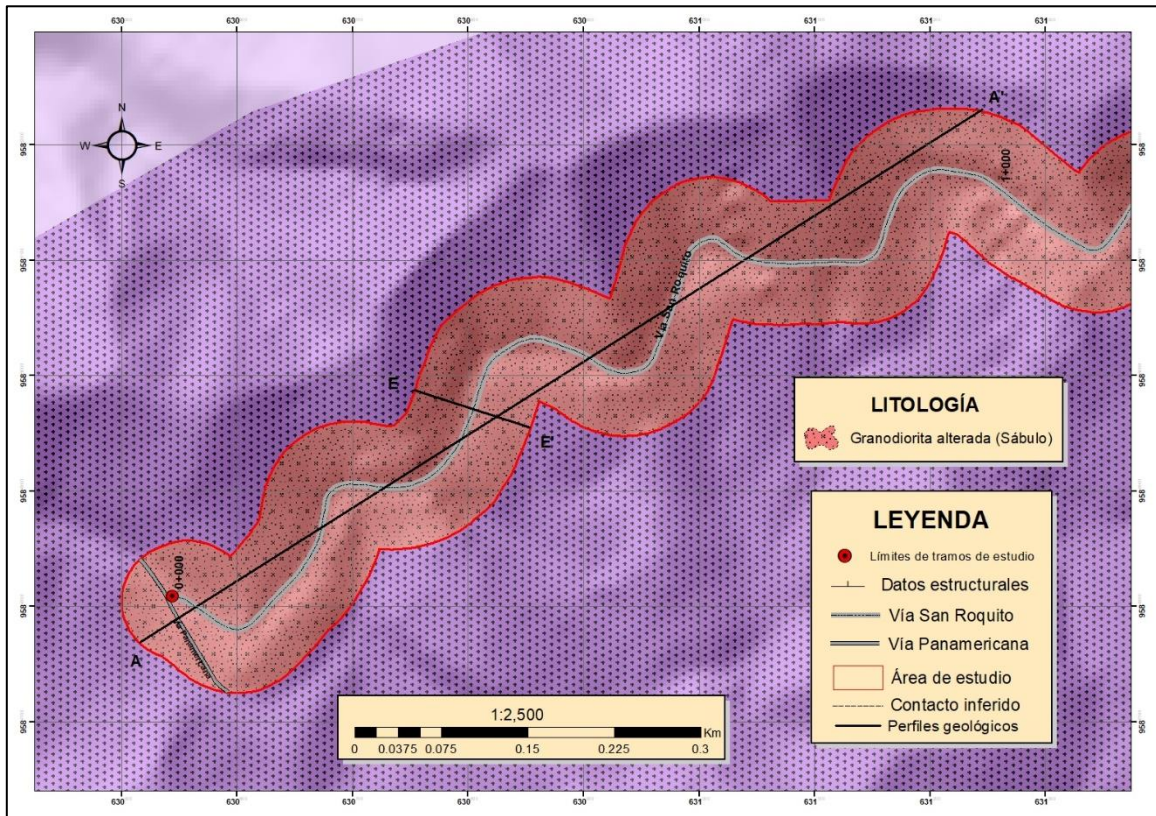


Figura 54
Geología local de la abscisa 1+000 a 2+000.

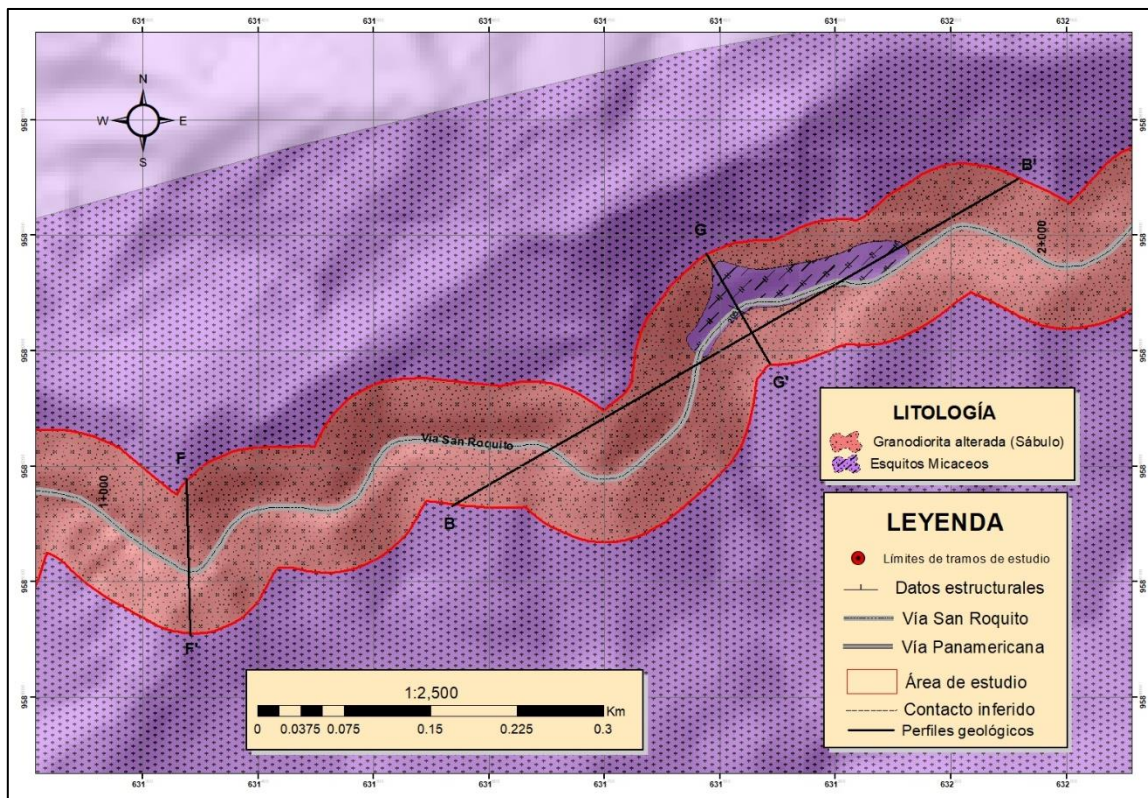
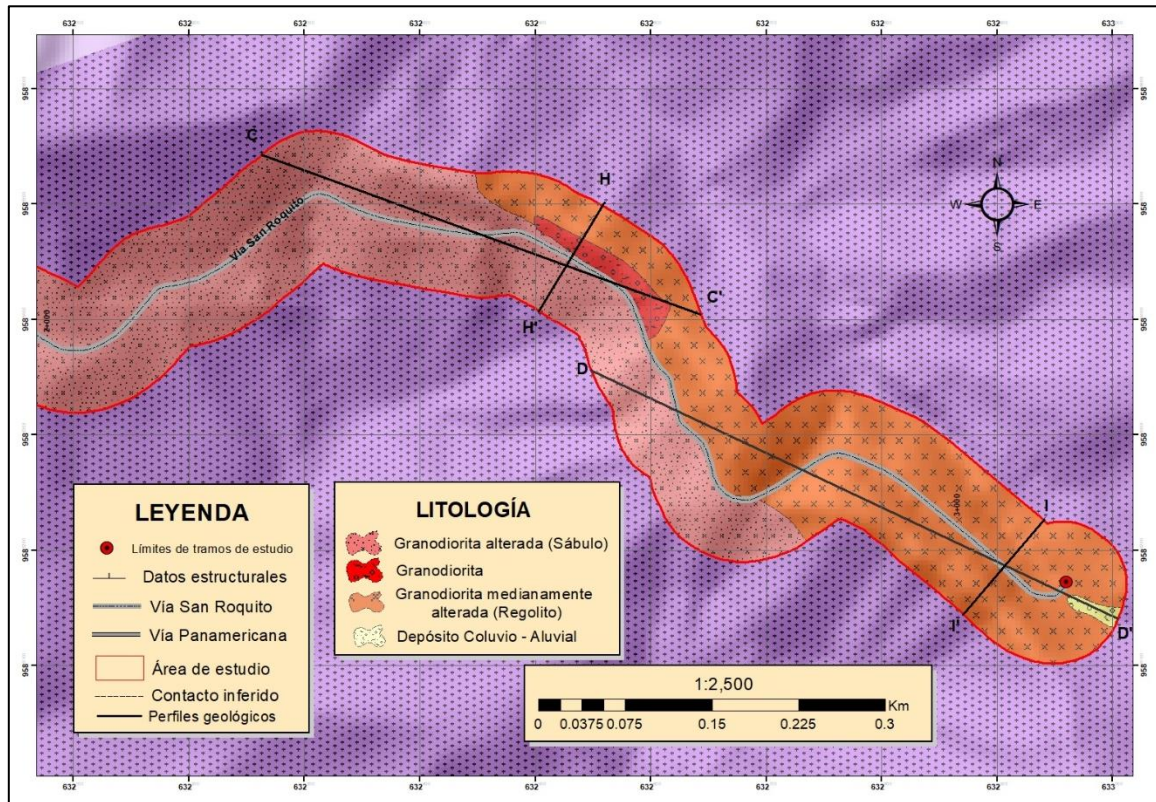


Figura 55
Geología local de la abscisa 2+000 a 3+146.



6.2.7. Corte Geológicos Longitudinales

A continuación, se representan los cortes geológicos por cada tramo; en el último se realizó dos para dar mejor detalle a la zona y abarcar con todas las litologías presentes:

Figura 56
Corte geológico A-A'.

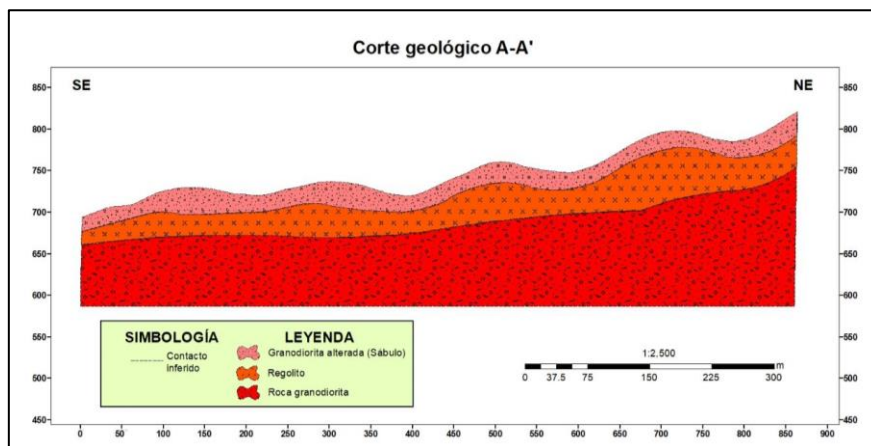


Figura 57
Corte geológico B-B'.

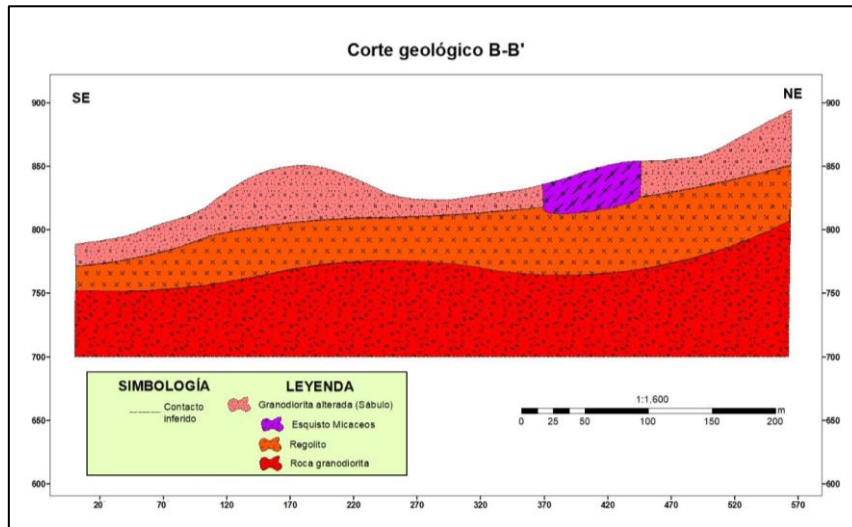


Figura 58
Corte geológico C-C'.

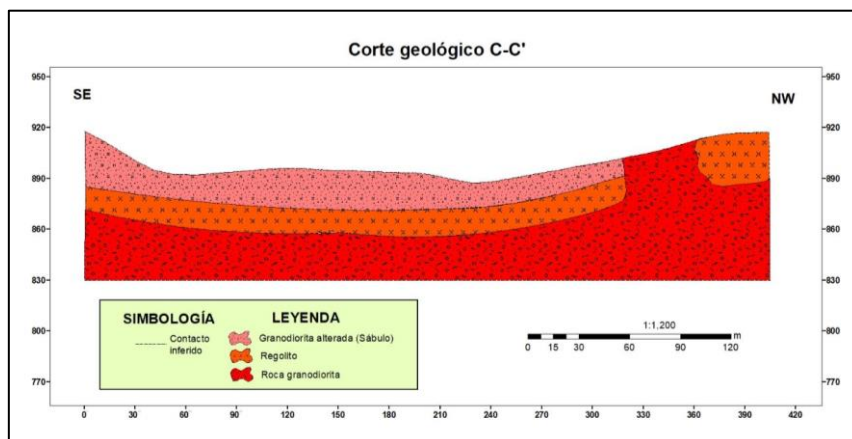
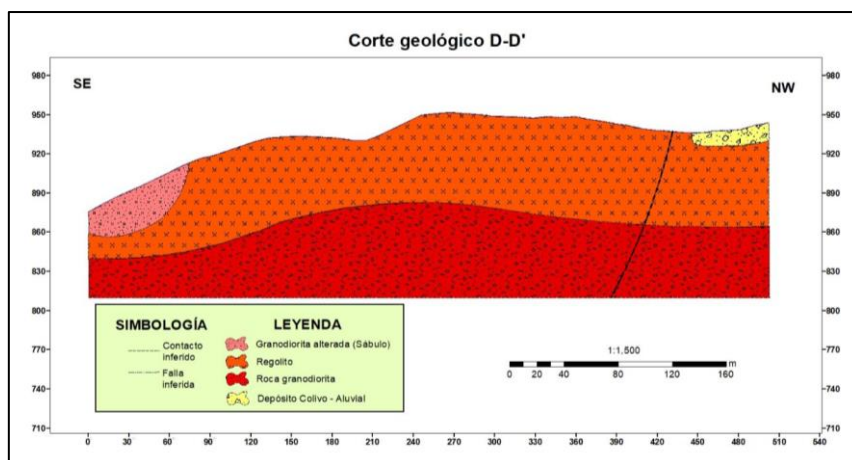


Figura 59
Corte geológico D-D'.



6.2.8. Corte Geológicos Transversales

Figura 60
Corte geológico E-E'.

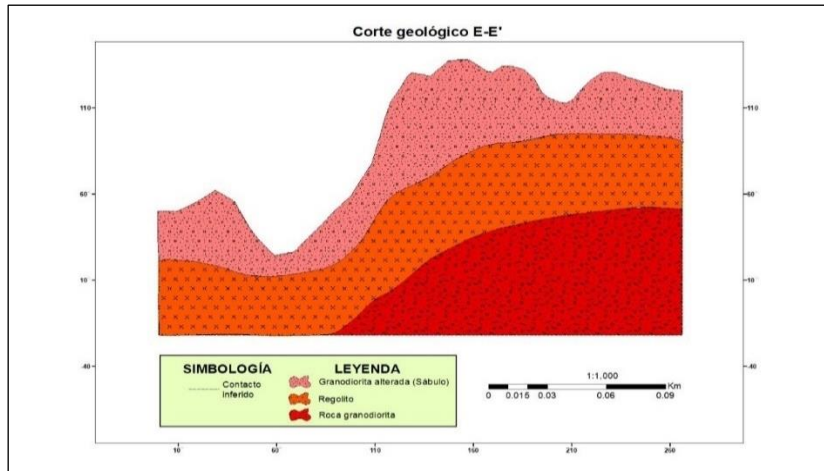


Figura 61
Corte geológico F-F'.

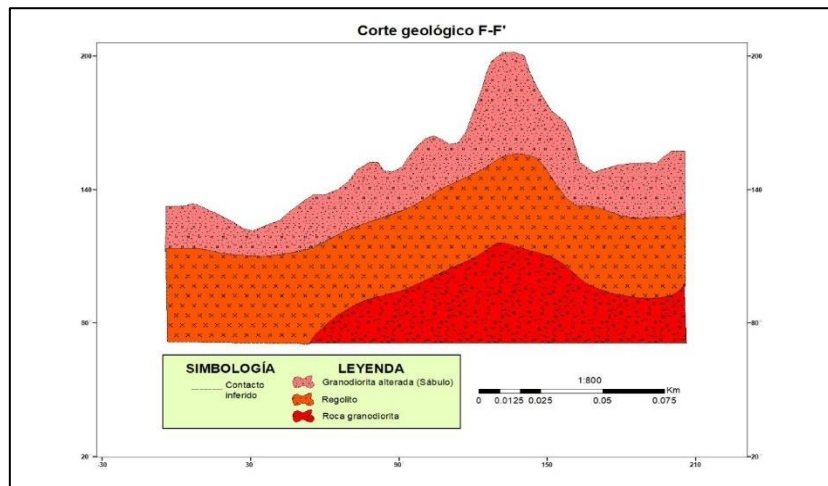


Figura 62
Corte geológico G-G'.

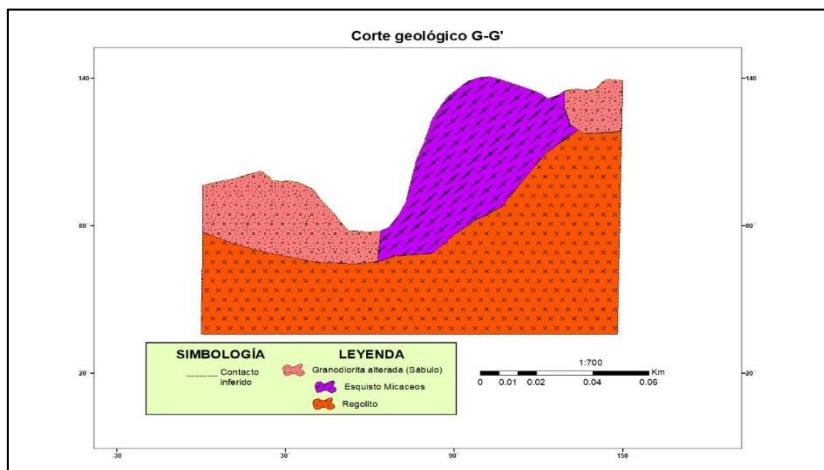


Figura 63
Corte geológico H-H'.

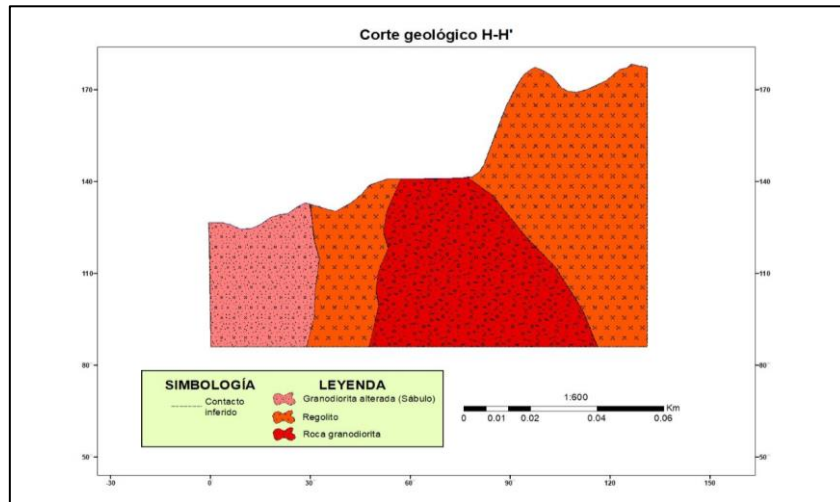
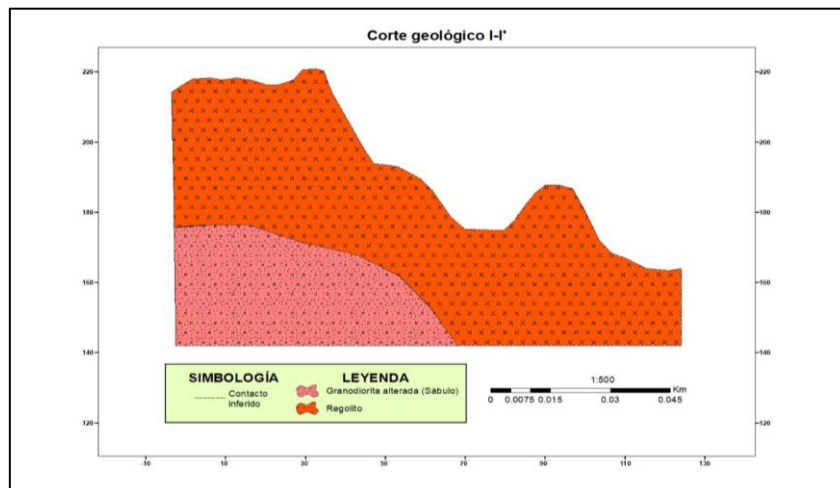


Figura 64
Corte geológico I-I'.



6.2.9. Resumen Kilométrico

Para mejor descripción la geología se dividió en 3 secciones de 1km. El primer kilómetro está conformado por granodiorita alterada es un estado de Sabuló, que se obtiene de la meteorización de los granitos. Está compuesto de arenas, arcillas y limos, generalmente tiene una textura arenosa y gran permeabilidad. Esta litología pertenece al Plutón de Marcabelí perteneciente al Cretácico, que por geodinámica se han convertido en depósitos cuaternarios. El relieve colinado de la zona dar lugar a pendientes muy inclinadas y abruptas, como consecuencia sinnúmero de deslizamientos de diferentes dimensiones a lo largo del tramo 1 que va de la abscisa 0+000 a 1+000.



El segundo tramo está conformado a partir de la abscisa 1+000 a 2+000, generalmente se constituye de Sabuló del Plutón de Marcabelí, sin embargo, en la abscisa 1+717 aflora esquisto de roca micácea que da lugar a la formación de familias de juntas, este tipo de roca pertenece a la Unidad la Victoria; la edad absoluta de las secuencias metamórficas enunciadas no está determinada; sin embargo, algunos estudios determinan que su formación se dio en el paleozoico. La roca se encuentra medianamente fracturada y poco alterada. A lo largo de este tramo también se observa la presencia de deslizamientos producto del relieve colinado general.

Finalmente, en el último kilómetro se pudo evidenciar un afloramiento conformado por la roca madre del basamento del Plutón de Marcabelí, exactamente en la abscisa 2+490 se encontró un bloque de roca granodiorita que es una roca ígnea plutónica. En esta zona también se encontró Sabuló, sin embargo, a partir del bloque de granodiorita la litología empieza a cambiar, encontrando un contacto con otro tipo de material el cual se definió como un regolito de roca granodiorita producto de la alteración en un grado medio de la roca, este regolito es una capa de materiales no consolidados, alterados, con granos minerales, que se asientan sobre la roca inalterada y al final el tramo se encontró un depósito coluvio aluvial. Se destaca que en este tramo la presencia de deslizamiento disminuyó.

6.3. Geología Local Estructural

El área de estudio en su mayoría está conformada por depósitos superficiales como coluviales y suelos (productos de la alta meteorización de la granodiorita) por lo cual no se han identificado rasgos estructurales significativos como pliegues, fallas, entre otros. Sin embargo, de acuerdo a la hoja geológica de Zaruma (2017) a escala 1:100.000, existe una falla de tipo inferida, es decir que no se puede identificar en campo, las características topográficas de la zona que presenta un relieve montañoso a colinado alto denotan posibles zonas de cizalla.

Figura 65
Zonas de cizallamiento.



En la abscisa 1+717 se identificó un contacto con roca metamórfica conformada por esquistos micáceos con un rumbo S68W y un buzamiento de 54°. Al igual en la abscisa 2+490 se encontró otro contacto con roca ígnea (Granodiorita) sin embargo este afloramiento se encontró como un bloque del cual no se pudo obtener datos estructurales y se estableció como un contacto inferido. En el resto de litología del sector también se infirieron los contactos.

En el macizo rocoso de rocas metamórficas conformada por el esquistos, se pueden evidenciar la presencia de familias de diaclasas o juntas. En la figura 66 se presentan las 3 familias tanto paralelas como subparalelas que se identificaron en campo:

Figura 66
Diaclasas en esquistos.



Nota: En la figura se dividen dos secciones las familias de juntas.

6.4. Caracterización Geotécnica

6.4.1. Método Indirecto

6.4.1.1. Sondeos Eléctricos Verticales.

- **SEV 1**

La primera línea de SEV se realizó a media ladera del talud en dirección NW/SE, donde se llegó hasta una abertura máxima de $AB/2$ de 250, se efectuó en 24 mediciones de campo. En la Tabla 31, se indican los datos que se obtuvieron.



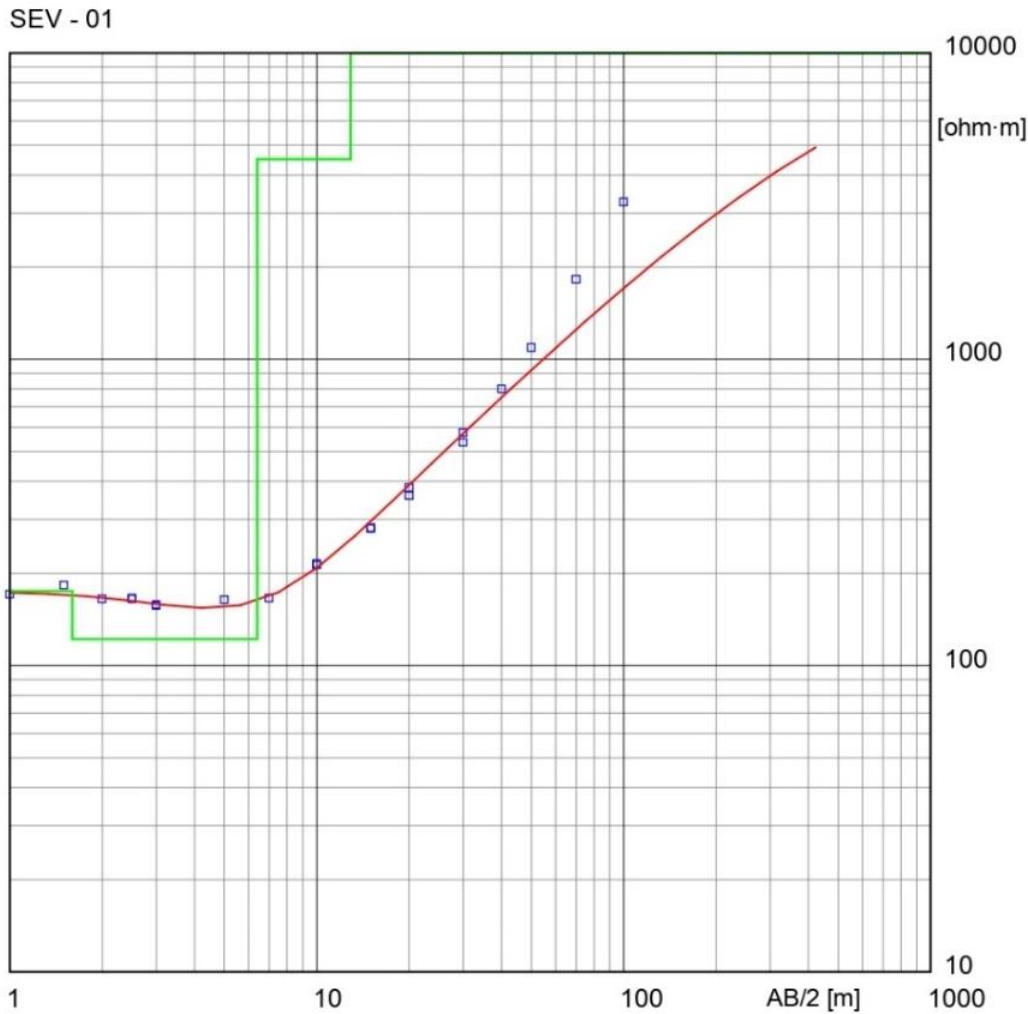
Tabla 31
Datos de campo SEV 1.

AB/2	MN/2	K	$\Delta v/i$	P ^a
1	0.5	4.71	36.253	170.84
1.5	0.5	12.57	14.566	183.04
2	0.5	23.56	7.0175	165.35
2.5	0.5	37.70	4.3755	164.95
2.5	1	16.49	10.092	166.45
3	0.5	54.98	2.8528	156.84
3	1	25.13	6.2861	157.99
5	1	75.40	2.1811	164.45
7	1	150.80	1.1002	165.91
10	1	311.02	0.69124	214.99
10	2.5	117.81	1.8092	213.14
15	1	703.72	0.40117	282.31
15	2.5	274.89	1.0185	279.97
20	2.5	494.80	0.77021	381.10
20	10	94.25	3.8136	359.42
30	2.5	1123.12	0.5125	575.60
30	10	251.33	2.1299	535.30
40	10	471.24	1.6993	800.78
50	10	753.98	1.4478	1091.62
70	10	1507.96	1.2095	1823.88
100	10	3110.18	1.0492	3263.20
150	10	3518.6		
200	10	6267.5		
250	10	9801.8		

Nota: Obtenido de (ESTSUELCON, 2022).

A través del software IPI2Win se generó 5 capas, obteniendo así la curva de resistividad aparente, la cual se observa en la Figura 67.

Figura 67
Sondeo eléctrico 1 Schlumberger.

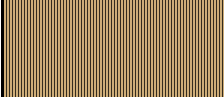





Nota: Obtenido de (ESTSUELCON, 2022).

- **Análisis del perfil geoelectrico**

Existen cuatro capas, la primera capa pertenece a arenas limosa con un espesor de 1.6m, con una resistividad de 175 Ωm ; las segunda capa corresponde a arenas limosas y arcillosas húmedas, con una potencia de 4.8 m, cuya resistividad es de 122 Ωm ; la tercera capa tiene un espesor de 6.5m y está conformada por roca muy meteorizada y alterada con una resistividad de 4500 Ωm . Finalmente, la última capa corresponde a posibles rocas de la Unidad Plutón de Marcabelí (granodioritas) tiene una resistividad de 1000 Ωm y su espesor es indeterminado.

Tabla 32
Perfil Estratigráfico- SEV 1.

N° SEV	Resistividad Ωm	Espesor (m)	Correspondencia del material	Perfil Estratigráfico
1	175	1.6	Arenas limosas	
	122	4.8	Arenas limosas y arcillosas húmedos	
	4500	6.5	Roca muy meteorizada y alterada	
	10000	∞	Posibles rocas de la Unidad Plutón Marcabelí (Granodioritas) – Horizonte indeterminado.	

Nota: Obtenido de (ESTSUELCON, 2022).

- **SEV 2**

La línea de SEV del talud 2 se realizó igualmente a media ladera, donde se llegó hasta una abertura máxima de AB/2 de 250, se efectuó en 24 mediciones de campo. En la Tabla 33, se indican los datos que se obtuvieron. Los espesores de las capas se generaron con el programa IPI2Win, para obtener la curva de resistividades aparente de la figura 68.

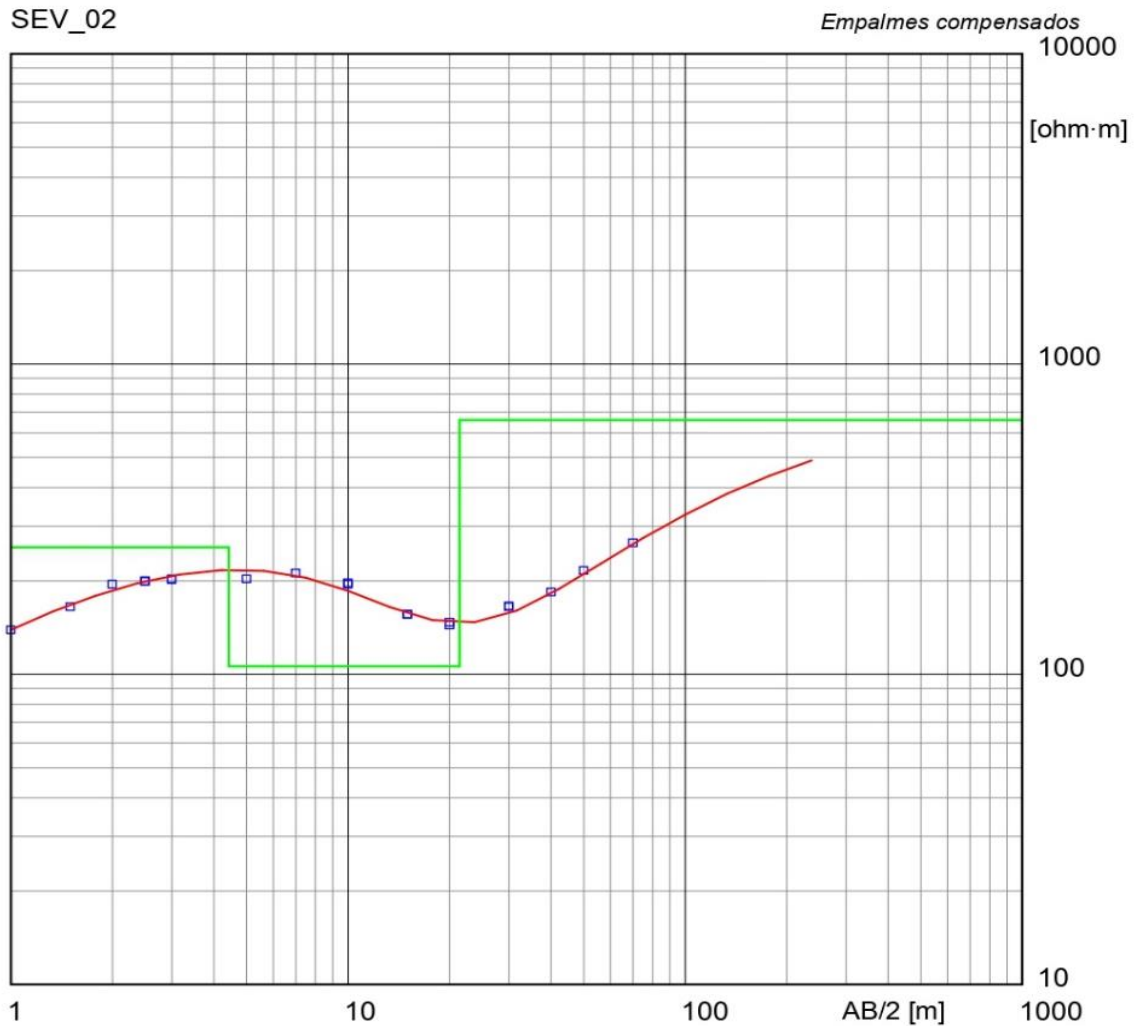


Tabla 33
Datos de campo SEV 2.

AB/2	MN/2	K	$\Delta v/i$	P ^a
1	0.5	2.36	58.732	138.38
1.5	0.5	6.28	26.281	165.13
2	0.5	11.78	16.544	194.90
2.5	0.5	18.85	10.609	199.97
2.5	1	8.25	24.341	200.73
3	0.5	27.49	7.3508	202.07
3	1	12.57	16.351	205.47
5	1	37.70	5.45	205.46
7	1	75.40	2.8437	214.41
10	1	155.51	1.2673	197.08
10	2.5	58.90	3.2807	193.25
15	1	351.85	0.44845	157.79
15	2.5	137.44	1.097	150.78
20	2.5	247.40	0.59342	146.81
20	10	47.12	3.0024	141.8
30	2.5	561.53	0.2897	162.68
30	10	125.66	1.2836	161.30
40	10	235.62	0.76127	179.37
50	10	376.99	0.56016	211.18
70	10	357.98	0.344	259.37
100	10	1555.1		
150	10	3518.6		
200	10	6267.5		
250	10	9801.8		

Nota: Obtenido de (ESTSUELCON, 2022).

Figura 68
Sondeo eléctrico 2 Schlumberger.



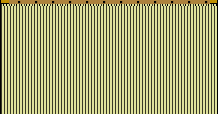
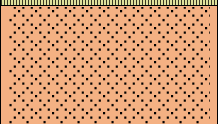


Nota: Obtenido de (ESTSUELCON, 2022).

- **Análisis del perfil geoelectrico**

Existen cuatro capas, la primera capa pertenece a arenas limosa con un espesor de 1.6m, con una resistividad de 175 Ωm ; las segunda capa corresponde a arenas limosas y arcillosas húmedas, con una potencia de 4.8 m, cuya resistividad es de 122 Ωm ; la tercera capa tiene un espesor de 6.5m y está conformada por roca muy meteorizada y alterada con una resistividad de 4500 Ωm . Finalmente, la última capa corresponde a posibles rocas de la Unidad Plutón de Marcabelí (granodioritas) tiene una resistividad de 1000 Ωm y su espesor es indeterminado.

Tabla 34
Perfil Estratigráfico- SEV 2.

N° SEV	Resistividad Ωm	Espesor (m)	Correspondencia del material	Perfil Estratigráfico
2	78	0.33	Cobertura de suelo superficial (arenas arcillosas con humedad)	
	257	4.1	Arenas arcillosas y limosas con grava	
	106	17	Arenas limosas con humedad	
	660	∞	Horizonte indeterminado (Saprolito)	

Nota: Obtenido de (ESTSUELCON, 2022).

- **SEV 3**

La línea de SEV del talud 2 ser realizó a media ladera; se llegó hasta una abertura máxima de AB/2 de 70, se efectuó en 20 mediciones de campo. En la Tabla 34, se indican los datos que se obtuvieron. Los espesores de las capas se generaron con el programa IPI2Win, para obtener la curva de resistividades aparente de la figura 69.



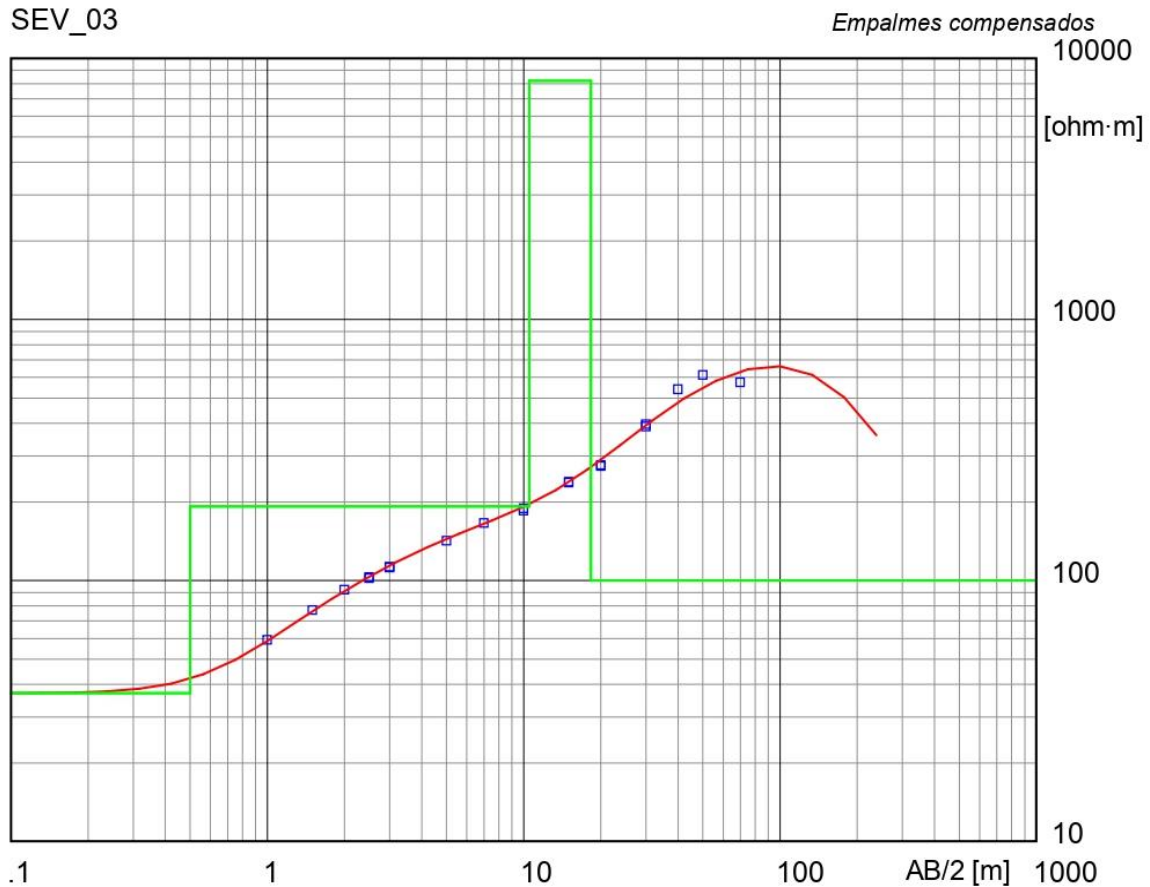
Tabla 35

Datos de campo SEV 3.

AB/2	MN/2	K	$\Delta v/i$	P ^a
1	0.5	2.36	25.123	59.19
1.5	0.5	6.28	12.28	77.16
2	0.5	11.78	7.8283	92.22
2.5	0.5	18.85	5.4595	102.91
2.5	1	8.25	12.572	103.68
3	0.5	27.49	4.0808	112.18
3	1	12.57	9.1487	114.97
5	1	37.70	3.8467	145.02
7	1	75.40	2.2379	168.73
10	1	155.51	1.2070	187.76
10	2.5	58.90	3.0932	182.20
15	1	351.85	0.68503	241.03
15	2.5	137.44	1.6401	224.05
20	2.5	247.40	1.1145	275.73
20	10	47.12	5.3455	251.90
30	2.5	561.53	0.6834	383.77
30	10	125.66	3.8372	356.53
40	10	235.62	2.103	495.51
50	10	376.99	2.4929	562.81
70	10	357.98	0.70007	527.84
100	10	1555.1		
150	10	3518.6		
200	10	6267.5		
250	10	9801.8		

Nota: Obtenido de (ESTSUELCON, 2022).

Figura 69
Sondeo eléctrico 3 Schlumberger.

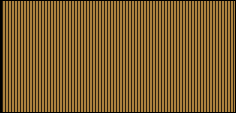
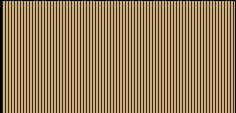




Nota: Obtenido de (ESTSUELCON, 2022).

- **Análisis del perfil geoelectrico**

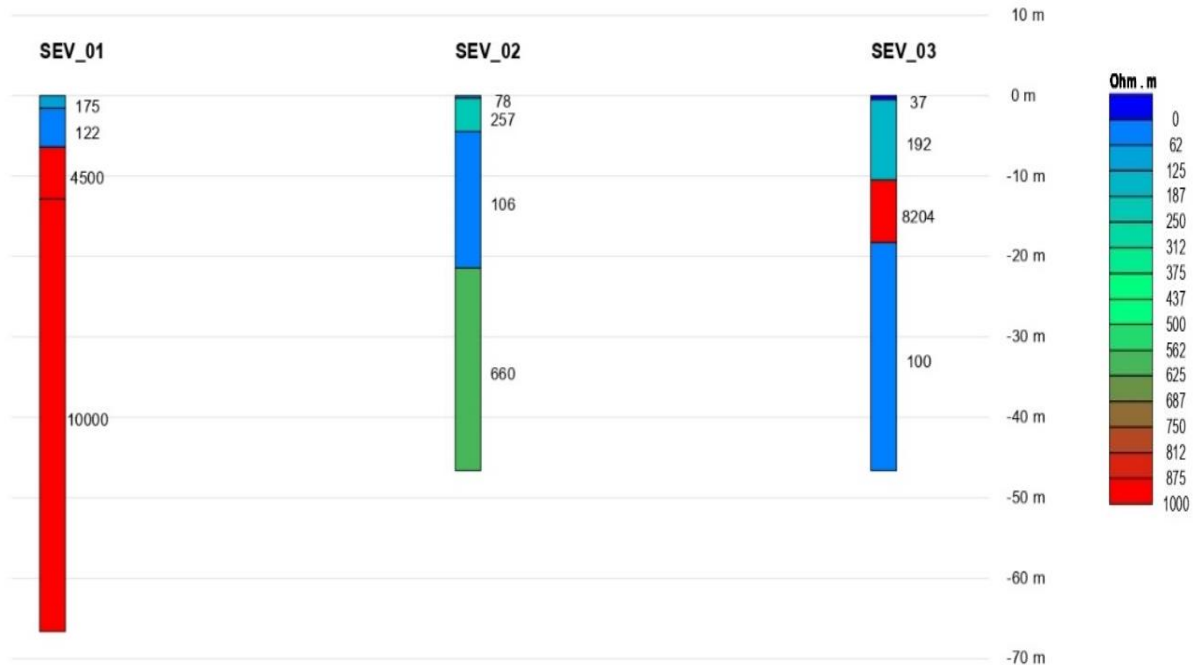
Existen cuatro capas, la primera capa pertenece a una cobertura de suelo superficial conformada por limos arenosos con humedad, con un espesor de 0.5m, con una resistividad de 37 Ωm ; las segunda capa corresponde a arenas limosas, con una potencia de 10 m, cuya resistividad es de 192 Ωm ; la tercera capa tiene un espesor de 7.8m y está conformada por roca poco meteorizada de Granodiorita, con una resistividad de 8204 Ωm . Finalmente, la última capa no se pudo determinar, su resistividad es de 100 Ωm y su espesor es indeterminado.

Tabla 36
Perfil Estratigráfico SEV 3.

Resistividad Ωm	Espesor (m)	Correspondencia del material	Perfil Estratigráfico
37	0.5	Cobertura de suelo superficial (limos arenosos con humedad)	
192	10	Arenas limosas	
8204	7.8	Roca poco meteorizada (Granodioritas)	
100	∞	Horizonte indeterminado	

Nota: Obtenido de (ESTSUELCON, 2022).

Figura 70
Perfiles Geoelectricos de los 3 ensayos.



Nota: Obtenido de (ESTSUELCON, 2022).

6.4.2. Método Directo

6.4.2.1. Ensayos de Penetración Estándar. Se realizaron 3 SPTs con el fin de conocer las características geotécnicas en cada kilómetro. Este análisis se realizó con la ayuda de ESTSUELCON. SA y se adjuntan en el Anexo 5. De los 3km de estudio, se eligió el talud más representativo para ser estudiado, basándose también en las zonas litológicas previamente establecidas.

- SPT 1

Figura 71

Resultados de Ensayo de Penetración Estándar 1.

PROF. (m)	STANDARD PENETRATION TEST (S.P.T.)				CLASIFICACIÓN S.U.C.S.							Perfil estratigráfico	Descripción del Suelo	Consistencia (Suelos Arcillosos)	Compacidad Relativa (arena)
	N.F. (m)	15	30	45	W (%)	LÍMITES ATTERBERG			GRANULOMETRÍA						
				NSPT		L.L.	L.P.	I.P.	G	A	F				
0															
1,0	4	6	6	12	16	36	26	10	1	51	48	SM	Arena Limosa	Media	
2,0	6	7	7	14	20	37	25	12	0	56	44	SM			
3,0	7	8	8	16	17	36	28	8	0	62	38	SM			
4,0	11	14	14	28	19	37	28	9	0	61	39	SM			
5,0	23	26	36	62	11	32	22	10	5	57	38	SC	Arena Arcillosa	Dura	Muy Compacta
6,0	46	50	R	100	10	32	22	10	2	66	32	SC			

Nota: Obtenido de (ESTSUELCON, 2022).

A un metro de profundidad se encontró una capa que corresponde a una arena limosa con un NSPT de 12 golpes, con una carga admisible de 0,90 Kg/cm² de compacidad media, con un contenido de humedad de 16,19%. La segunda capa está conformada por el mismo material de arena limosa, tiene un NSPT de 14 golpes, con una carga admisible de 1,05 Kg/cm² de compacidad media, con un contenido de humedad de 20,08%.

En la tercera capa de encontró arena limosa, tiene un NSPT de 16 golpes, con una carga admisible de 1,20 Kg/cm² de compacidad media, con un contenido de humedad de 17,4%. A cuatro metros de profundidad la capa continuaba siendo arena limosa con un NSPT de 28, la carga admisible es de 2,38 Kg/cm² de compacidad media, con un contenido de humedad de 19,29%. Esta capa tiene una cohesión de 104,97 KN/m².

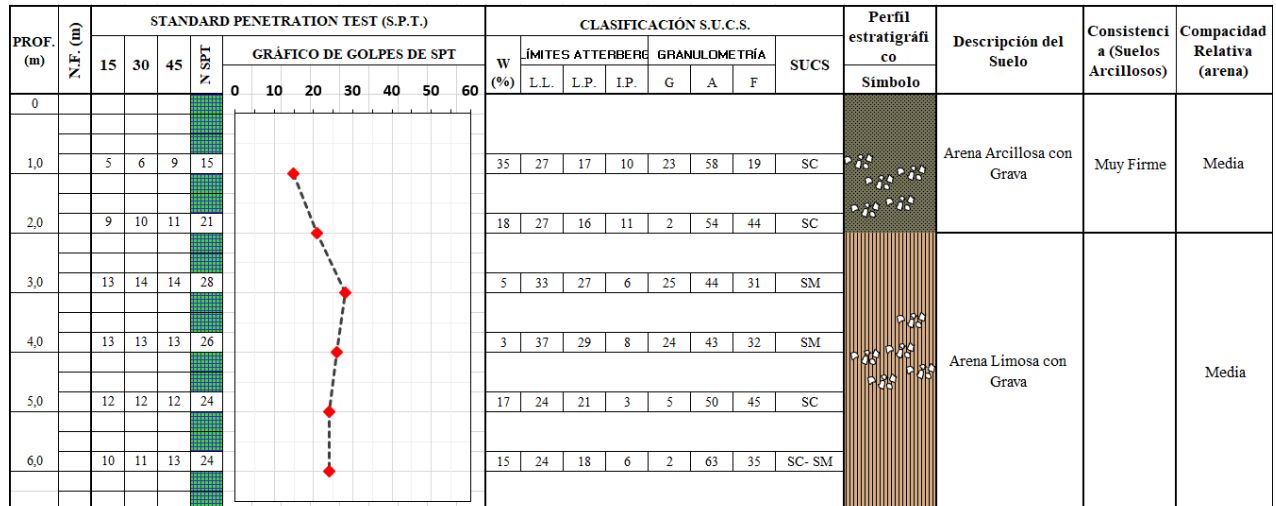
Como quinta capa es de arena arcillosa, los NSPT aumentan a 62 golpes, la carga admisible es de 5,27 Kg/cm² muy compactada y una consistencia dura, con un contenido de humedad de 19,29%. En la última capa se encontró el mismo material de arena arcillosa, con

un NSPT de 100 golpes, la carga admisible es de 9,50 Kg/cm² muy compactada y una consistencia dura, con un contenido de humedad de 19,29%.

- SPT 2

Figura 72

Resultados del Ensayo de Penetración Estándar 2.



Nota: Obtenido de (ESTSUELCON, 2022).

A un metro de profundidad se encontró una capa que corresponde a una arena arcillosa con grava con un NSPT de 15 golpes, con una carga admisible de 1,13 Kg/cm² de consistencia muy firme y una compacidad media, con un contenido de humedad de 35,14%. La segunda capa está conformada por arena arcillosa, tiene un NSPT de 21 golpes, con una carga admisible de 1,58 Kg/cm² de consistencia muy firme y compacidad media, con un contenido de humedad de 18,37%.

En la tercera capa está conformada por una arena limosa con grava, tiene un NSPT de 28 golpes, con una carga admisible de 2,10 Kg/cm² de compacidad media, con un contenido de humedad de 5,41%. A cuatro metros de profundidad la capa corresponde a una arena limosa con grava, con un NSPT de 26, la carga admisible es de 2,21 Kg/cm² tiene una compacidad media, con un contenido de humedad de 3,24%.

La quinta capa es de arena limosa, el NSPT es de 24 golpes, la carga admisible es de 2,04 Kg/cm² de compacidad media, con un contenido de humedad de 17,03%. En la última capa se encontró una arena limosa y arcillosa, con un NSPT de 24 golpes, la carga admisible es de 2,28 Kg/cm² de consistencia media, con un contenido de humedad de 15,14%.

• SPT 3

Figura 73

Resultados de Ensayo de Penetración Estándar 3.

PROF. (m)	STANDARD PENETRATION TEST (S.P.T.)					CLASIFICACIÓN S.U.C.S.							Perfil estratigráfi- co Símbolo	Descripción del Suelo	Consistenci- a (Suelos Arcillosos)	Compacidad Relativa (arena)	
	N.F.	GRÁFICO DE GOLPES DE SPT				W (%)	LÍMITES ATTERBERG			GRANULOMETRÍA							SUCS
		15	30	45	N. SPT		L.L.	L.P.	IP.	G	A	F					
0					6												
1,0	3	3	3	6		17	42	26	16	0	36	64	ML				Suelta
2,0	3	3	4	7		11	42	24	18	6	53	40	SC				Suelta
3,0	4	4	6	10		12	37	27	10	7	55	38	SM				
4,0	5	6	7	13		8	37	27	10	6	51	42	SM				
5,0	7	8	7	15		14	34	28	6	4	60	36	SM				Media
6,0	9	11	17	28		14	34	28	6	4	60	36	SM				Media

Nota: Obtenido de (ESTSUELCON, 2022).

A La primera capa corresponde a un limo arenoso, con NSPT de 6 golpes, con una carga admisible de $0,45 \text{ Kg/cm}^2$ de compacidad suelta, con un contenido de humedad de 16,77%. La segunda capa está conformada por arena arcillosa, tiene un NSPT de 7 golpes, con una carga admisible de $0,53 \text{ Kg/cm}^2$ de consistencia suelta y una compacidad media, con un contenido de humedad de 11,22%.

En la tercera capa está conformada por una arena limosa, el NSPT es de 10 golpes, con una carga admisible de $0,75 \text{ Kg/cm}^2$ de compacidad media, con un contenido de humedad de 11,59%. A cuatro metros de profundidad la capa corresponde a una arena limosa, con un NSPT de 13 golpes, la carga admisible es de $1,11 \text{ Kg/cm}^2$ de compacidad media, con un contenido de humedad de 8,1%.

La quinta capa es de arena limosa, el NSPT es de 16 golpes, la carga admisible es de $1,28 \text{ Kg/cm}^2$ con una compacidad media, con un contenido de humedad de 14,38%. En la última capa se encontró una arena limosa, con un NSPT de 26 golpes, la carga admisible es de $2,66 \text{ Kg/cm}^2$ de compacidad media, con un contenido de humedad de 14,38%. Cabe destacar que se asumió una cohesión de 0 y ángulo de fricción mediante la fórmula de Dunham al tratarse se suelos blandos no compactadas.

Tabla 37

Resumen de datos de campo, de laboratorio y resistencias obtenidas.

POZO	PROF.	C.H.	L.L.	L.P.	I.P.	GRAVA	ARENA	FINOS	CLASIFICACIÓN		N60	N160	qultmeta	qadmneteta	Dunham
	m.	%	%	%	%	%	%	%	SUCS	AASHTO	golpes	golpes	Kg/cm ²	KN/m ²	°
SPT 1	1	16,19	36	26	10	1,32	50,5	48,18	SM	A-4	9	12	2,7	0,9	35
	2	20,08	37	25	12	0	56,23	43,77	SM	A-6	11	14	3,15	1,05	36
	3	17,4	36	28	8	0	62,07	37,93	SM	A-4	12	15	3,6	1,2	37
	4	19,29	37	28	9	0	60,73	39,27	SM	A-4	24	27	7,14	2,38	42
	5	11,37	32	22	10	5,41	56,93	37,66	SC	A-4	53	55	15,81	5,27	50
	6	10,32	32	22	10	1,79	66,03	32,18	SC	A-2-4	95	93	28,5	9,5	59
SPT 2	1	35,14	27	17	10	22,76	58,13	19,11	SC	A-2-4	11	15	3,38	1,13	36
	2	18,37	27	16	11	1,85	54,14	44,01	SC	A-6	16	21	4,73	1,58	39
	3	5,41	33	27	6	24,81	44,39	30,8	SM	A-2-4	21	24	6,3	2,1	41
	4	3,24	37	29	8	24,3	43,47	32,23	SM	A-2-4	22	25	6,63	2,21	41
	5	17,03	24	21	3	5,26	50,03	44,71	SC	A-4	20	21	6,12	2,04	40
	6	15,14	24	18	6	1,84	62,88	35,28	SC-SM	A-4	23	22	6,84	2,28	42
SPT 3	1	16,77	42	26	16	0	36,23	63,77	ML	A-7-6	4,5	6	1,35	0,45	32
	2	11,22	42	24	18	6,49	53,05	40,46	SC	A-7-6	5,25	7	1,58	0,53	33
	3	11,59	37	27	10	6,83	54,95	38,22	SM	A-4	7,5	9	2,25	0,75	34
	4	8,1	37	27	10	6,45	51,43	42,12	SM	A-4	11,05	12	3,32	1,11	37
	5	14,38	34	28	6	3,9	60,36	35,74	SM	A-4	12,75	13	3,83	1,28	37
	6	14,38	34	28	6	3,9	60,36	35,74	SM	A-4	26,6	26	7,98	2,66	43

Nota: Obtenido de (ESTSUELCON, 2022).

6.4.3. Correlación de resultados obtenidos

6.4.3.1. Comportamiento geotécnico de los suelos (arcillas)

- **Consistencia Relativa**

Se determino la firmeza del suelo para cada uno de los ensayos de penetración estándar, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 38

Resultados CR de cada ensayo de penetración estándar.

N. SPT	Consistencia Relativa	Descripción
1	1,99	El suelo es de consistencia rígida, tienen una resistencia a la compresión inconfiada (qu) de 1.0 - 5.0 kg/cm ² .
2	2,10	El suelo es de consistencia rígida, tienen una resistencia a la compresión inconfiada (qu) de 1.0 - 5.0 kg/cm ² .
3	2,54	El suelo es de consistencia rígida, tienen una resistencia a la compresión inconfiada (qu) de 1.0 - 5.0 kg/cm ² .

- **Índice de Liquidez (IL)**

Se obtuvo los siguientes resultados de índice de liquidez para cada uno de los ensayos:

Tabla 39

Resultado del índice de liquidez.

N. SPT	Índice de Liquidez	Descripción
1	0,99	Normalmente consolidado, suelo natural no existe alteración.
2	1,10	Normalmente consolidado, suelo natural no existe alteración.
3	1,54	Normalmente consolidado, suelo natural no existe alteración.

- **Comportamiento de arcillas (A)**

El comportamiento, actividad, potencial de cambio de volumen y el tipo de arcillas se obtuvo los siguientes resultados:

Tabla 40

Resultados del comportamiento "A".

N° SPT	Comportamiento de arcillas (A)	Interpretación
1	0,25	Este tipo de suelo es inactivo, se encuentra dentro del grupo de arcilla Colinita, con un potencial de cambio de volumen bajo y es una arcilla arenosa compactada.
2	0,21	Este tipo de suelo es inactivo, se encuentra dentro del grupo de arcilla Colinita, con un potencial de cambio de volumen bajo y es una arcilla ligeramente sobre consolidada.
3	0,26	Este tipo de suelo es inactivo, se encuentra dentro del grupo de arcilla Colinita, con un potencial de cambio de volumen bajo y es una arcilla arenosa compactada.

Tabla 41

Criterios para determinar el cambio de volumen.

Cambios de volumen de las arcillas (Δv)	Límites de contracción (LC)	IP
Bajo	> 12	0 – 15
Moderado	10 – 12	15 – 30
Alto+	0 – 10	> 30

Nota: Obtenido de: Holtz & Gibbs, (1956).

Tabla 42

Criterios para determinar el potencial expansivo.

Potencial expansivo	Potencial (%)	LL (%)	IP (%)
Bajo	< 0.5	< 50	< 25
Moderado	0.5 - 1.5	50 - 60	25 - 35
Alto	≥ 1.5	> 60	> 35

Nota: Obtenido de: Holtz & Gibbs, (1956).

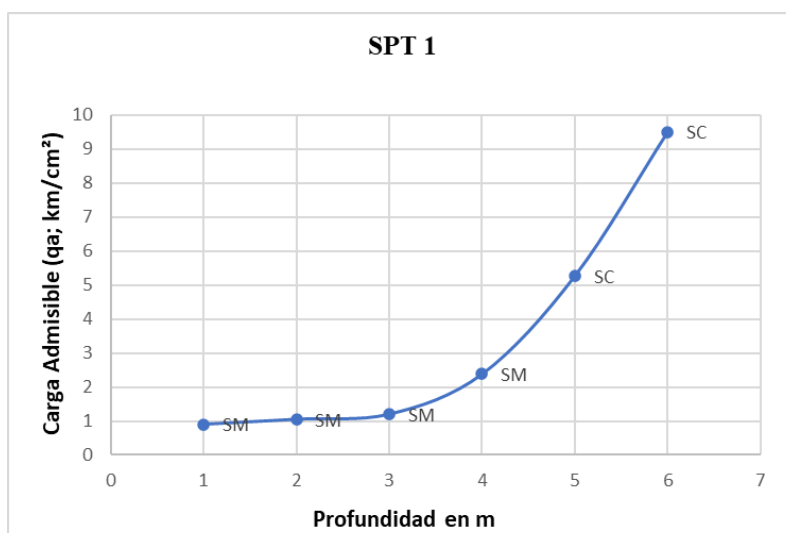
El primer ensayo de penetración estándar al tener un índice de plasticidad de 59%, es un tipo de arcilla caolinita, tiene un cambio de volumen de las arcillas alto, con un potencial expansivo alto. El SPT 2 al tener un índice de plasticidad de 44 tiene un cambio de volumen y un potencial expansivo alto, es un tipo de arcilla caolinita. El ensayo 3 al igual que los anteriores ensayos, corresponde a una arcilla caolinita, tiene un índice de plasticidad de 66, un cambio de volumen y un potencial expansivo alto.

- **Carga qa**

En el SPT 1 la carga inicial es de 0,9Kg/cm², esta aumenta en las cuatro primeras capas que corresponden a arena limosa y continúan aumentando en los dos últimos metros de profundidad correspondiente a capas de arena arcillosa, siendo la carga final de 9,50 Kg/cm², los resultados se presentan en la figura 74.

Figura 74

Gráfica de la carga obtenida en el Ensayo de Penetración Estándar 1.



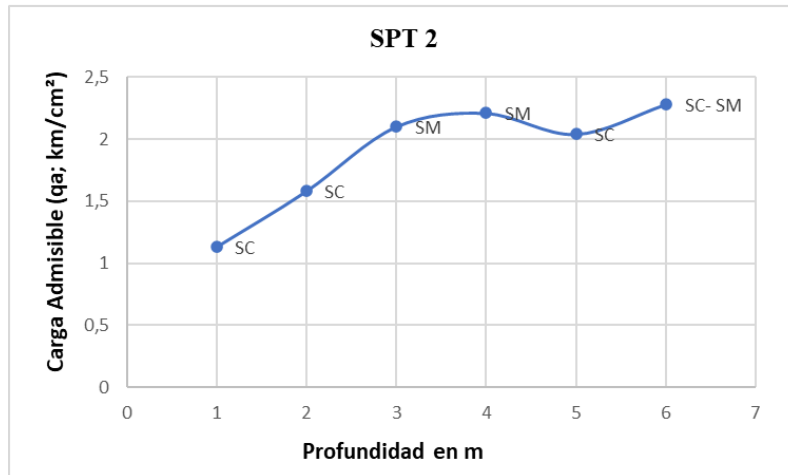
Nota: Grafica representa en el eje X la profundidad en metros y en Y las cargas admisibles en unidades Km/cm²

En el segundo ensayo la carga inicial es de 1,13 kg/m² conformada por arena arcillosa con grava y va aumentando hasta la quinta capa que corresponde a arena limosa con grava. En

el metro que se encuentra a 5m de profundidad tiene una disminución de 2,04 kg/m² y en la última capa aumenta a 2,28.

Figura 75

Gráfica de la carga obtenida en el Ensayo de Penetración Estándar 2.

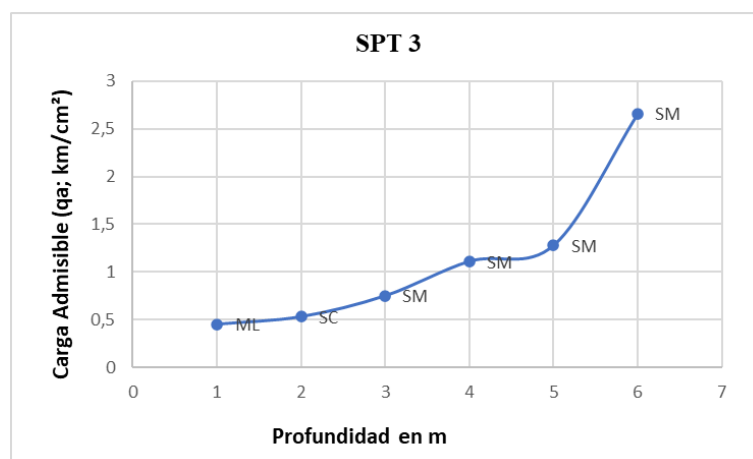


Nota: Grafica representa en el eje X la profundidad en metros y en Y las cargas admisibles en unidades Km/cm².

En el último ensayo la carga inicial en el primer metro es de 0,45 kg/cm² y corresponde a una capa de limo arenoso, esta aumenta en el segundo metro de arenas arcillosas. La carga sigue aumentando en la capa de arena limosa hasta que llega al último metro con una carga 2,66 kg/cm².

Figura 76

Gráfica de la carga obtenida en el Ensayo de Penetración Estándar 3.



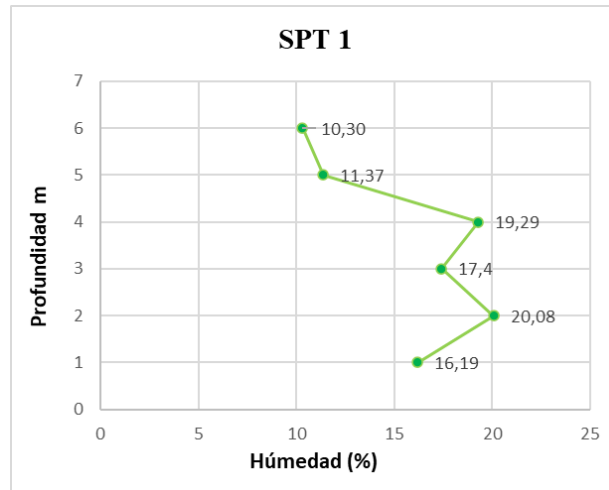
Nota: Nota: Grafica representa en el eje X la profundidad en metros y en Y las cargas admisibles en unidades Km/cm².

- **Contenido de humedad de SPT**

En el primer ensayo de penetración estándar la muestra 1 presenta un porcentaje de humedad de 16,19%, aumenta a 20,08 pasando los 2 metros de profundidad este aumenta a 17,4% seguido de 19,29% en el cuarto metro, y en las últimas capas disminuye a 11,3% llegando a un 10,30%.

Figura 77

Contenido de humedad del SPT 1.

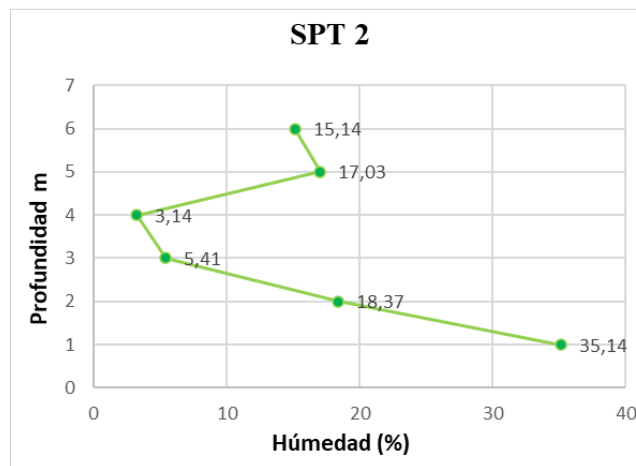


Nota: La gráfica representa en el eje X el porcentaje de humedad y en Y la profundidad en metros.

En la figura 78 se representa el contenido de humedad que se obtuvo en el SPT 2. Inicialmente el porcentaje más alto de humedad se presenta en la primera capa con un 35,14%, luego baja a 18,37%, en la profundidad de 3 y 4m disminuye totalmente a 5,41% y 3,14% y en los últimos metros de profundidad aumenta a 17,03% y 15,14%.

Figura 78

Contenido de humedad del SPT 2.

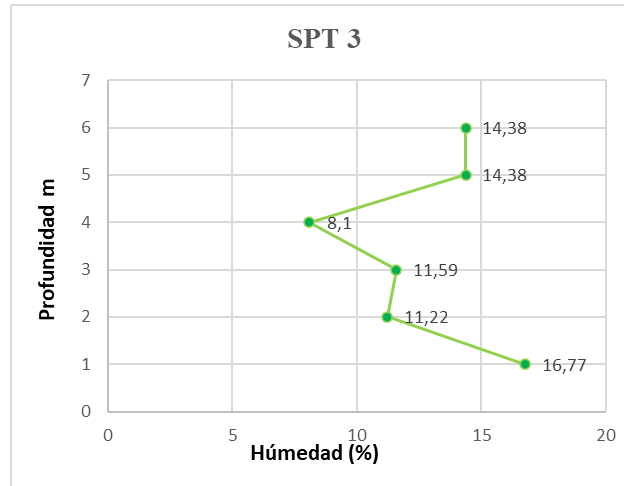


Nota: La gráfica representa en el eje X el porcentaje de humedad y en Y la profundidad en metros.

En el SPT 3 en las primeras capas presenta un contenido de humedad de 14% y a manera que aumenta su profundidad incrementa a un 39,85% y en las dos últimas profundidades disminuye a 16,09%.

Figura 79

Contenido de humedad del SPT 3.



Nota: La gráfica representa en el eje X el porcentaje de humedad y en Y la profundidad en metros.

6.4.4. Caracterización del Macizo Rocoso

✓ **Índice de Calidad de la Roca (RQD)**

Se determinó el Índice de Calidad de la Roca para el macizo rocoso ubicado en la abscisa 1+717 de la vía San Roquito.

Tabla 43

Coordenadas del Macizo Rocoso (Esquisto).

Coordenadas del afloramiento N° 1, UTM WGS85		
X: 631815	Y: 9585335	Z: 863 m.s.n.m

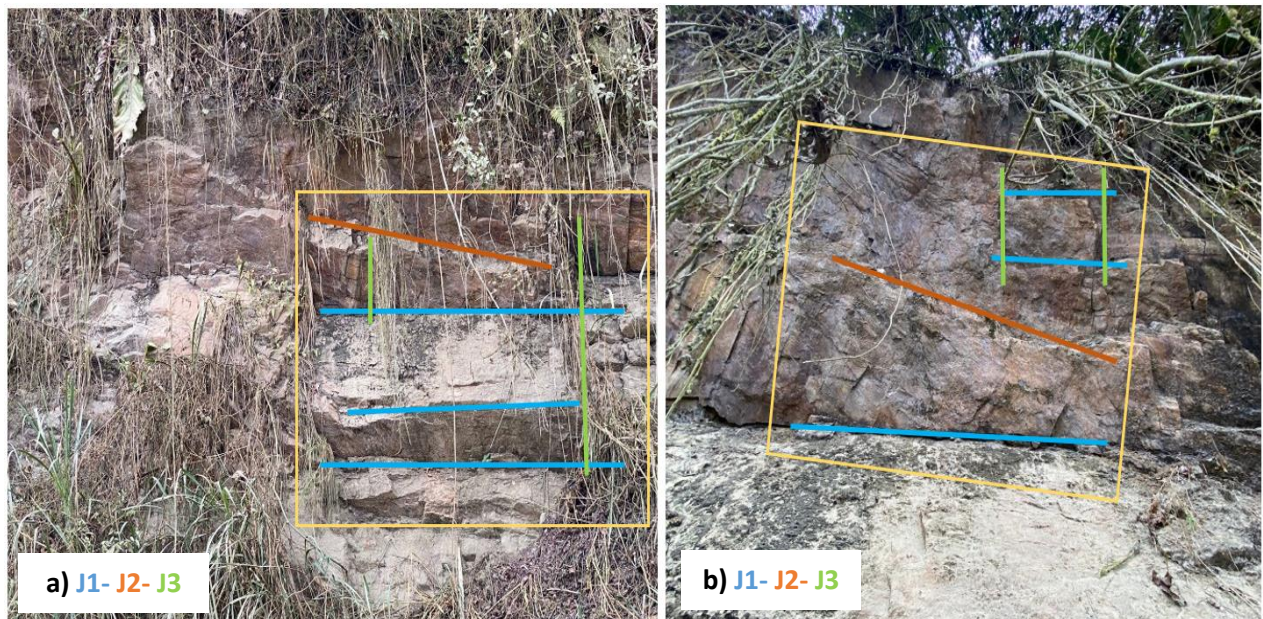
Este talud está conformado por esquistos, en la parte superior se encuentra una capa con una potencia menor de materia orgánica que se encuentra altamente meteorizado, en las partes laterales que conforman el afloramiento se observa los cambios y las alteraciones de la roca, convirtiéndose en suelo. Se estableció una estación en esta zona, para obtener datos del macizo y a su vez analizar estos datos.

Figura 80
Afloramiento abscisa 1+717.



A continuación, en la figura 81 se presenta la sección establecida con una dimensión de 1m^3 :

Figura 81
Secciones para caracterización de roca.



Nota: a) primera sección 1m^3 , b) segunda sección 1m^3

Los datos obtenidos de RQD son los siguientes:

Tabla 44

Resultados RQD Macizo (Esquisto).

Junta	SMi (m)	1/SMi (m)	Jv/m ³	RQD	Calidad de la Roca
J1	0,76	1,32			
J2	0,53	1,89	5,91	95,23	Muy Buena
J3	0,37	2,70			

A continuación, se presenta la clasificación RMR por cada junta:

Tabla 45

Resultados de RMR Macizo N.- 1. J1.

Clasificación para el RMR de Bieniawski 1989. J1							
1	Resistencia de la matriz rocosa (Mpa)	Ensayo de carga puntual	>10	10-4	4-2	2-1	Compresión Simple (Mpa)
		Compresión Simple	>250	250-100	100-50	50-25	
		Puntuación	15	12	7	4	2 1 0
2	RQD		90%-100%	75%-90%	50%-75%	25%-50%	<25%
		Puntuación	20	17	13	6	3
3	Separación entre diaclasas		>2m	0.6-2m	0.2-0.6m	0.06-0.2m	<0,06m
		Puntuación	20	15	10	8	5
4	Estado de las discontinuidades	Longitud de la discontinuidad	<1m	1-3m	3-10m	10-20m	>20m
		Puntuación	6	4	3	1	0
		Abertura	Nada	<0.1mm	0.1-1.0mm	1-5mm	>5mm
		Rugosidad	Muy rugosa	Rugosa	Ligeramente Rugosa	Ondulada	Suave
		Puntuación	6	5	3	1	0
		Relleno	Ninguno	Relleno duro <5mm	Relleno duro >5mm	Relleno blando <5mm	Relleno blando >5mm
		Puntuación	6	4	2	2	0
5	Agua Freática	Alteración	Inalterado	Ligeramente alterado	Moderadamente alterado	Muy alterada	Descompuesta
		Puntuación	6	5	3	1	0
		Caudal por 10m de túnel	Nulo	<10 litros/min	10-25 litros/min	25-125 litros/min	> 125 litros/min
		Relación: Presión de agua/tensión principal mayor	0	0-0.1	0.1-0.2	0.2-0.5	> 0.5
		Estado General	Seco	Ligeramente Húmedo	Húmedo	Goteando	Agua Fluyendo
		Puntuación	15	10	7	4	0
TOTAL							67

Nota: Obtenido de (Bienawski, 1989).

Tabla 46

Calidad del macizo rocoso en relación al índice RMR. J1.

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

Nota: Obtenido de (Bienawski, 1989).

Tabla 47

Resultados de RMR Macizo N.- 1. J2.

Clasificación para el RMR de Bieniawski 1989. J2									
1	Resistencia de la matriz rocosa (Mpa)	Ensayo de carga puntual	>10	10-4	4-2	2-1	Compresión Simple (Mpa)		
			>250	250-100	100-50	50-25		25-5	5-1
		Compresión Simple							
		Puntuación	15	12	7	4	2	1	0
2	RQD		90%-100%	75%-90%	50%-75%	25%-50%	<25%		
		Puntuación	20	17	13	6	3		
3	Separación entre diaclasas		>2m	0.6-2m	0.2-0.6m	0.06-0.2m	<0,06m		
		Puntuación	20	15	10	8	5		
4	Estado de las discontinuidades	Longitud de la discontinuidad	<1m	1-3m	3-10m	10-20m	>20m		
		Puntuación	6	4	3	1	0		
		Abertura	Nada	<0.1mm	0.1-1.0mm	1-5mm	>5mm		
		Rugosidad	Muy rugosa	Rugosa	Ligeramente Rugosa	Ondulada	Suave		
		Puntuación	6	5	3	1	0		
		Relleno	Ninguno	Relleno duro <5mm	Relleno duro >5mm	Relleno blando <5mm	Relleno blando >5mm		
		Puntuación	6	4	2	2	0		
		Alteración	Inalterado	Ligeramente alterado	Moderadamente alterado	Muy alterada	Descompuesta		
Puntuación	6	5	3	1	0				
5	Agua Freática	Caudal por 10m de túnel	Nulo	<10 litros/min	10-25 litros/min	25-125 litros/min	> 125 litros/min		
		Relación: Presión de agua/tensión principal mayor	0	0-0.1	0.1-0.2	0.2-0.5	> 0.5		
		Estado General	Seco	Ligeramente Húmedo	Húmedo	Goteando	Agua Fluyendo		
		Puntuación	15	10	7	4	0		
			TOTAL			67			

Nota: Obtenido de (Bienawski, 1989).

Tabla 48

Calidad del macizo rocoso en relación al índice RMR. J2.

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

Nota: Obtenido de (Bienawski, 1989).

Tabla 49

Resultados de RMR Macizo N.- 1. J3

Clasificación para el RMR de Bieniawski 1989. J3							
1	Resistencia de la matriz rocosa (Mpa)	Ensayo de carga puntual	>10	10-4	4-2	2-1	Compresión Simple (Mpa)
			>250	250-100	100-50	50-25	
		Compresión Simple					
		Puntuación	15	12	7	4	2 1 0
2	RQD		90%-100%	75%-90%	50%-75%	25%-50%	<25%
		Puntuación	20	17	13	6	3
3	Separación entre diaclasas		>2m	0.6-2m	0.2-0.6m	0.06-0.2m	<0,06m
		Puntuación	20	15	10	8	5
4	Estado de las discontinuidades	Longitud de la discontinuidad	<1m	1-3m	3-10m	10-20m	>20m
			Puntuación	6	4	3	1
		Abertura	Nada	<0.1mm	0.1-1.0mm	1-5mm	>5mm
		Rugosidad	Muy rugosa	Rugosa	Ligeramente Rugosa	Ondulada	Suave
		Puntuación	6	5	3	1	0
		Relleno	Ninguno	Relleno duro <5mm	Relleno duro >5mm	Relleno blando <5mm	Relleno blando >5mm
		Puntuación	6	4	2	2	0
		Alteración	Inalterado	Ligeramente alterado	Moderadamente alterado	Muy alterada	Descompuesta
		Puntuación	6	5	3	1	0
		5	Agua Freática	Caudal por 10m de túnel	Nulo	<10 litros/min	10-25 litros/min
0	0-0.1				0.1-0.2	0.2-0.5	> 0.5
Relación: Presión de agua/tensión principal mayor							
Estado General	Seco			Ligeramente Húmedo	Húmedo	Goteando	Agua Fluyendo
	Puntuación	15	10	7	4	0	
TOTAL							62

Nota: Obtenido de (Bienawski, 1989).

Tabla 50
Calidad del macizo rocoso en relación al índice RMR. J2.

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

Nota: Obtenido de (Bienawski, 1989).

En la tabla 49 se presentan los resultados obtenidos de las puntuaciones por cada familia:

Tabla 51
Resultados de RMR.

JUNTAS	σc (Mpa)	PUNTAJE	RQD (100%)	PUNTAJE	Smi (m)	PUNTAJE	ESTADO DE DISCONTINUIDAD							RMR						
							LD (m)	PUNTAJE	AB	PUNTAJE	RU	PUNTAJE	RE		PUNTAJE	ALT	PUNTAJE	AGUA	PUNTAJE	
J1	37,43	4	95,23%	20	0,76	8,97	0,22	6	0,01	5	Lig. rugosa	3	Ninguno	4	Lig. Alt	5	Seco	15	70,97	
J2	37,43	4	95,23%	20	0,53	8,32	0,09	6	0,08	5,20	Rugosa	5	Ninguno	6	Lig. Alt	5	Seco	15	75,52	
J3	37,43	4	95,23%	20	0,37	8,88	0,19	6	0,21	4,90	Rugosa	5	Relleno duro	6	Lig. Alt	5	Seco	15	74,78	
RMR PROMEDIO							CLASE							CALIDAD DE LA ROCA						
73,76							II							BUENA						

Nota: Obtenido de (Bienawski, 1989).

Tabla 52
Resultado RMR del macizo (Esquito).

Nro. Macizo	Abscisa	RMR	Clase	Clase
1	1+717	73,76	II	Buena

✓ Slope Mass Rating (SMR)

Este análisis se realizó para cada una de las juntas de la estación 1, que conforman el talud, donde se seleccionó el valor menor obtenido, en el caso de rotura planar.

Tabla 53
Resultados SMR.

Clasificación geomecánica SMR Romana 1985									
Rotura Planar									
Juntas	α_s	α_j	F1	β_j	F2	β_s	F3	F4	SMR
J1	202	200	0,15	42	0,15	46	0	+10	80,97
J2	202	240	0,15	51	0,15	46	0	+10	85,53
J2	202	87	0,15	42	0,15	46	0	+10	74,78
SMR: 84,01			Clase: I			Estabilidad: Totalmente estable			

Tabla 54
Resumen de estabilidad.

Caso	Clase	SMR	Descripción	Estabilidad	Roturas	Tratamientos
Macizo Nro. 1: Esquistos micáceos						
Rotura Planar	I	84,01	Muy buena	Totalmente estable	Ninguna	Ninguno

✓ Geological Strength Index (GSI)

Se obtuvo los siguientes resultados:

Macizo Nro. 1: Esquisto Micáceo

$$GSI = RMR89 - 5$$

$$GSI = 84,01 - 5$$

$$GSI = 79,01 \text{ (Calidad Buena)}$$

6.5. Análisis de Estabilidad

Para el análisis de los taludes más representativos se empleó el método de equilibrio límite, utilizando los métodos de Bishop, Janbu simplificado y Spencer en condiciones estáticas y pseudoestáticas. Para ello se tomó en cuenta los datos previamente obtenidos en el ensayo de penetración estándar, los sondeos eléctricos verticales y la caracterización del macizo rocoso.




Los datos que no se pudieron obtener mediante ensayos, se asumieron basados en criterios del libro de fundamentos de ingeniería de taludes de Ramírez y Alejano.

6.5.1.1. Modelo Estático Suelo.

Talud 1: Sabuló

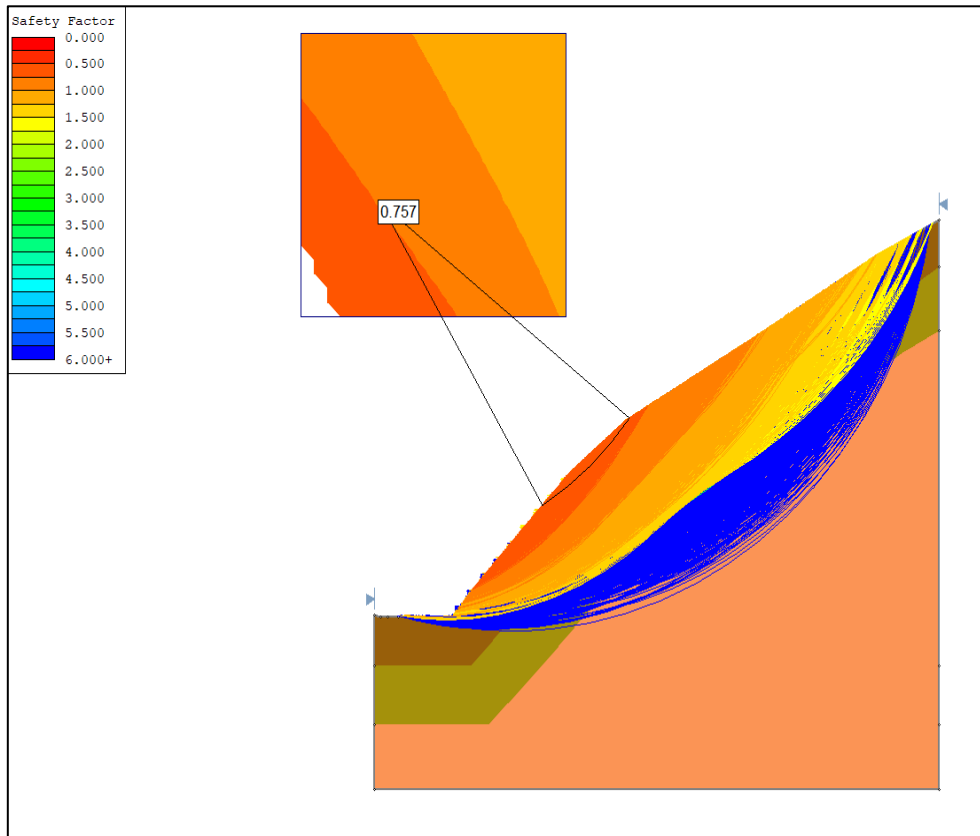
Tabla 55

Parámetros geotécnicos del talud 1.

Parámetros geotécnicos del talud 1				
Litología	Color	Peso específico KN/m ³	Cohesión KN/m ²	Ángulo de fricción
Limos arenosos con húmedas		17.02	0	33
Arenas Limosas		19.32	0	39
Granodiorita poco meteorizada		28.0	0.0987	40

El talud se encuentra en un grado de meteorización alto, en esta zona se da lugar el deslizamiento más grande del todo el tramo. Como resultado se obtiene un factor de seguridad en condiciones normales de 0.757 lo cual indica que se encuentra en estado no estable con probabilidad de que ocurra fallo, a continuación, se representa la gráfica obtenida de Slide 6.0:

Figura 82
Análisis de FS general para el talud 1.



Donde al aplicar la ecuación para obtener el Fs se omite la primera fracción debido a que la cohesión para suelos en estado de disgregación es 0; por ello en condiciones se normales se comprueba que:

$$Fs (seco) = \frac{c}{\gamma * H * \cos^2 \beta} + \frac{\tan \theta}{\tan \beta}$$




$$Fs (seco) = \frac{\tan 36}{\tan 44}$$

$$Fs (seco) = 0.752$$

Talud 2: Regolito

Tabla 56

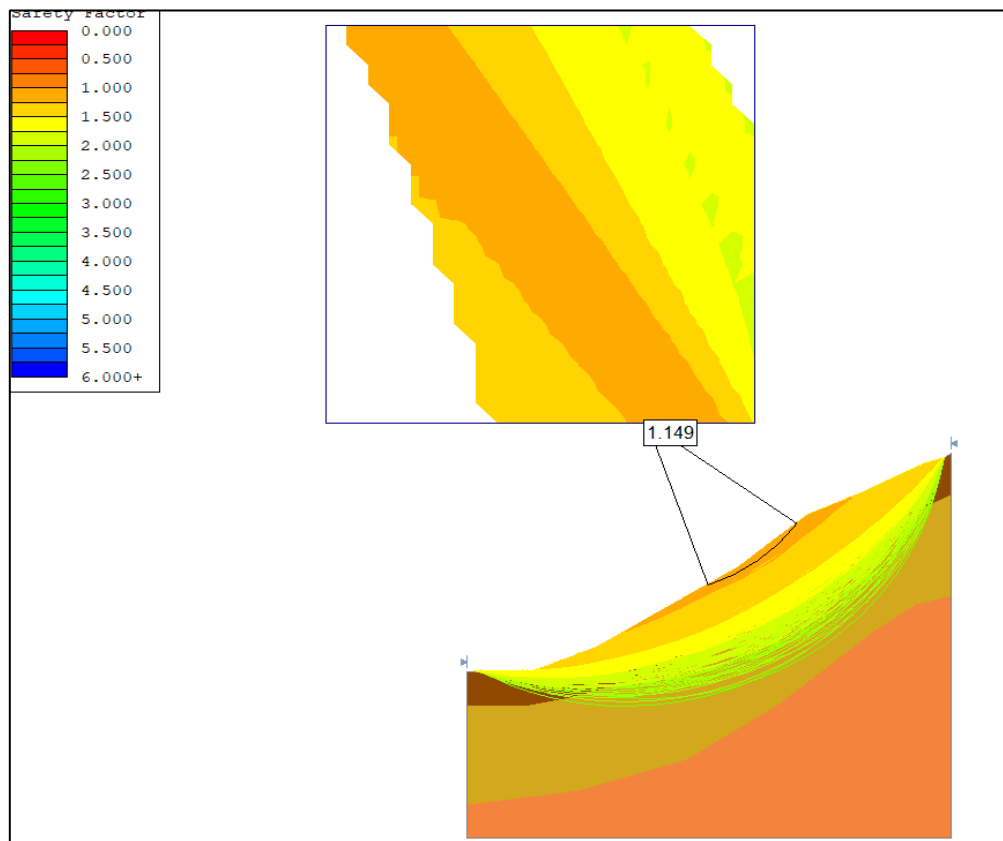
Parámetros geotécnicos del talud 2.

Parámetros geotécnicos del talud 2				
Litología	Color	Peso específico KN/m ³	Cohesión KN/m ²	Ángulo de fricción
Arcillas arcillosas y limosas húmedas		18.67	0	40
Arenas limosas con humedad		19.20	0	42
Granodioritas		28.0	0.0987	45

El talud 2 se encuentra en un grado de meteorización alta. Como resultado se obtiene un factor de seguridad en condiciones normales de 1.149 lo cual indica que se encuentra en estado estable o seguro, a continuación, se representa la gráfica obtenida de Slide 6.0:

Figura 83

Análisis de FS general para el talud 2.


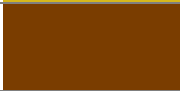




Al aplicar la ecuación se obtiene $F_s = 1.141$

Talud 3: Regolito

Tabla 57

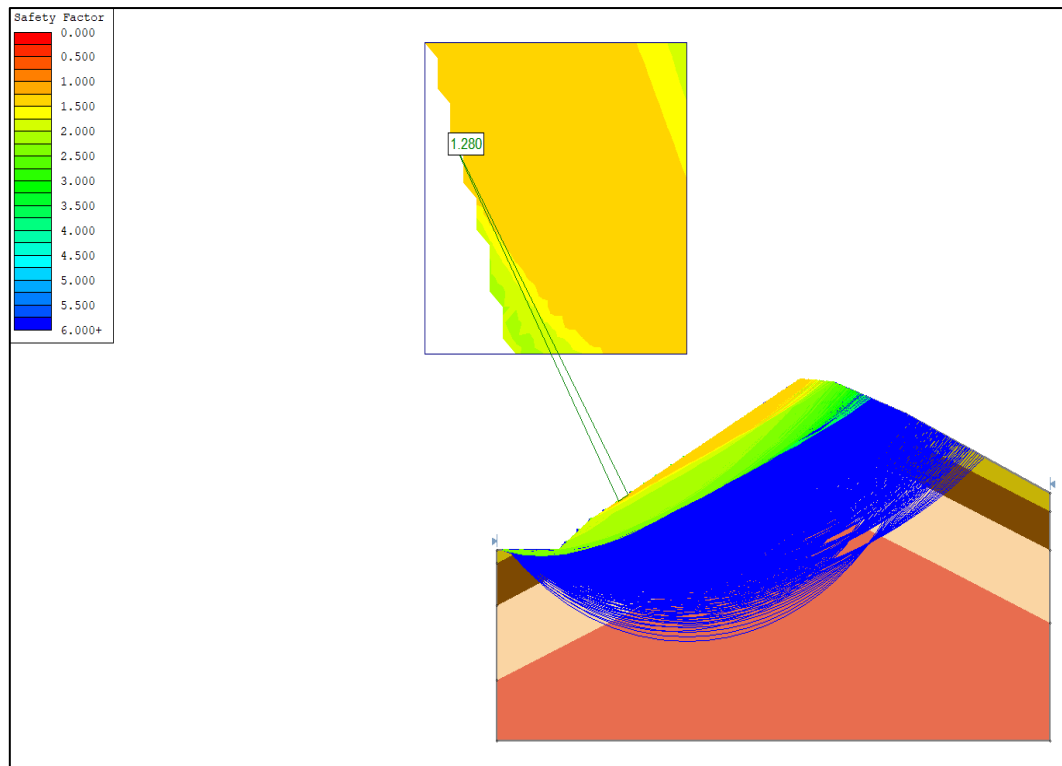
Parámetros geotécnicos del talud 3.

Parámetros geotécnicos del talud 3				
Litología	Color	Peso específico KN/m ³	Cohesión KN/m ²	Ángulo de fricción
Arcillas limosas		18.0	0	36
Arcillas limosas y arcillosas húmedas		18.35	0	50
Roca muy meteorizada y alterada		25.0	0.097	36.42
Granodioritas		28.0	0.099	45

El talud 3 se encuentra en un grado de meteorización alta. Los resultados del análisis de estabilidad global conformado por arenas limosas (Regolito), proporciona un FS de 1.280 en condiciones normales lo cual determina que se encuentra en estado estable, a continuación, se representa la gráfica obtenida de Slide 6.0:

Figura 84

Análisis de FS general para el talud 3.




Al aplicar la ecuación se obtiene $F_s = 1.283$

6.5.1.2. Modelo Estático Roca

- Granodiorita

Tabla 58

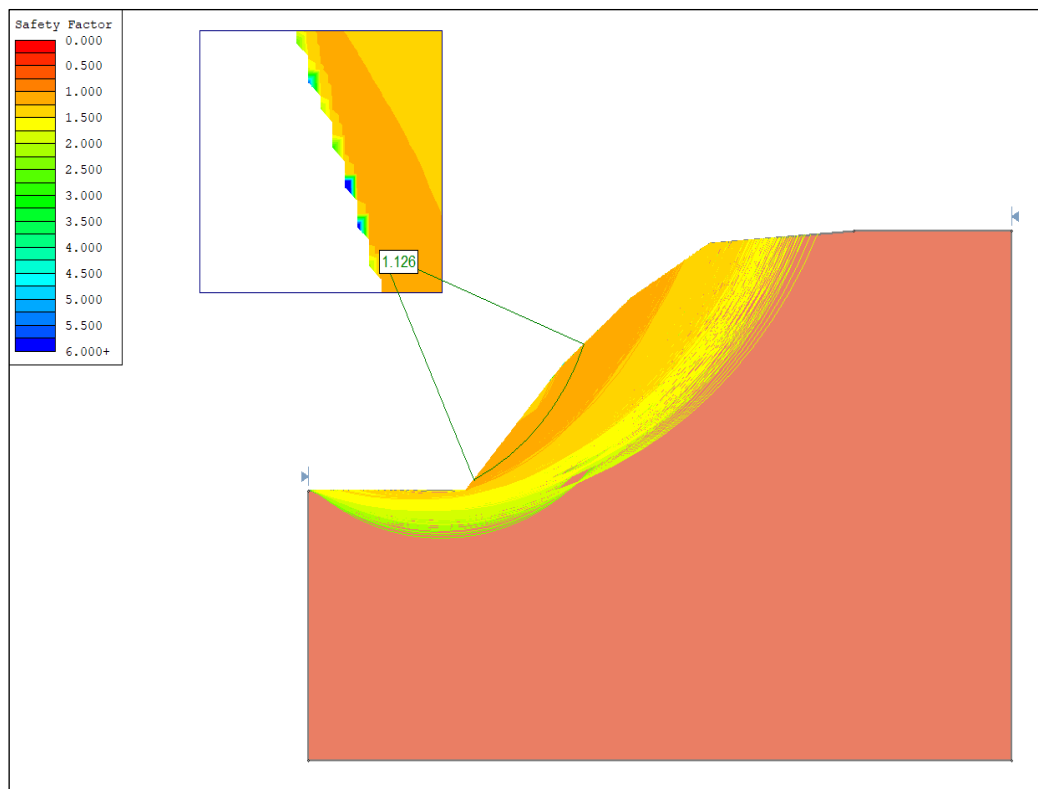
Parámetros geotécnicos del talud de roca Granodiorita.

Parámetros geotécnicos de roca granodiorita				
Litología	Color	Peso específico KN/m ³	Cohesión KN/m ²	Ángulo de fricción
Granodiorita		19.8	0.98	43

Como resultado se obtiene un factor de seguridad en condiciones normales de 1.126 lo cual indica que se encuentra en estado estable o seguro.

Figura 85

Análisis de FS general, granodiorita.



6.5.1.3. Rotura planar

- **Esquisto**

A continuación, se presenta los parámetros geotécnicos del macizo rocoso que se encuentra ubicado en la abscisa 1+717 conformado por esquistos, el cual se ha modelado de acuerdo al levantamiento topográfico y geológico.

Tabla 59

Parámetros geotécnicos del Esquisto.

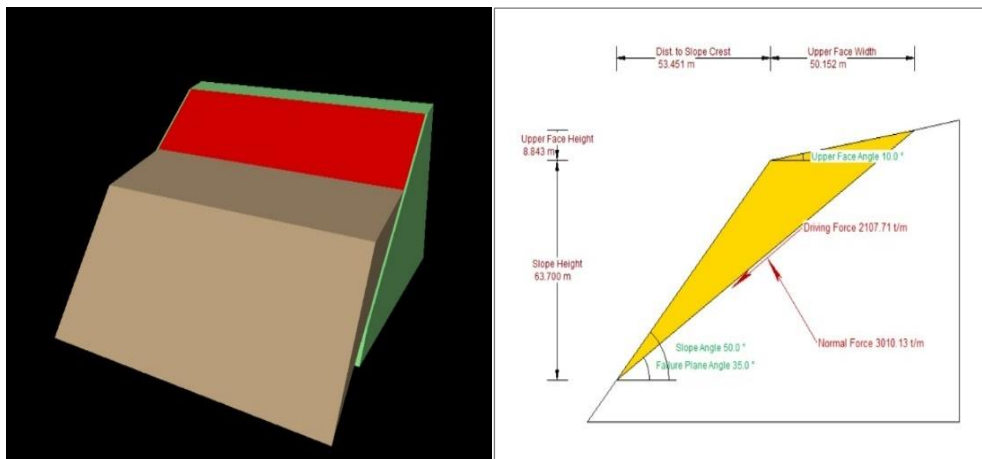
Parámetros geotécnicos de los macizos rocosos				
Litología	Color	Peso específico KN/m ³	Cohesión KN/m ²	Ángulo de fricción
Granodiorita		26.45	0	52.2

Debido a que en este talud la roca si presento datos estructurales y familia de discontinuidades, se realizó un análisis de rotura planar mediante el software Rocplane. El análisis para la rotura planar se lo realizó mediante criterios determinísticos, donde solo se consideró J1, que es aquella que tiende a romper en planos. La cohesión no será considera y se asumirá un valor de 0 debido a que las juntas de roca no tienen cohesión, pero si un ángulo de fricción alto.

Como resultado se obtiene un factor de seguridad en condiciones estáticas de 1.841 lo que indica que se encuentra en estado estable o seguro, a continuación, se representa la gráfica obtenida del programa.

Figura 86

Análisis de FS general, Esquisto.



Aplicando la fórmula para rotura planar se establece que:

$$F_s = \frac{c + \frac{1}{2} \gamma * H \frac{\text{Sen}(\beta - \theta)}{\text{Sen}\theta - \text{Sen}\beta} \cos\theta \text{ sen}\theta \text{ tg}\phi}{\frac{1}{2} \gamma * H \frac{\text{Sen}(\beta - \theta)}{\text{Sen}\theta - \text{Sen}\beta} \text{ sen}^2\theta}$$

$$F_s = \frac{0 + \frac{1}{2} 26.45 * 63.7 \frac{\text{Sen}(50^\circ - 35^\circ)}{\text{Sen}35^\circ - \text{Sen}50^\circ} \cos35^\circ \text{ sen}35^\circ \text{ tg}52.2}{\frac{1}{2} * 26.45 * 63.7 \frac{\text{Sen}(50^\circ - 35^\circ)}{\text{Sen}35^\circ - \text{Sen}50^\circ} \text{ sen}^2 35^\circ}$$

$$F_s = 1.8411 = 1.8 \text{ Estable.}$$

6.5.1.4. Modelo Pseudoestático suelo. El área de estudio se encuentra en la zona sísmica IV, con un valor de Z (Aceleración máxima en roca esperada para el sismo) de 0.35:

Tabla 60
Valor de Z.

Zona sísmica	I	II	III	IV	V	VI
Valor factor Z	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	≥0.50
Caracterización de la amenaza sísmica	Intermedia	Alta	Alta	Alta	Alta	Muy Alta
Área						
Población	Parroquia	Cantón	Provincia	Z		
Machala	Machala	Machala	El Oro	0.40		
Balsas	Balsas	Balsas	El Oro	0.35		
Marcabelí	Marcabelí	Marcabelí	El Oro	0.35		

Nota: Obtenido de: (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2015)

El factor de sitio actual para suelo es de tipo D (suelos rígidos) y para roca tipo B (roca de rigidez media) por ende los valores son:

Tabla 61
Factor de sitio actual.

Tipo de perfil del subsuelo	I	II	III	IV	V	VI
Factor Z	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	≥ 0.50
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

Nota: Obtenido de: NEC, (2015).

Se utilizó la siguiente fórmula, considerando que la demanda sísmica para los análisis pseudoestático será del 60% de la aceleración máxima en el terreno como lo recomienda en la NEC-SE-GC-2015:

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

Donde: $a_{max} = ZFa$

Fa= Fuerzas actuales

$$a_{max} = 0.35g * 1.35 = 0.47g$$

$$a_{max} = 0.35g * 1 = 0.35g$$

Factor sísmico horizontal

Suelo $K_h = 0.6(0.47g) / g$

$$K_h = 0.28$$

Roca $K_h = 0.6(0.35g)/g$

$$K_h = 0.21$$

Estas cargas sísmicas horizontales fueron aplicadas a cada uno de los modelos y se resumen en el siguiente apartado.

6.5.2. Resumen de Análisis de Estabilidad Global

A continuación, se presenta el factor de seguridad de cada talud en condiciones normales o estáticas y Pseudoestáticas:

Donde:

- $FS < 1 =$ Inestable
- $FS 1.0 - 1.5 =$ Crítico
- $FS > 1.5 =$ Estable

Tabla 62

Resumen Factor de Seguridad, modelo Estático.

Análisis de estabilidad en suelos condiciones estáticas						
Id	Absc	Método			Formula Talud infinito	Condición
		Slide				
		Bishop	Janbu	Spencer		
Talud 1	0+284	0.757	0.744	0.753	0.752	Inestable
Talud 2	1+086	1.149	1.115	1.144	1.141	Crítico
Talud 3	3+144	1.280	1.279	1.279	1.283	Crítico
Análisis de estabilidad en rocas condiciones estáticas						
Id	Absc	Método			Formula Talud infinito	Condición
		Slide				
		Bishop	Janbu	Spencer		
Granodiorita	2+490	1.126	1.064	1.121	1.131	Crítico
Id	Absc	Rocplane			Formula Rotura Planar	Condición
Esquisto	1+717	1.841			1.841	Estable

Tabla 63

Resumen Factor de Seguridad, modelo Pseudoestático.

Análisis de estabilidad en suelos condiciones pseudoestáticas						
Id	Absc	Método			Carga Sísmica	Condición
		Slide				
		Bishop	Janbu	Spencer		
Talud 1	0+284	0.440	0.433	0.439		Inestable
Talud 2	1+086	0.786	0.756	0.792	0.28	Inestable
Talud 3	3+144	0.733	0.725	0.730		Inestable
Análisis de estabilidad en rocas condiciones pseudoestáticas						
Id	Absc	Método			Carga Sísmica	Condición
		Slide				
		Bishop	Janbu	Spencer		
Granodiorita	2+490	0.703	0.641	0.721		Inestable
Id	Absc	Rocplane			0.21	Condición
Esquisto	1+717	1.208				Crítico



7. Discusión

El presente trabajo de investigación caracterización geológica-geotécnica en la vía San Roquito abscisas 0+000 a 3+145, tiene un área de estudio de 34 ha y es muy importante debido a que esta carretera es el acceso más cercano que tienen otras ciudades hasta el sitio San Roquito, cuyo valor es relevante debido a la producción avícola, porcícola y agrícola que se generan en la zona y provee económicamente al cantón Balsas, sin embargo en épocas invernales es propensa a problemas de inestabilidad que pone en riesgo no solo a los pobladores del sitio, sino también a los automotores que transitan por la misma.

Como base para el análisis geológico geotécnico se realizó la topografía donde se determinó que las altitudes oscilan entre 694 y 961 m.s.n.m. La zona de estudio se caracteriza por tener pendientes ligeramente inclinadas ocupando 0.17 ha, así como pendientes fuertemente inclinadas que ocupan 2.4 ha, pendientes muy inclinadas que se encuentran en un porcentaje de 70,70% ocupando 24.1 ha de la franja de estudio y pendientes de tipo empinadas con 7.36 ha; referente a la geomorfología se encuentran presentes dos geoformas correspondientes a relieve colinado alto con un área de 2.75 ha y relieve de tipo montañoso que se extiende en 31.35 ha predominando en la zona.

La caracterización geológica del área de estudio se ubica en la Unidad Plutón de Marcabellí la cual está constituida por roca granodiorita generalmente masiva; localmente se encuentran 5 zonas litológicas: el sabuló que se formó a partir de la meteorización de la granodiorita cuyo estado se encuentra altamente meteorizado hasta convertirse en un suelo con una matriz arcillo limosa que se encuentra a lo largo de la vía en un área de 28.55 ha; también se determinó la presencia de un regolito que se ha formado producto de la disgregación de la roca en un grado medio hasta convertirse en suelo que visualmente aparenta ser una roca, pero al aplicar fuerza se disgrega con facilidad, esta litología está presente en el tercer tramo ocupando 5.3 ha, al finalizar la vía se encontró un depósito coluvio aluvial con cantos que varían de 3 a 12 mm de espesor y un área de 0.059 ha. Referente a macizos rocosos, en la vía de estudio afloran dos tipos de roca, los esquistos micáceos con una textura de grano de media a gruesa, con una foliación escamosa con rumbo S68W y un buzamiento de 54°; se encontró un bloque de granodiorita el cual no presentó planos, por ende, no se pudo tomar datos estructurales. En cuanto a la geología estructural de acuerdo a la hoja geológica de Zaruma (2017) a escala 1:100.000, existe una falla de tipo inferida que no ha sido identificada en campo, sin embargo,

mediante la fotointerpretación se identificaron posibles zonas de cizalla, en el talud conformado por esquisto se encontraron familias de diaclasas con direcciones S22°W, S65°W y N88°E.

La caracterización geotécnica se realizó mediante métodos indirectos como sondeos eléctricos verticales y directos como ensayos de penetración estándar que permitieron conocer la distribución del suelos conformados principalmente por arcillas, limos y arenas, que poseen generalmente una consistencia rígida inconfiada, así como un cambio de volumen y un potencial expansivo alto, lo que indica que tanto el sabuló y el regolito presentan condiciones similares y son poco resistentes; además se obtuvo el análisis de resistencia del macizo rocoso mediante el criterio de Barton & Choubey de un talud conformado por esquisto para determinar la propiedades geomecánicas, del cual se estableció que el esquisto posee un RQD de 95,23% que es equivalente a Muy Bueno, la clasificación geomecánica de Bieniawski dio como resultado que la calidad del macizo rocoso es de Tipo II Buena, con una valoración del índice de 73,76 y una clasificación geomecánica de 84,01%, además de un Índice de resistencia Geológica (GSI) de 79,01 lo que indica que el macizo rocoso tiene una calidad buena.

Para el análisis de estabilidad de taludes se tomó en cuenta los datos obtenidos del SPT, SEV y caracterización del macizo rocoso obteniendo dos modelos: estático y pseudoestático; se determinó un factor seguridad para el primer talud de suelo ubicado en el primer tramo donde se obtuvieron valores de 0.757 en condiciones normales, lo que indica que es inestable debido a las características que presentan los materiales; el segundo talud de suelo brindó un factor de seguridad de 1.149 y el tercer análisis reflejo un F_s de 1.280 presentando condiciones críticas, con ello se identifica que la zona donde se presenta más problemas de inestabilidad corresponde al primer kilómetro de la vía. Para rocas se obtuvo un factor de seguridad en granodiorita de 1.126 que indica un estado crítico y en esquisto por rotura planar de 1.841 lo que muestra que la roca se encuentra estable. Al someter la carga horizontal sísmica de 28 para suelos y 21 para rocas los factores de seguridad de cada uno de los taludes disminuyeron notoriamente, reduciendo la estabilidad, convirtiendo zonas críticas en inestables en el caso de suelo y de estables a críticas en el caso de la roca que conforma el talud de esquisto.

Generalmente se determina que el área de estudio presenta taludes que se encuentra en estado crítico e inestable por lo que se suscitan diversos deslizamiento a lo largo de la vía; Cajamarca (2023) en su levantamiento geológico estructural del tramo de la vía Balsas - Tinajas, afirma que las principales causas para que este tipo de eventos se desarrollen, son la litología presente en la Unidad Plutón de Marcabellí y el Tigre donde predominan limos, arcillas,



grauvacas, lutitas, que son materiales poco resistentes no consolidados, acompañados de pendientes fuertes lo cual provoca que el material tienda a deslizarse; esta información se relaciona con el estudio debido a que el tramo de la vía se encuentra en la Unidad Plutón de Marcabelí.

Bravo (2022), en la vía La Saquea – Cantzama Bajo empleó un estudio geológico geotécnico donde se obtuvo un detalle más preciso referente a las capas y espesores de los materiales internos, debido a que se aplicaron métodos indirectos de refracción sísmica, además de calicatas geotécnicas con una profundidad de 1,50 m lo que permite abarcar más zonas de estudios; sin embargo, en el presente estudio al no presentar zonas urbanas o altamente pobladas se utilizó los sondeos eléctricos verticales que si permiten obtener espesores adecuados para determinar los materiales presente y establecer resultados apropiados.

8. Conclusiones

- En base al levantamiento topográfico, las cotas varían desde los 694 hasta los 961 m s.n.m, existiendo un desnivel de 267m, con ello se da la existencia de pendientes ligeramente inclinadas que se encuentran en un porcentaje de 0,5%, pendientes fuertemente inclinadas en un porcentaje de 7,19% que se extiende desde el kilómetro 2 al finalizar la vía, pendientes muy inclinadas que son la más extensa de la zona y abarca 24.12 Ha con 70,7% y las pendientes empinadas que ocupan 21,59%. Las geoformas que se encontraron son: relieve del tipo montañoso que se caracteriza por tener pendientes mayores al 70%, ocupando 31.35Ha de la zona en un porcentaje del 92% y relieve colinado alto, con pendientes que superan el 40%, con una extensión del 2.75Ha y un porcentaje total de 8%.
- La vía de estudio se encuentra dentro de la Unidad Plutón de Marcabelí donde predominan granodioritas generalmente masivas del Triásico Tardío y que intruyen en algunas formaciones como el Tigre y la Victoria. El sabuló se extiende por toda la vía y es producto de la meteorización alta de la granodiorita que es la roca madre y predominante del basamento, también se encontró un regolito de la misma roca que se presenta en el último tramo de estudio y se clasifica por su grado de meteorización medio, al finalizar el área se pudo determinar un talud de origen coluvio aluvial que se encontraba lateral a un vertiente con un caudal no significativo; entre las rocas que se encontraron fueron esquistos que se asume que su formación se dio debido a metamorfismo regional y granodiorita que intruye en el segundo tramo de estudio.
- La geología estructural no fue relevante ya que la zona al estar conformada por depósitos superficiales producto de la meteorización no presenta rasgos como pliegues y fallas, pero si existe un indicio que evidencia una falla de tipo inferida que corresponde a una zona de cizalla, además de un contacto entre granodiorita y esquistos, donde el afloramiento de esquistos presentó 3 familias de juntas paralelas y subparalelas que forman un sistema.
- Las características físico mecánicas de los materiales permitieron determinar suelos de consistencia rígida con alto potencial y volumen expansivo lo que indica que no son aptos para realizar construcciones y que son propenso a deslizarse en taludes; referente a las propiedades geomecánicas del talud de roca esquistos se determinó que posee un RQD de 95.23% que indica una calidad muy buena, RMR dio valores de calidad del macizo rocoso de Tipo II con una clasificación Buena, una valoración del SMR de 73,76, una clasificación geomecánica de 84,01%, además de un GSI de 79,01 lo que indica que índice de resistencia Geológica es de calidad buena.



- Se determinó la estabilidad de 5 de los taludes mediante un análisis que se realizó de acuerdo a su relevancia y zona litológica, en un modelo estático en condiciones normales donde el factor de seguridad del primer talud conformado por suelo ubicado en la abscisa 0+284 es de 0.757 en condiciones normales lo que indica que se encuentra inestable, el talud 2 con un Fs 1.149 que demuestra que se encuentra en un estado crítico; finalmente el tercer talud de suelo que tiene un Fs de 1.280 en condición crítica; en roca se determinó que la granodiorita presenta un factor de seguridad de 1.126 y los esquistos un factor de seguridad de 1.8; seguidamente, se realizó el análisis pseudoestático aplicando cargas sísmicas, donde el factor de seguridad fue menor en todos los casos.
- La zona que presenta condiciones de inestabilidad en mayor proporción corresponde al tramo 1 donde se encuentra el deslizamiento más grande del área; con ello se puede corroborar que los sábulos son poco resistentes debido a que son producto de la descomposición de roca en arcillas y limos producidas por migración de sales o productos secundarios que van desgastando la roca convirtiéndose en materiales blandos y disminuyendo su resistencia; se puede correlacionar con el sondeo eléctrico vertical que indica que los materiales bases se encuentra erosionados y los superficiales son poco resistentes.



9. Recomendaciones

- Para tener un enfoque más amplio sobre estructuras geológicas y geomorfología se debería considerar un margen de vía más amplio.
- Realizar más ensayos SEVs y SPTs para obtener mayor información, así como calicatas geotécnicas, ensayos de corte directo en roca y sísmica de refracción para complementar el estudio.
- La zona al poseer suelos blandos es susceptible a procesos de meteorización o erosión por efectos de las precipitaciones, por ende, se recomienda tomar acciones complementarias como obras de drenaje y protección de superficies para mantener la estabilidad de los taludes, cunetas de drenaje en bermas en caso de ser necesario para acarrear las escorrentías superficiales.
- Aumentar el número de estudios de prospección geofísica, abarcando más zonas de deslizamientos.
- Realizar control y monitoreo continuo de los deslizamientos especialmente en épocas invernales.
- Previo a la construcción de cualquier tipo de infraestructura se debe tomar en cuenta el presente análisis geológico geotécnico.



10. Bibliografía

- Arellano. J. (2010). *Pliegues y Fallas*.
- Arias, D., Echeverri, O., y Hoyos, F. (2012). *Relaciones Geoeléctricas en la Exploración Geotécnica*. Boletín de Ciencias de La Tierra.
- ASTM. (1586). *The SPT Sampler*.
- ASTM D4318. (1996). *Standard Test Method for Liquid Limit, and Plasticity Index of Soils*.
- ASTM Internacional. (2000). *Práctica Estándar para la Clasificación de Suelos para Propósitos de Ingeniería (Sistema de Clasificación Unificada de Suelos)*.
- ASTM International. (2012). *Standard Test Method for Direct Shear Test of Soils Under Consolidated Drained Conditions*. <https://www.astm.org/d3080-04.html>
- Ayala Carcedo, F. J., Andreu Posse, F. J., y Marqués, M. (1987). *Manual de ingeniería de taludes*.
- Barton. V, y Choubey. V. (1976). *The shear strength of rock joints in theory and practice*.
- Bañon Blazquez. L, y Sergio Martínez Alfaro. (2000). *Apuntes de geodinámica aplica*. Universidad de Alicante.
- Beneytoa. A, Guillermo J. Gutierrez, L. Mroginska, A. Di Radoa, y Awruch. A. (2014). *Análisis de estabilidad de taludes mediante técnicas de optimización heurística*. 30.
- Bieniawski, Z. T. (1972). *Engineering Rock Mass Classifications*.
- Braja. M. Das. (2012). *Fundamentos de Ingeniería de cimentaciones* (Séptima).
- BRAJA M. DAS. (2015). *Fundamentos de Ingeniería Geotécnica* (Inc Cengage Learnig).
- Bravo. L. (2022). *Caracterización geológica-geotécnica en la vía La Saquea – Cantzama Bajo desde el tramo absc 0+000 hasta 5+850, ubicada en las parroquias Cumbaratza y Guadalupe, cantón Zamora, provincia de Zamora Chinchipe*
- Caballero Romero. A. (2014). *Metodología integral innovadora para planes y tesis* (Cengage Learning Editores, Ed.).
- Casagrande, A. (1948). *Clasificación and Identification of Soils*. *Transactions of the American Society of Civil Engineers* (Vol. 113).



- Cajamarca. R. (2023). *Levantamiento geológico estructural del tramo de la vía panamericana, Balsas - Tinajas, cantón Balsas, provincia del Oro, escala 1:10 000*.
<https://dspace.unl.edu.ec/jspui/handle/123456789/25898>
- CLIRSEN. (2012). *Proyecto: "Generación de Geoinformación para la gestión del territorio a nivel nacional, escala 1:25000"*. *Geomorfología. Metodología* (2012th ed.).
- Consocio Trasaca/Nipsa. (2015). *Proyecto de levantamiento de cartografía temática a escala 1:25.000*.
- Criterios Lineamientos Técnicos para Factibilidad, Geotecnia* (Vol. 7). (2014).
- Duque Escobar. G. (2020). *Manual de geología para Ingeniero*.
- Echeveste. H. (2014). *Manual de levantamiento geológico*.
- Fallas. J. (2003). *Conceptos Básicos De Cartografía*.
- Fotointerpretación. Geología y Geomorfología.* (2022).
<https://www.um.es/geograf/sig/teledet/fotogeol.html>
- Fredlund D., & Scoular R. (1999). *Using limit equilibrium concepts in finite element slope stability analysis. International Symposium on Slope Stability Engineering*. 31–47.
- GEOMINAS. (1999). *Zonificación sismo geotécnica indicativa para la reconstrucción de Armenia: Vol. II*.
<https://recordcenter.sgc.gov.co/B22/11003002502488/documento/nativos/apoyo/info-prelimi/capitulo25.pdf>
- Gil León. L. (2015). *Levantamientos topográficos* (9na ed.).
- Gonzales Vallejo. L. (2003). *Ingeniería geológica*.
- Gonzales de Vallejo. L. (2002). *Ingeniería Geológica* (Isabel Cepella, Ed.).
- González de Vallejo. L., y Mercedes Ferrer Gijón. (2007). *Manual de campo para la descripción y caracterización de macizos rocosos en afloramientos* (Instituto Geológico y Minero de España, Ed.).
- Griem W. (2020). *Apuntes de Geología*.
- Grupo Trato. (2021). *Escalas topográficas*.



- Hernández Valencia. L. (2011). *Manual de Operación de la Estación Total*.
- Hoek. E. (2006). *Practical Rock Engineering*.
- Kaplan, E. D., & Hergarty, C. J. (2006). *Understanding GPS: Principles and applications*.
- Knoow. (2015). Afloramientos. In *Knoow*. <https://knoow.net/es/ciencias-tierra-vida/geografias/afloramiento/>
- Lopez Escobar. K. (1999). *Aplicación de sensores remotos en el estudio de áreas propicias para prospección de aguas subterráneas en la zona occidental de Loja*. Escuela Superior Politécnica del Litoral.
- Lorenzo Borselli. (2021). *Definición, estructura y propiedades físicas de los geomateriales (rocas y suelos)*.
- Masabanda, Byron Morales Muñoz, & Hugo Bonitaz. (2018). *Geotecnia para ingeniería civil. ESPE*. <http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/handle/21000/15417>
- Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda. (2015). *Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC-SE-DS)*.
- Mohr Coulomb. C. (1773). *Criterio de rotura de Mohr-Coulomb*.
- O. Del Río Santana, T. Espinoza Freire, A. Saenz Esqueda, y F. Cotez Martínez. (2017). *Levantamientos topográficos con drones*.
- Navarrete. E. (2005). *Apuntes de Geología General*.
- Olaya. V. (s.f). *Sistemas de Información Geográfica*.
- Oxford University Press. (2015). *scientific method*.
- Paratopografia.com. (2021, August 15). *Equipos para topografía*. <https://paratopografia.com/equipos-para-topografia-2021-gps-estacion-total/>
- PCE Deutschland GmbH. (2022). *Medidor de distancia*. https://www.pce-instruments.com/espanol/instrumento-medida/medidor/medidor-de-distancia-kat_70052.htm
- Perez Cañas. S, y Perez Martin- E. (2007). Levantamiento topográfico con la aplicación del Barredor Láser 3D del graderío romano en el yacimiento arqueológico de Tiermes:



unl

Universidad
Nacional
de Loja

*Caracterización geológica geotécnica del tramo de la vía
San Roquito- Balsas, cantón Balsas,
provincia de El Oro*

Reconstrucción digital y modelo digital del terreno, Topografía y cartografía. *Revista Del Ilustre Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos En Topografía*, 58–63.

Ramírez Oyanguren, y Leandro Alejano Monge. (2004). *Mecánica de Rocas: Fundamentos e Ingeniería de Taludes*.

R. E. López. Menardi. (2021). *Determinación in situ de propiedades ingenieriles de los suelos y su relación con el ensayo normal de peine*.

Red Sismológica Nacional. (2019). *¿Qué es una falla geológica?*

Rodriguez. G. (2017). *Levantamiento Topográfico*.

Romana. N. (1997). *Índice SMR de Romana 1997*.

Sísmica de suelos. (2020). *Sondeos eléctricos verticales*.

Torres. R. (2013). *Calicatas*.

UNIANDES. (2022). *Geodinámica*.




<https://geociencias.uniandes.edu.co/es/investigacion/geodinamica>





U.N.S.J. (2004). *Levantamiento y Carteo Geológico I métodos de levantamiento topográfico: Pothenot, Hansen, Poligonación*.





Varela. (2014). *Manual de Geología*.





11. Anexos





Anexo 1. Ficha de descripción de afloramientos





 CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA GEOTÉCNICA DEL TRAMO DE LA VÍA SAN ROQUITO- BALSAS, CANTÓN BALSAS, PROVINCIA DE EL ORO.					
FICHA MAPEO GEOLÓGICO					
Fecha:	2/6/2022	Ficha N°	1	Código	M1
Descripción de: Joselyn Andrea Machuca Valarezo					
LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA			AFLORAMIENTO/ ESQUEMA		
Provincia	El Oro				
Cantón	Balsas				
Parroquia	Balsas				
Barrio/Sector	San Roquito				
COORDENADAS					
Datum	WGS84				
Coord. X	630558				
Coord. Y	9584810				
Altura (m.s.n.m.)	719				
Descripción Macroscópica					
Afloramiento (X)	Rodado ()				
Datos estructurales (AZ/BUZ)	Altura	6,35m			
	Ancho	11m			
DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA			CARACTERÍSTICAS		
			Color: Café claro		
			Textura: Lisa		
			Minerales: cuarzo, hierro, sílice		
			Estructura: Roca foliada o esquistos ()		
			Roca no foliada o masiva ()		
			Tipo de metamorfismo:	M Tipo de alteración:	
			Grado medio	Física	
			Meteorización: moderada		
Roca o suelo: Matriz arcillosa					
Observaciones: Por la apertura de vía el Afloramiento antrópico, es un suelo residual conformado por arcillas, presentar un grado de oxidación en las partes frontales, debido a la descomposición orgánica.					





  Universidad Nacional de Loja		CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA GEOTÉCNICA DEL TRAMO DE LA VÍA SAN ROQUITO- BALSAS, CANTÓN BALSAS, PROVINCIA DE EL ORO.			
FICHA MAPEO GEOLÓGICO					
Fecha:	2/6/2022	Ficha N°	3	Código	M3
Descripción de: Joselyn Andrea Machuca Valarezo					
LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA			AFLORAMIENTO/ ESQUEMA		
Provincia	El Oro				
Cantón	Balsas				
Parroquia	Balsas				
Barrio/Sector	San Roquito				
COORDENADAS					
Datum	WGS84				
Coord. X	630782				
Coord. Y	9584929				
Altura (m.s.n.m.)	745				
Descripción Macroscópica					
Afloramiento (<input checked="" type="checkbox"/>)		Rodado (<input type="checkbox"/>)			
Datos estructurales (AZ/BUZ) micropliegues		Altura	34,24m		
		Ancho	45,3m		
DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA			CARACTERÍSTICAS		
			Color: Café Rojizo		
			Textura: arenosa		
			Minerales: cuarzo, hierro		
			Estructura: Roca foliada o esquistos (<input checked="" type="checkbox"/>)		
			Roca no foliada o masiva (<input type="checkbox"/>)		
			Tipo de metamorfismo:	Tipo de alteración:	
			Grado Medio	Física	
Meteorización: Moderada					
Roca o suelo: suelo limoso arcilloso					
Observaciones: Afloramiento es de origen antrópico, esta conformado por limos con minerales de cuarzo y hierro. Existe la presencia de micropliegues en la parte inferior conformados por roca esquistoso.					





  Universidad Nacional de Loja		CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA GEOTÉCNICA DEL TRAMO DE LA VÍA SAN ROQUITO- BALSAS, CANTÓN BALSAS, PROVINCIA DE EL ORO.			
FICHA MAPEO GEOLÓGICO					
Fecha:	2/6/2022	Ficha N°	4	Código	M4
Descripción de: Joselyn Andrea Machuca Valarezo					
LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA			AFLORAMIENTO/ ESQUEMA		
Provincia	El Oro				
Cantón	Balsas				
Parroquia	Balsas				
Barrio/Sector	San Roquito				
COORDENADAS					
Datum	WGS84				
Coord. X	630739				
Coord. Y	9584948				
Altura (m.s.n.m.)	759				
Descripción Macroscópica					
Afloramiento (<input checked="" type="checkbox"/>)		Rodado (<input type="checkbox"/>)			
Datos estructurales (AZ/BUZ)	Altura	11m			
	Ancho	21m			
DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA			CARACTERÍSTICAS		
			Color: Rojizo		
			Textura: arenosa		
			Minerales: hierro, sílice		
			Estructura: Roca foliada o esquistos (<input type="checkbox"/>)		
			Roca no foliada o masiva (<input type="checkbox"/>)		
			Tipo de metamorfismo:	Tipo de alteración:	
			Grado bajo	Física	
Meteorización: Baja					
Roca o suelo: Matriz arcillosa					
Observaciones: Afloramiento de origen antrópico, esta conformado por arcillas altamente oxidadas debido a la presencia de hierro, las cuales se han acumulado por procesos exógenos climáticos.					





  Universidad Nacional de Loja		CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA GEOTÉCNICA DEL TRAMO DE LA VÍA SAN ROQUITO- BALSAS, CANTÓN BALSAS, PROVINCIA DE EL ORO.					
FICHA MAPEO GEOLÓGICO							
Fecha:	9/6/2022	Ficha N°	5	Código	M5		
Descripción de: Joselyn Andrea Machuca Valarezo							
LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA			AFLORAMIENTO/ ESQUEMA				
Provincia	El Oro						
Cantón	Balsas						
Parroquia	Balsas						
Barrio/Sector	San Roquito						
COORDENADAS							
Datum	WGS84						
Coord. X	630850						
Coord. Y	9585030						
Altura (m.s.n.m.)	773						
Descripción Macroscópica							
Afloramiento (X)		Rodado ()					
Datos estructurales (AZ/BUZ)	Altura	14m					
	Ancho	26m					
DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA			CARACTERÍSTICAS				
			Color: Café Claro				
			Textura: lisa				
			Minerales: cuarzo, hierro.				
			Estructura: Roca foliada o esquistos ()				
			Roca no foliada o masiva ()				
			Tipo de metamorfismo:	Tipo de alteración:			
			Grado bajo	Física			
Meteorización: Baja							
Roca o suelo: Matriz Limosa							
Observaciones: Afloramiento de origen antrópico debido a la apertura de la vía, esta conformado por limos, con capas de roca en estado de disgregación alto, existe oxidación de material orgánico producto de la capa vegetal.							





  Universidad Nacional de Loja		CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA GEOTÉCNICA DEL TRAMO DE LA VÍA SAN ROQUITO- BALSAS, CANTÓN BALSAS, PROVINCIA DE EL ORO.			
FICHA MAPEO GEOLÓGICO					
Fecha:	9/6/2022	Ficha N°	6	Código	M6
Descripción de: Joselyn Andrea Machuca Valarezo					
LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA			AFLORAMIENTO/ ESQUEMA		
Provincia	El Oro				
Cantón	Balsas				
Parroquia	Balsas				
Barrio/Sector	San Roquito				
COORDENADAS					
Datum	WGS84				
Coord. X	630967				
Coord. Y	9585047				
Altura (m.s.n.m.)	768				
Descripción Macroscópica					
Afloramiento (X)		Rodado ()			
Datos estructurales (AZ/BUZ)		Altura	8m		
		Ancho	19m		
DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA			CARACTERÍSTICAS		
			Color: Café Claro		
			Textura: lisa		
			Minerales: cuarzo, hierro.		
			Estructura: Roca foliada o esquistos (X)		
			Roca no foliada o masiva ()		
			Tipo de metamorfismo:	Tipo de alteración:	
			Grado Alto	Física	
Meteorización: Alta					
Roca o suelo: arcillo limoso y clastos					
Observaciones: Afloramiento de origen antrópico, esta conformado por arcillas limosas y clastos en un estado de disgregación alta debido a factores climáticos. Los granos son roca esquistos que van de 1cm a 12cm.					





  Universidad Nacional de Loja		CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA GEOTÉCNICA DEL TRAMO DE LA VÍA SAN ROQUITO- BALSAS, CANTÓN BALSAS, PROVINCIA DE EL ORO.				
FICHA MAPEO GEOLÓGICO						
Fecha:	9/6/2022	Ficha N°	7	Código	M7	
Descripción de: Joselyn Andrea Machuca Valarezo						
LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA			AFLORAMIENTO/ ESQUEMA			
Provincia	El Oro					
Cantón	Balsas					
Parroquia	Balsas					
Barrio/Sector	San Roquito					
COORDENADAS						
Datum	WGS84					
Coord. X	631327					
Coord. Y	9585127					
Altura (m.s.n.m.)	791					
Descripción Macroscópica						
Afloramiento (X)		Rodado ()				
Datos estructurales (AZ/BUZ)	Altura	28m				
	Ancho	30m				
DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA			CARACTERÍSTICAS			
			Color: Café Claro			
			Textura: arenosa			
			Minerales: cuarzo, hierro.			
			Estructura: Roca foliada o esquistos ()			
			Roca no foliada o masiva ()			
			Tipo de metamorfismo:		Tipo de alteración:	
			Grado medio		Física	
			Meteorización: Moderada			
Roca o suelo: limos						
Observaciones: Afloramiento de origen antrópico, esta conformado por limos no consolidados, alterados, como fragmentos de roca y granos minerales de cuarzo						





  Universidad Nacional de Loja		CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA GEOTÉCNICA DEL TRAMO DE LA VÍA SAN ROQUITO- BALSAS, CANTÓN BALSAS, PROVINCIA DE EL ORO.					
FICHA MAPEO GEOLÓGICO							
Fecha:	9/6/2022	Ficha N°	8	Código	M8		
Descripción de: Joselyn Andrea Machuca Valarezo							
LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA			AFLORAMIENTO/ ESQUEMA				
Provincia	El Oro						
Cantón	Balsas						
Parroquia	Balsas						
Barrio/Sector	San Roquito						
COORDENADAS							
Datum	WGS84						
Coord. X	631437						
Coord. Y	9585172						
Altura (m.s.n.m.)	816						
Descripcion Macroscopica							
Afloramiento (X)	Rodado ()						
Datos estructurales (AZ/BUZ)	Altura	22m					
	Ancho	35m					
DESCRIPCION PETROGRAFICA			CARACTERÍSTICAS				
			Color: Café Claro				
			Textura: arenosa				
			Minerales: cuarzo, hierro.				
			Estructura: Roca foliada o esquistos () Roca no foliada o masiva ()				
			Tipo de metamorfismo:	Tipo de alteración:			
			Grado Alto	Física			
			Meteorización: Alta				
Roca o suelo: arcillas limosas							
Observaciones: Afloramiento de origen antrópico, esta conformado por limos no consolidados, alterados, como fragmentos de roca y granos minerales de cuarzo con una oxidación organica							





  Universidad Nacional de Loja						CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA GEOTÉCNICA DEL TRAMO DE LA VÍA SAN ROQUITO- BALSAS, CANTÓN BALSAS, PROVINCIA DE EL ORO.								
FICHA MAPEO GEOLÓGICO														
Fecha:		9/6/2022			Ficha N°		9		Código		M9			
Descripción de: Joselyn Andrea Machuca Valarezo														
LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA						AFLORAMIENTO/ ESQUEMA								
Provincia			El Oro											
Cantón			Balsas											
Parroquia			Balsas											
Barrio/Sector			San Roquito											
COORDENADAS														
Datum			WGS84											
Coord. X			631661											
Coord. Y			9585216											
Altura (m.s.n.m.)			827											
Descripción Macroscópica														
Afloramiento (X)						Rodado ()								
Datos estructurales (AZ/BUZ)			Altura		28m									
			Ancho		30m									
DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA						CARACTERÍSTICAS								
						Color: Café Claro								
						Textura: arenosa								
						Minerales: cuarzo, hierro.								
						Estructura: Roca foliada o esquistos ()								
						Roca no foliada o masiva ()								
						Tipo de metamorfismo:			Tipo de alteración:					
						Grado Medio			Física					
Meteorización: Moderado														
Roca o suelo: limos														
Observaciones: Afloramiento de origen antrópico, esta conformado por arcillas limosas no consolidadas, alteradas, como fragmentos de roca y granos minerales de cuarzo con presencia de vegetación de tipo arbustiva, herbacea.														





  Universidad Nacional de Loja		CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA GEOTÉCNICA DEL TRAMO DE LA VÍA SAN ROQUITO- BALSAS, CANTÓN BALSAS, PROVINCIA DE EL ORO.					
FICHA MAPEO GEOLÓGICO							
Fecha:	9/6/2022	Ficha N°	10	Código	M10		
Descripción de: Joselyn Andrea Machuca Valarezo							
LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA			AFLORAMIENTO/ ESQUEMA				
Provincia	El Oro						
Cantón	Balsas						
Parroquia	Balsas						
Barrio/Sector	San Roquito						
COORDENADAS							
Datum	WGS84						
Coord. X	631661						
Coord. Y	9585216						
Altura (m.s.n.m.)	832						
Descripción Macroscópica							
Afloramiento (X)		Rodado ()					
Datos estructurales (AZ/BUZ)		Altura	32m				
		Ancho	38m				
DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA			CARACTERÍSTICAS				
			Color: Café Rojizo				
			Textura: arenosa				
			Minerales: cuarzo, hierro.				
			Estructura: Roca foliada o esquistos ()				
			Roca no foliada o masiva ()				
			Tipo de metamorfismo:		Tipo de alteración:		
			Grado Medio		Física		
Meteorización: Moderado							
Roca o suelo: limos							
Observaciones: Afloramiento de origen antrópico, esta conformado por limos no consolidados, alterados, como fragmentos de roca y granos minerales de cuarzo con presencia de vegetación de tipo arbustiva, herbácea.							




  Universidad Nacional de Loja		CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA GEOTÉCNICA DEL TRAMO DE LA VÍA SAN ROQUITO- BALSAS, CANTÓN BALSAS, PROVINCIA DE EL ORO.			
FICHA MAPEO GEOLÓGICO					
Fecha:	16/6/2022	Ficha N°	11	Código	M11
Descripción de: Joselyn Andrea Machuca Valarezo					
LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA		AFLORAMIENTO/ ESQUEMA			
Provincia	El Oro				
Cantón	Balsas				
Parroquia	Balsas				
Barrio/Sector	San Roquito				
COORDENADAS					
Datum	WGS84				
Coord. X	631815				
Coord. Y	9585335				
Altura (m.s.n.m.)	863				
Descripción Macroscópica					
Afloramiento (X)	Rodado ()				
Datos estructurales (AZ/BUZ) (S22W/46)	Altura 63.7m Ancho 54m				
DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA		CARACTERÍSTICAS			
		Color: Café Oscuro			
		Textura: foliada			
		Minerales: predomina minerales micáceos, clorita, biotita y moscovita			
		Estructura: Roca foliada o esquistos (X) Roca no foliada o masiva ()			
		Tipo de metamorfismo: Grado Bajo	Tipo de alteración: Física		
		Meteorización: Baja			
		Roca o suelo: Esquistos micaceos			
Observaciones: Afloramiento de origen antrópico, conformado con esquistos con una textura de grano de media a gruesa, con una foliación escamosa.					





  Universidad Nacional de Loja		CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA GEOTÉCNICA DEL TRAMO DE LA VÍA SAN ROQUITO- BALSAS, CANTÓN BALSAS, PROVINCIA DE EL ORO.			
FICHA MAPEO GEOLÓGICO					
Fecha:	16/6/2022	Ficha N°	12	Código	M12
Descripción de: Joselyn Andrea Machuca Valarezo					
LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA			AFLORAMIENTO/ ESQUEMA		
Provincia	El Oro				
Cantón	Balsas				
Parroquia	Balsas				
Barrio/Sector	San Roquito				
COORDENADAS					
Datum	WGS84				
Coord. X	632523				
Coord. Y	9585470				
Altura (m.s.n.m.)	880				
Descripción Macroscópica					
Afloramiento (<input checked="" type="checkbox"/>)	Rodado (<input type="checkbox"/>)				
Datos estructurales (AZ/BUZ)	Altura	7m			
	Ancho	35m			
DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA			CARACTERÍSTICAS		
			Color: Café-Blanco		
			Textura: rugosa		
			Minerales: cuarzo, plagioclasas, biotita		
			Estructura: Roca foliada o esquistos (<input type="checkbox"/>) Roca no foliada o masiva (<input checked="" type="checkbox"/>)		
			Tipo de metamorfismo: Grado Bajo	Tipo de alteración: Física	
			Meteorización: Baja		
			Roca o suelo: Granodiorita		
Observaciones: Afloramiento de origen antrópico para la apertura de una vía secundaria. Es una granodiorita superficialmente esta rodeado con cobertura vegetal, se ha encontrado como un bloque donde no se ha podido determinar datos estructurales.					

  Universidad Nacional de Loja		CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA GEOTÉCNICA DEL TRAMO DE LA VÍA SAN ROQUITO- BALSAS, CANTÓN BALSAS, PROVINCIA DE EL ORO.					
FICHA MAPEO GEOLÓGICO							
Fecha:	16/6/2022	Ficha N°	13	Código	M13		
Descripción de: Joselyn Andrea Machuca Valarezo							
LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA			AFLORAMIENTO/ ESQUEMA				
Provincia	El Oro						
Cantón	Balsas						
Parroquia	Balsas						
Barrio/Sector	San Roquito						
COORDENADAS							
Datum	WGS84						
Coord. X	632609						
Coord. Y	9585369						
Altura (m.s.n.m.)	919						
Descripcion Macroscopica							
Afloramiento (<input checked="" type="checkbox"/>)		Rodado (<input type="checkbox"/>)					
Datos estructurales (AZ/BUZ)		Altura	41m				
		Ancho	50m				
DESCRIPCION PETROGRAFICA			CARACTERÍSTICAS				
			Color: Café				
			Textura: arenosa				
			Minerales: cuarzo, hierro.				
			Estructura: Roca foliada o esquistos (<input type="checkbox"/>)				
			Roca no foliada o masiva (<input type="checkbox"/>)				
			Tipo de metamorfismo:	Tipo de alteración:			
			Grado medio	Física			
Meteorización: Baja							
Roca o suelo: Regolito							
Observaciones: Afloramiento de origen antrópico, corresponde a un regolito de roca con un grado de meteorizacion alto, conformado por areniscas, arcillas pero predominan los limos con diametro mayor a diferencia de los tramos iniciales, ademas, la presencia de cobertura vegetal arbustiva y en las partes superiores arboles de extension media.							

  Universidad Nacional de Loja		CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA GEOTÉCNICA DEL TRAMO DE LA VÍA SAN ROQUITO- BALSAS, CANTÓN BALSAS, PROVINCIA DE EL ORO.					
FICHA MAPEO GEOLÓGICO							
Fecha:	16/6/2022	Ficha N°	14	Código	M14		
Descripción de: Joselyn Andrea Machuca Valarezo							
LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA			AFLORAMIENTO/ ESQUEMA				
Provincia	El Oro						
Cantón	Balsas						
Parroquia	Balsas						
Barrio/Sector	San Roquito						
COORDENADAS							
Datum	WGS84						
Coord. X	632651						
Coord. Y	9585291						
Altura (m.s.n.m.)	920						
Descripción Macroscópica							
Afloramiento (<input checked="" type="checkbox"/>)		Rodado (<input type="checkbox"/>)					
Datos estructurales (AZ/BUZ)		Altura	41m				
		Ancho	50m				
DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA			CARACTERÍSTICAS				
			Color: Café				
			Textura: arenosa				
			Minerales: cuarzo, hierro.				
			Estructura: Roca foliada o esquistos (<input type="checkbox"/>)				
			Roca no foliada o masiva (<input type="checkbox"/>)				
			Tipo de metamorfismo:	Tipo de alteración:			
			Grado Alto	Física			
Meteorización: Alta							
Roca o suelo: Regolito							
Observaciones: Afloramiento de origen antrópico, corresponde a un regolito compuesto de arenas, arcillas y limos tiene una textura arenosa, gran permeabilidad, granos angulosos al no haber sufrido transporte.							


  Universidad Nacional de Loja		CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA GEOTÉCNICA DEL TRAMO DE LA VÍA SAN ROQUITO- BALSAS, CANTÓN BALSAS, PROVINCIA DE EL ORO.			
FICHA MAPEO GEOLÓGICO					
Fecha:	16/6/2022	Ficha N°	15	Código	M15
Descripción de: Joselyn Andrea Machuca Valarezo					
LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA			AFLORAMIENTO/ ESQUEMA		
Provincia	El Oro				
Cantón	Balsas				
Parroquia	Balsas				
Barrio/Sector	San Roquito				
COORDENADAS					
Datum	WGS84				
Coord. X	632707				
Coord. Y	9585249				
Altura (m.s.n.m.)	914				
Descripción Macroscópica					
Afloramiento (X)	Rodado ()				
Datos estructurales (AZ/BUZ)	Altura	13m			
	Ancho	39m			
DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA			CARACTERÍSTICAS		
			Color: Café Rojizo		
			Textura: arenosa		
			Minerales: cuarzo, hierro.		
			Estructura: Roca foliada o esquistos ()		
			Roca no foliada o masiva ()		
			Tipo de metamorfismo:	Tipo de alteración:	
			Grado Alto	Física	
Meteorización: Alta					
Roca o suelo: Regolito					
Observaciones: Afloramiento de origen antrópico, corresponde a arcillas, arenas y limos con alta permeabilidad, poca vegetación.					


  Universidad Nacional de Loja						CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA GEOTÉCNICA DEL TRAMO DE LA VÍA SAN ROQUITO- BALSAS, CANTÓN BALSAS, PROVINCIA DE EL ORO.						
FICHA MAPEO GEOLÓGICO												
Fecha:		16/6/2022			Ficha N°		16		Código		M16	
Descripción de: Joselyn Andrea Machuca Valarezo												
LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA						AFLORAMIENTO/ ESQUEMA						
Provincia			El Oro									
Cantón			Balsas									
Parroquia			Balsas									
Barrio/Sector			San Roquito									
COORDENADAS												
Datum			WGS84									
Coord. X			632965									
Coord. Y			9585159									
Altura (m.s.n.m.)			957									
Descripción Macroscópica												
Afloramiento (X)			Rodado ()									
Datos estructurales (AZ/BUZ)		Altura		2,3m								
		Ancho		12m								
CARACTERÍSTICAS												
Color: Café Rojizo												
Textura: arenosa												
Minerales: cuarzo, hierro.												
Estructura: Roca foliada o esquistos ()												
Roca no foliada o masiva ()												
Tipo de metamorfismo:			Tipo de alteración:									
Grado Alto			Física									
Meteorización: Alta												
Roca o suelo: Deposito Coluvio-Aluvial												
Observaciones: Afloramiento de origen antrópico, conformado por limos, arcillas y arenas, es un deposito de tipo coluvio-aluvial debio a la presencia de una vertientes con un caudal no significativo que nace de la montaña; tiene clastos de roca producto de la meteorización por el paso del agua que van de 2 a 18cm.												


  Universidad Nacional de Loja		CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA GEOTÉCNICA DEL TRAMO DE LA VÍA SAN ROQUITO- BALSAS, CANTÓN BALSAS, PROVINCIA DE EL ORO.					
FICHA MAPEO GEOLÓGICO							
Fecha:	17/7/2022	Ficha N°	17	Código	M17		
Descripción de: Joselyn Andrea Machuca Valarezo							
LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA			AFLORAMIENTO/ ESQUEMA				
Provincia	El Oro						
Cantón	Balsas						
Parroquia	Balsas						
Barrio/Sector	San Roquito						
COORDENADAS							
Datum	WGS84						
Coord. X	632630						
Coord. Y	9585254						
Altura (m.s.n.m.)	916						
Descripción Macroscópica							
Afloramiento (X)		Rodado ()					
Datos estructurales (AZ/BUZ)	Altura	8m					
	Ancho	16m					
DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA			CARACTERÍSTICAS				
			Color: Café Claro				
			Textura: arenosa				
			Minerales: cuarzo, hierro.				
			Estructura: Roca foliada o esquistos ()				
			Roca no foliada o masiva ()				
			Tipo de metamorfismo:	Tipo de alteración:			
			Grado medio	Física			
Meteorización: Moderada							
Roca o suelo: arcilla limosas							
Observaciones: Afloramiento de origen antrópico, esta conformado por limos no consolidados, alterados, como fragmentos de roca y granos minerales de cuarzo							


Anexo 2. Ficha de inventario de deslizamientos

Universidad Nacional de Loja							
D1							
FICHA DE DESLIZAMIENTOS							
Proyecto		Abcisis		Coordenadas UTM WGS84			Codigo
Caracterización geológica geotécnica del tramo de la vía San Roquito- Balsas, cantón Balsas, provincia de El Oro		0+156		X	Y	Z	D1
				630657	9584856	735	
Tipo de Movimiento		Estilo		Actividad		Forma General	
X	Deslizamientos Rotacional	X	Unico		Antiguo		Plano
	Deslizamientos Traslacional		Múltiple	X	Latente		Flujo
	Propagación Lateral		Estado		Estabilizado		Frontal
	Flujo		Reciente		Antiguo	X	Irregular
	Caída		Antiguo	Datos estructurales			
	Reptación						
Superficie		Escarpe principal			Pie de Movimiento		
		Altitud (m):			Altitud (m):		
	Formas recientes		Bien evidente		Abovedado		Abollado
	Cobertura vegetal parcial		Poco Evidente		Lanceolado (Forma de lanza)		Plano
X	Cubierta vegetal total	X	Parcial Evidente		Rectilíneo		Empuje. Alrededor
	Oculto/Erosión		No Evidente	X	Desigual	X	Mult. Amontonado
	Oculto/Actividad humana		Grietas				Indistito
Intensidad de forma		Margenes		Morfología		Superficie	
X	Fuerte		Evidente		Escalonada		Seca
	Clara	X	Parcial Evidente		Ondulada	X	Loc. Húmeda
	Leve		Leves	X	Concava		Sobresaturada
Orden de la pendiente			Indistintos		Indistinta		Manantiales
X	Natural				Plana		Flujos de agua
	Artificial						Laguna
Litología							
	Rocas						
	Cambio Roca/Suelo						
	Suelo Arenoso						
	Suelo Limoso						
X	Suelo Arcilloso						
Observaciones							
		<p>El deslizamiento se encuentra en la abcisa 0+156, provocado por la inestabilidad del talud a causa de la apertura de la vía, la superficie es ligeramente húmeda. Tiene unas dimensiones de 34,24m de altura y 45,3m de ancho. La vegetación es de tipo arborea y abrustriva que ha sido arrastrada al pie del talud.</p>					



Universidad Nacional de Loja							
D2							
FICHA DE DESLIZAMIENTOS							
Proyecto		Abcisisas		Coordenadas UTM WGS84			Codigo
Caracterización geológica geotécnica del tramo de la vía San Roquito- Balsas, cantón Balsas, provincia de El Oro		0+694		X	Y	Z	D2
				631031	9585116	787	
Tipo de Movimiento		Estilo		Actividad		Forma General	
X	Deslizamientos Rotacional	X	Unico		Antiguo		Plano
	Deslizamientos Traslacional		Multiple	X	Latente		Flujo
	Propagacion Lateral		Estado		Estabilizado		FrontalL
	Flujo		Reciente		Antiguo	X	Irregular
	Caída		Antiguo	Datos estructurales			
	Reptación						
Superficie		Escarpe principal				Pie de Movimiento	
		Altitud (m):				Altitud (m):	
	Formas recientes	X	Bien evidente		Abovedado		Abollado
	Cobertura vegetal parcial		Poco Evidente		Lanceolado (Forma de lanza)		Plano
X	Cubierta vegetal total		Parcial Evidente		Rectilineo		Empuje. Alrededor
	Oculto/Erosión		No Evidente	X	Desigual	X	Mult. Amontonado
	Oculto/Arctividad humana		Grietas				Indistito
Intensidad de forma		Margenes		Morfología		Superficie	
X	Fuerte		Evidente		Escalonada		Seca
	Clara	X	Parcial Evidente		Ondulada	X	Loc. Húmeda
	Leve		Leves	X	Concava		Sobresaturada
Oriden de la pendiente							
	Natural				Indistinta		Manantiales
	Artificial				Plana		Flujos de agua
Litología							
	Rocas						
	Cambio Roca/Suelo						
	Suelo Arenoso						
	Suelo Limoso						
X	Suelo Arcilloso						
Observaciones							
<p>El deslizamiento es de tipo rotacional, se encuentra en la abcisisa 0+694, provocado por la inestabilidad del talud a causa de la apertura de la vía, la superficie es altamente erosionada debido a factores fisicos como la lluvia y el viento, es ligeramente húmeda. Tiene unas dimensiones de 25,8m de altura y 41,02m de ancho. La vegetación es de tipo arborea en la corona y aburstiva en las caras laterales del talud.</p>							

Universidad Nacional de Loja							
D3							
FICHA DE DESLIZAMIENTOS							
Proyecto		Abscisas		Coordenadas UTM WGS84			Codigo
Caracterización geológica geotécnica del tramo de la vía San Roquito- Balsas, cantón Balsas, provincia de El Oro		1+545		X	Y	Z	D3
				631713	9585738	832	
Tipo de Movimiento		Estilo		Actividad		Forma General	
X	Deslizamientos Rotacional	X	Unico		Antiguo		Plano
	Deslizamientos Traslacional		Múltiple	X	Latente		Flujo
	Propagación Lateral		Estado		Estabilizado		Frontal
	Flujo		Reciente		Antiguo	X	Irregular
	Caída		Antiguo	Datos estructurales			
	Reptación						
Superficie		Escarpe principal				Pie de Movimiento	
		Altitud (m):				Altitud (m):	
	Formas recientes	X	Bien evidente		Abovedado		Abollado
	Cobertura vegetal parcial		Poco Evidente		Lanceolado (Forma de lanza)		Plano
X	Cubierta vegetal total		Parcial Evidente		Rectilíneo		Empuje. Alrededor
	Oculto/Erosión		No Evidente	X	Desigual	X	Mult. Amontonado
	Oculto/Actividad humana		Grietas				Indistito
Intensidad de forma		Margenes		Morfología		Superficie	
	Fuerte		Evidente		Escalonada		Seca
X	Clara	X	Parcial Evidente		Ondulada	X	Loc. Húmeda
	Leve		Leves	X	Concava		Sobresaturada
Oríden de la pendiente					Indistinta		Manantiales
	Natural				Plana		Flujos de agua
	Artificial						Laguna
Litología							
	Rocas						
	Cambio Roca/Suelo						
	Suelo Arenoso						
	Suelo Limoso						
X	Suelo Arcilloso						
Observaciones							
<p>El deslizamiento se encuentra en la abscisa 1+545, provocado por la inestabilidad del talud a causa de la apertura de la vía, la superficie es ligeramente húmeda, con un grado de erosión alto. Tiene unas dimensiones de 20,2m de altura y 31,1m de ancho. La vegetación es de tipo arborea y arbustiva que ha sido arrastrada al pie del talud.</p>							

Universidad Nacional de Loja							
D4							
FICHA DE DESLIZAMIENTOS							
Proyecto		Abscisas		Coordenadas UTM WGS84			Codigo
Caracterización geológica geotécnica del tramo de la vía San Roquito- Balsas, cantón Balsas, provincia de El Oro		0+694		X	Y	Z	D4
				632017	9585116	883	
Tipo de Movimiento		Estilo		Actividad		Forma General	
<input checked="" type="checkbox"/>	Deslizamientos Rotacional	<input checked="" type="checkbox"/>	Unico		Antiguo		Plano
	Deslizamientos Traslacional		Multiple	<input checked="" type="checkbox"/>	Latente		Flujo
	Propagacion Lateral		Estado		Estabilizado		Frontal
	Flujo		Reciente		Antiguo	<input checked="" type="checkbox"/>	Irregular
	Caída		Antiguo	Datos estructurales			
	Reptación						
Superficie		Escarpe principal				Pie de Movimiento	
		Altitud (m):				Altitud (m):	
	Formas recientes	<input checked="" type="checkbox"/>	Bien evidente		Abovedado		Abollado
	Cobertura vegetal parcial		Poco Evidente		Lanceolado (Forma de lanza)		Plano
<input checked="" type="checkbox"/>	Cubierta vegetal total		Parcial Evidente		Rectilineo		Empuje. Alrededor
	Oculto/Erosión		No Evidente	<input checked="" type="checkbox"/>	Desigual	<input checked="" type="checkbox"/>	Mult. Amontonado
	Oculto/Actividad humana		Grietas				Indistito
Intensidad de forma		Margenes		Morfología		Superficie	
<input checked="" type="checkbox"/>	Fuerte		Evidente		Escalonada		Seca
	Clara	<input checked="" type="checkbox"/>	Parcial Evidente	<input checked="" type="checkbox"/>	Ondulada	<input checked="" type="checkbox"/>	Loc. Húmeda
	Leve		Leves		Concava		Sobresaturada
Orden de la pendiente		Indistintos		Indistinta		Manantiales	
	Natural			Plana		Flujos de agua	
	Artificial			Laguna			
Litología							
	Rocas						
	Cambio Roca/Suelo						
	Suelo Arenoso						
<input checked="" type="checkbox"/>	Suelo Limoso						
<input checked="" type="checkbox"/>	Suelo Arcilloso						
Observaciones							
<p>El deslizamiento se encuentra en la abscisa 1+929, con una superficie húmeda, debido a las continuas lluvia que se presentan en el sector. Tiene unas dimensiones de 22,07m de altura y 36,7m de ancho.</p>							



Anexo 3. Sondeos eléctricos verticales

Fecha: 5 de Agosto de 2022

SONDEO ELÉCTRICO VERTICAL ARREGLO SCHLUMBERGER



Proyecto: CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA GEOTÉCNICA DEL TRAMO DE LA VÍA SAN ROQUITO - BALSAS, CANTÓN BALSAS, PROVINCIA DE EL ORO

Solicita: SRTA. JHOSELYN MACHUCA

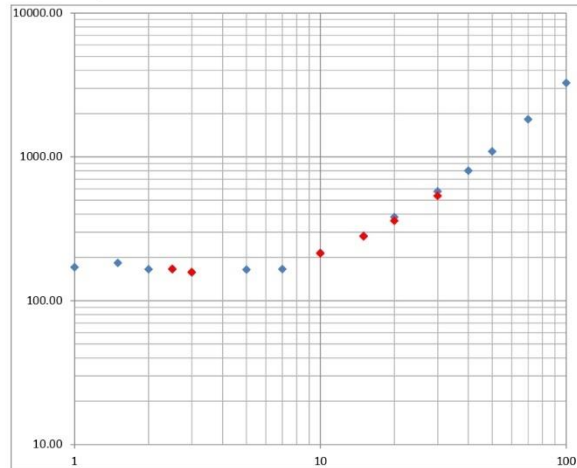
Coordenadas: X: 632924 Y: 9585170

Operador: ING. CLAUDEL GUERRERO

SEV: 1
Dirección: NO/SE

Configuración del arreglo medio-schlumberger (1 electrodo de corriente hacia el infinito)

AB/2	MN/2	K	$\Delta v/l$	ρ_a
1	0.5	4.71	36.253	170.84
1.5	0.5	12.57	14.566	183.04
2	0.5	23.56	7.0175	165.35
2.5	0.5	37.70	4.3755	164.95
2.5	1	16.49	10.092	166.45
3	0.5	54.98	2.8528	156.84
3	1	25.13	6.2861	157.99
5	1	75.40	2.1811	164.45
7	1	150.80	1.1002	165.91
10	1	311.02	0.69124	214.99
10	2.5	117.81	1.8092	213.14
15	1	703.72	0.40117	282.31
15	2.5	274.89	1.0185	279.97
20	2.5	494.80	0.77021	381.10
20	10	94.25	3.8136	359.42
30	2.5	1123.12	0.5125	575.60
30	10	251.33	2.1299	535.30
40	10	471.24	1.6993	800.78
50	10	753.98	1.4478	1091.62
70	10	1507.96	1.2095	1823.88
100	10	3110.18	1.0492	3263.20
150	10	3518.6		
200	10	6267.5		
250	10	9801.8		



Ing. Ovidio Castillo Jaramillo
LABORATORIO

Tele-fax: (07)2613699. Celular: 093883061-099692335-0980253180 Email: estsuelcon@gmail.com

Fecha: 5 de Agosto de 2022

SONDEO ELÉCTRICO VERTICAL ARREGLO SCHLUMBERGER



Proyecto: CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA GEOTÉCNICA DEL TRAMO DE LA VÍA SAN ROQUITO - BALSAS, CANTÓN BALSAS, PROVINCIA DE EL ORO

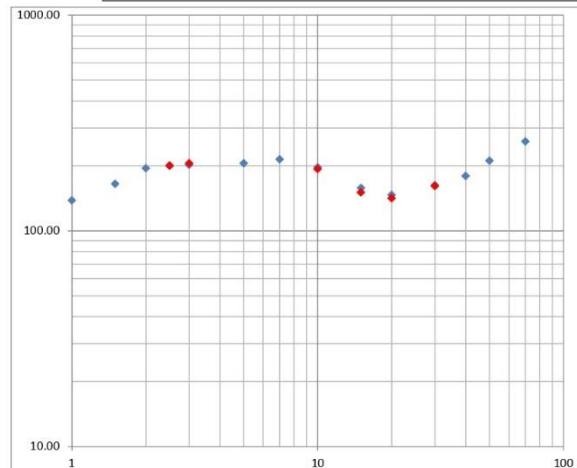
Solicita: SRTA. JHOSELYN MACHUCA

Coordenadas: X: 631335 Y: 9585147

Operador: ING. CLAUDEL GUERRERO

SEV: 2
Dirección: E/O

AB/2	MN/2	K	$\Delta v/l$	ρ_a
1	0.5	2.36	58.732	138.38
1.5	0.5	6.28	26.281	165.13
2	0.5	11.78	16.544	194.90
2.5	0.5	18.85	10.609	199.97
2.5	1	8.25	24.341	200.73
3	0.5	27.49	7.3508	202.07
3	1	12.57	16.351	205.47
5	1	37.70	5.45	205.46
7	1	75.40	2.8437	214.41
10	1	155.51	1.2673	197.08
10	2.5	58.90	3.2807	193.25
15	1	351.86	0.44845	157.79
15	2.5	137.44	1.097	150.78
20	2.5	247.40	0.59342	146.81
20	10	47.12	3.0024	141.48
30	2.5	561.56	0.2897	162.68
30	10	125.66	1.2836	161.30
40	10	235.62	0.76127	179.37
50	10	376.99	0.56016	211.18
70	10	753.98	0.344	259.37
100	10	1555.1		
150	10	3518.6		
200	10	6267.5		
250	10	9801.8		



Ing. Ovidio Castillo Jaramillo
LABORATORIO

Tele-fax: (07)2613699. Celular: 093883061-099692335-0980253180 Email: estsuelcon@gmail.com



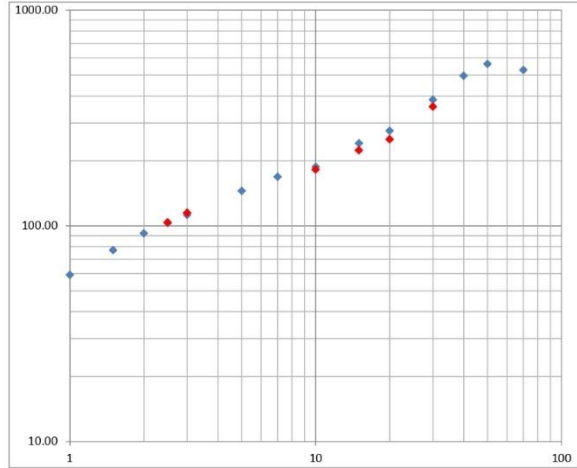
Fecha: 5 de Agosto de 2022

SONDEO ELÉCTRICO VERTICAL
ARREGLO SCHLUMBERGER



Proyecto: CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA GEOTÉCNICA DEL TRAMO DE LA VÍA SAN ROQUITO - BALSAS, CANTÓN BALSAS, PROVINCIA DE EL ORO
Solicita: SRTA. JHOSELYN MACHUCA
Coordenadas: X: 630785 Y: 9584966 SEV: 3
Operador: ING. CLAUDEL GUERRERO Dirección: NE/SO

AB/2	MN/2	K	$\Delta v/l$	ρ_s
1	0.5	2.36	25.123	59.19
1.5	0.5	6.28	12.28	77.16
2	0.5	11.78	7.8283	92.22
2.5	0.5	18.85	5.4595	102.91
2.5	1	8.25	12.572	103.68
3	0.5	27.49	4.0808	112.18
3	1	12.57	9.1487	114.97
5	1	37.70	3.8467	145.02
7	1	75.40	2.2378	168.73
10	1	155.51	1.2074	187.76
10	2.5	58.90	3.0932	182.20
15	1	351.86	0.68503	241.03
15	2.5	137.44	1.6301	224.05
20	2.5	247.40	1.1145	275.73
20	10	47.12	5.3455	251.90
30	2.5	561.56	0.6834	383.77
30	10	125.66	2.8372	356.53
40	10	235.62	2.103	495.51
50	10	376.99	1.4929	562.81
70	10	753.98	0.70007	527.84
100	10	1555.1		
150	10	3518.6		
200	10	6267.5		
250	10	9801.8		



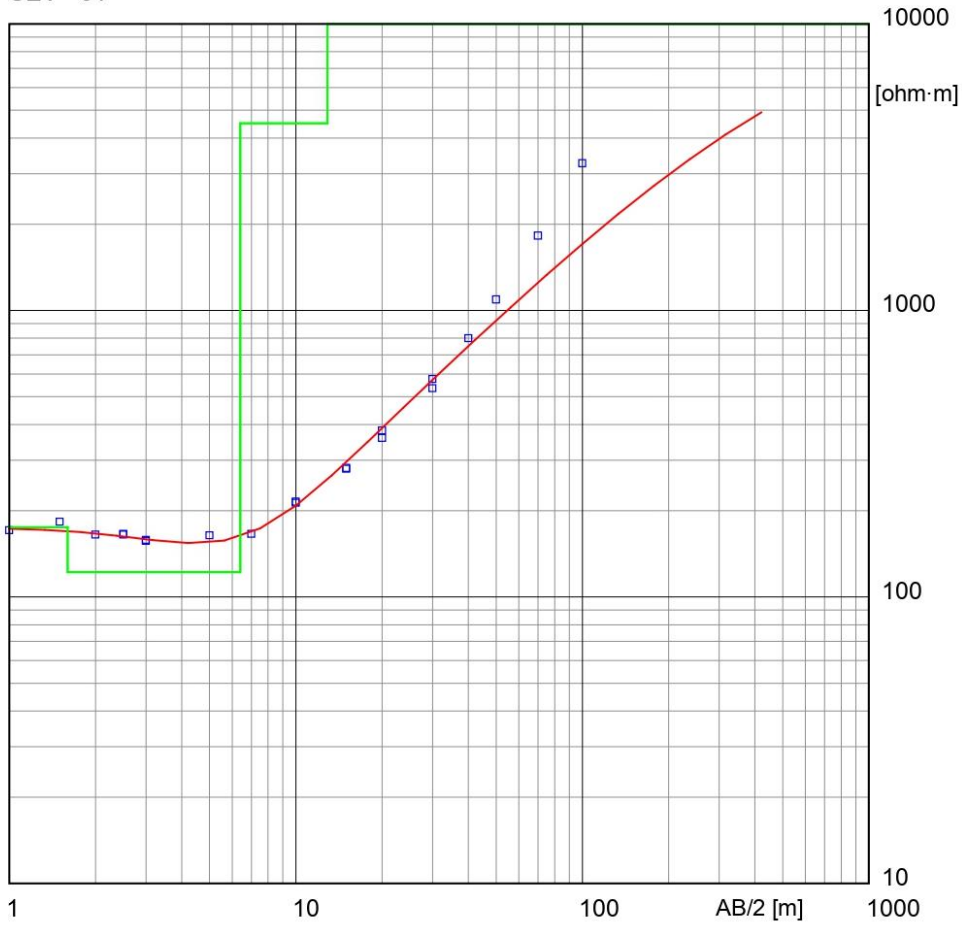
Ing. Ovidio Castillo Jaramillo
LABORATORIO

Tele-fax: (07)2613699. Celular: 093883061-099692335-0980253180 Email: estsuelcon@gmail.com



Sondeo eléctrico Schlumberger - SEV_01.WS3

SEV - 01



Ubicación del SEV X = 632924 Y = 9585170

Modelo

Resistividad	Espesor	Profundidad
[ohm-m]	[m]	[m]
175	1.6	
122	4.8	1.6
4500	6.5	6.4
10000		13

Arreglo medio-schlumberger (1 electrodo de corriente hacia el infinito)

W-GeoSoft / WinSev 6.4



Sondeo eléctrico Schlumberger - SEV_01.WS3

SEV - 01

Datos de campo y valores calculados

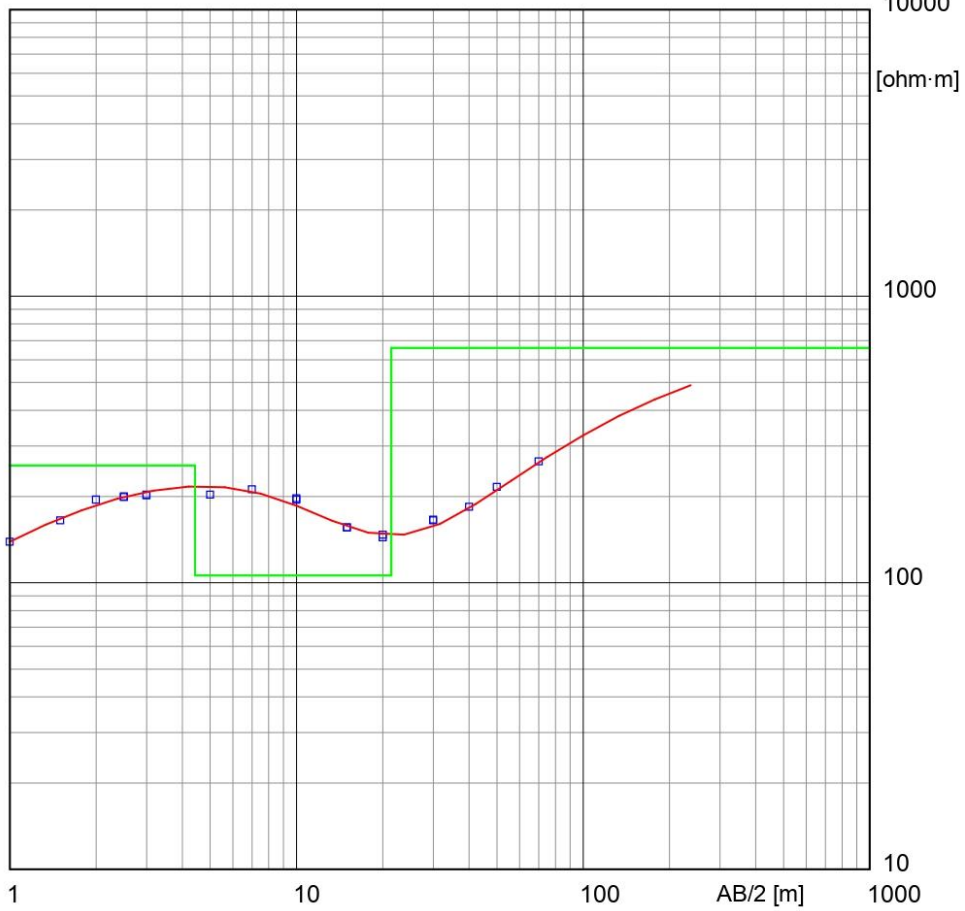
MN/2	AB/2	DeltaV	I	K	Resistividad
[m]	[m]	[mV]	[mA]	[-]	[ohm·m]
.5	1	36.253	1	4.71	171
.5	1.5	14.566	1	12.57	183
.5	2	7.0175	1	23.56	165
.5	2.5	4.3755	1	37.7	165
1	2.5	10.092	1	16.49	166
.5	3	2.8528	1	54.98	157
1	3	6.2861	1	25.13	158
1	5	2.1811	1	75.4	164
1	7	1.1002	1	151	166
1	10	.69124	1	311	215
2.5	10	1.8092	1	118	213
1	15	.40117	1	704	282
2.5	15	1.0185	1	275	280
2.5	20	.77021	1	495	381
10	20	3.8136	1	94.25	359
2.5	30	.5125	1	1123	576
10	30	2.1299	1	251	535
10	40	1.6993	1	471	800
10	50	1.4478	1	754	1092
10	70	1.2095	1	1508	1824
10	100	1.0492	1	3110	3263



Sondeo eléctrico Schlumberger - SEV_02.WS3

SEV_02

Empalmes compensados



Ubicación del SEV X = 632924 Y = 9585170

Modelo

Resistividad	Esesor	Profundidad
[ohm·m]	[m]	[m]
78	.33	.33
257	4.1	4.4
106	17	4.4
660		21

W-GeoSoft / WinSev 6.4



Sondeo eléctrico Schlumberger - SEV_02.WS3

SEV_02

Empalmes compensados

Datos de campo y valores calculados

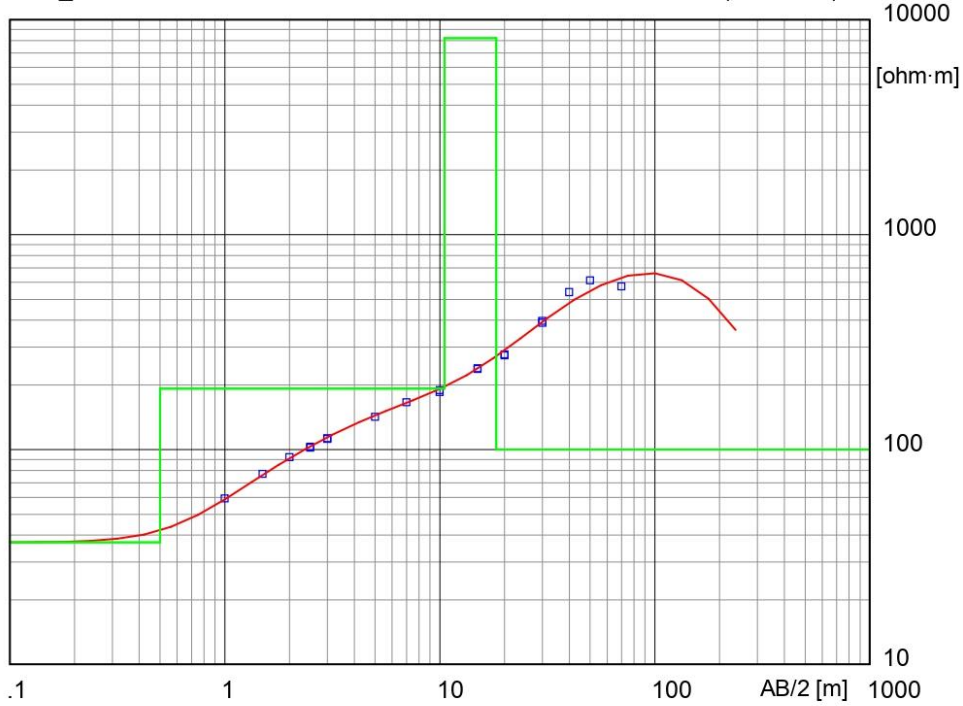
MN/2	AB/2	DeltaV	I	K	Resistividad
[m]	[m]	[mV]	[mA]	[-]	[ohm·m]
.5	1	58.732	1	2.36	139
.5	1.5	26.281	1	6.28	165
.5	2	16.544	1	11.78	195
.5	2.5	10.609	1	18.85	200
1	2.5	24.341	1	8.25	199
.5	3	7.3508	1	27.49	202
1	3	16.351	1	12.57	203
1	5	5.45	1	37.7	203
1	7	2.8437	1	75.4	212
1	10	1.2673	1	156	195
2.5	10	3.2807	1	58.9	197
1	15	.44845	1	352	156
2.5	15	1.097	1	137	156
2.5	20	.59342	1	247	147
10	20	3.0024	1	47.12	144
2.5	30	.2897	1	562	165
10	30	1.2836	1	126	166
10	40	.76127	1	236	184
10	50	.56016	1	377	216
10	70	.344	1	754	265



Sondeo eléctrico Schlumberger - SEV_03.WS3

SEV_03

Empalmes compensados

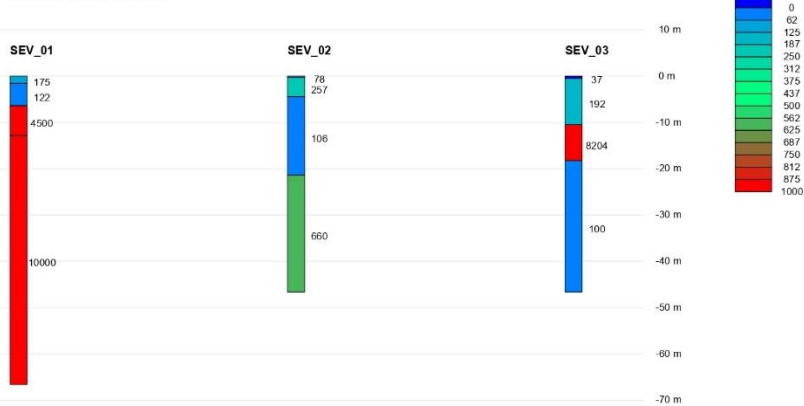


Ubicación del SEV X = 630785 Y = 9584966

Modelo

Resistividad [ohm·m]	Espesor [m]	Profundidad [m]
37	.5	
192	10	.5
8204	7.8	10
100		18

Perfiles Geoeléctricos





UNL

Universidad
Nacional
de Loja

Caracterización geológica geotécnica del tramo de la vía
San Roquito- Balsas, cantón Balsas,
provincia de El Oro

Sondeo eléctrico Schlumberger - SEV_03.WS3

SEV_03

Empalmes compensados

Datos de campo y valores calculados

MN/2	AB/2	DeltaV	I	K	Resistividad
[m]	[m]	[mV]	[mA]	[-]	[ohm·m]
.5	1	25.123	1	2.36	59.3
.5	1.5	12.28	1	6.28	77.1
.5	2	7.8283	1	11.78	92.2
.5	2.5	5.4595	1	18.85	103
1	2.5	12.572	1	8.25	102
.5	3	4.0808	1	27.49	112
1	3	9.1487	1	12.57	113
1	5	3.8467	1	37.7	142
1	7	2.2378	1	75.4	166
1	10	1.2074	1	156	185
2.5	10	3.0932	1	58.9	189
1	15	.685033	1	352	237
2.5	15	1.6301	1	137	239
2.5	20	1.1145	1	247	277
10	20	5.3455	1	47.12	274
2.5	30	.6834	1	562	397
10	30	2.8372	1	126	389
10	40	2.103	1	236	540
10	50	1.4929	1	377	613
10	70	.70007	1	754	574

W-GeoSoft / WinSev 6.4



Anexo 4. Ensayo de penetración estándar



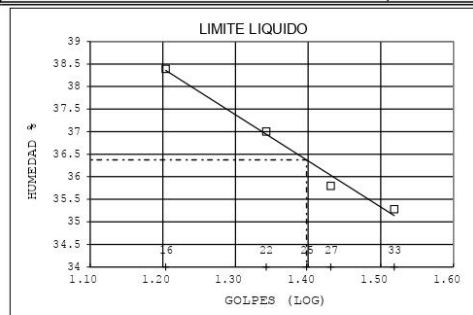
ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN

ASTM D2487-AASHTO 3282 - 2487

PROYECTO : CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA GEOTÉCNICA DEL TRAMO DE LA VÍA SAN ROQUITO - BALSAS, CANTÓN BALSAS, PROVINCIA DE EL ORO OBRA : MECÁNICA DE SUELOS UBICACIÓN : CANTÓN BALSAS, PROVINCIA DE EL ORO OPERADOR : D.O MUESTRA : POZO 1 FECHA : AGOSTO 2022 PROFUNDIDAD 1,00 m						
	GOLFES	W HM. (gr)	W SECO (gr)	W CAPS (gr)	w %	RESULTADO%
1.- CONTENIDO HUMEDAD		52.00 38.69	48.66 35.77	27.38 18.26	15.70 16.68	16.19
2.- LIM. LIQUIDO	33 27 22 16	30.79 29.79 29.39 23.12	27.53 26.74 26.50 20.26	18.29 18.22 18.69 12.81	35.28 35.80 37.00 38.39	36.37
3.- LIMITE PLASTICO		15.73 14.24	15.32 13.89	13.69 12.55	25.15 26.12	25.64
4.- GRANULOMETRIA	5.- CLASIFICACION.-					
PESO INICIAL DE CALCULO:	91.78 gr					
TAMIZ	PESO R (gr)	% R.A.	% PASA	GRAVA= 1.32 % ARENA= 50.50 % FINOS= 48.19 % LL = 36.00 % LP = 26.00 % IP = 10.00 % cu 129.08 cc 0.28		
1 1/2"	0.00	0.00	100	CLASIFICACION: SUCS = SM Arena limosa AASHTO= A-4 IG 0 Suelos limosos Regular a Pobre		
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	1.04	1.32	99			
No. 16	9.45	18.36	82			
No. 30	10.38	31.50	69			
No. 200	16.05	51.81	48			
COLOR : CAFÉ CLARO						



Ing. Ovidio Castillo J.
LABORATORIO



UNL

Universidad
Nacional
de Loja

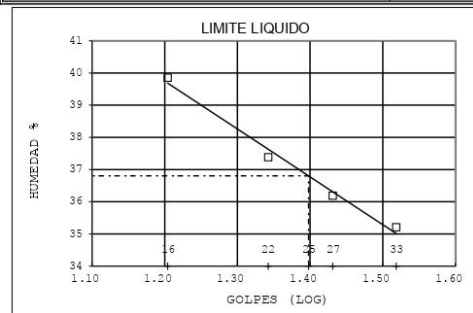
Caracterización geológica geotécnica del tramo de la vía
San Roquito- Balsas, cantón Balsas,
provincia de El Oro



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

ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN
ASTM D2487-AASHTO 3282 - 2487

PROYECTO : CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA GEOTÉCNICA DEL TRAMO DE LA VÍA SAN ROQUITO - BALSAS, CANTÓN BALSAS, PROVINCIA DE EL ORO						
OBRA : MECÁNICA DE SUELOS						
UBICACIÓN : CANTÓN BALSAS, PROVINCIA DE EL ORO						
OPERADOR : D.O			MUESTRA : POZO 1			
FECHA : AGOSTO 2022			PROFUNDIDAD 2.00 m			
	GOLFES	W HM. (gr)	W SECO (gr)	W CAPS (gr)	w %	RESULTADO%
1.- CONTENIDO HUMEDAD		39.30 42.68	35.85 38.52	18.57 17.92	19.97 20.19	20.08
2.- LIM. LIQUIDO	33 27 22 16	36.89 31.11 37.34 32.55	34.45 27.73 34.60 28.70	27.52 18.39 27.27 19.04	35.21 36.19 37.38 39.86	36.80
3.- LIMITE PLASTICO		24.01 17.65	23.18 16.85	19.89 13.64	25.19 24.92	25.06
4.- GRANULOMETRIA	5.- CLASIFICACION.-					
PESO INICIAL DE CALCULO:		149.09 gr				
TAMIZ	PESO R (gr)	% R.A.	% PASA	GRAVA= 0.00 %		
1 1/2"	0.00	0.00	100	ARENA= 56.23 %		
1"	0.00	0.00	100	FINOS= 43.77 %		
3/4"	0.00	0.00	100	LL = 37.00 %		
1/2"	0.00	0.00	100	LP = 25.00 %		
3/8"	0.00	0.00	100	IP = 12.00 %		
No. 4	0.00	0.00	100	cu 145.23		
No. 16	16.33	15.99	84	cc 0.36		
No. 30	24.70	35.88	64	CLASIFICACION:		
No. 200	25.26	56.23	44	SUCS = SM		
COLOR : CREMA	AASHTO= A-6 IG 1 Suelos arcillosos Regular a Pobre					



Ing. Ovidio Castillo J.
LABORATORIO

Teléfono: (07)2613699. Celular: 0993883061-0999692335-0980253180 Email: estsuelcon@gmail.com



UNL

Universidad Nacional de Loja

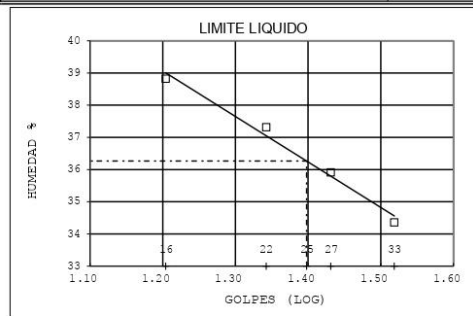
Caracterización geológica geotécnica del tramo de la vía San Roquito- Balsas, cantón Balsas, provincia de El Oro



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

ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN ASTM D2487-AASHTO 3282 - 2487

Table with project details, test results for moisture content, liquid limit, plastic limit, and grain size analysis. Includes columns for 'GOLFES', 'W HM. (gr)', 'W SECO (gr)', 'W CAPS (gr)', 'w %', and 'RESULTADO%'. Also includes a classification section with 'GRAVA=', 'ARENA=', 'FINOS=', 'LL =', 'LP =', 'IP =', 'cu', 'cc' and 'CLASIFICACION: SUCS = SM Arena limosa AASHTO= A-4 IG 0 Suelos limosos Regular a Pobre'.



Ing. Ovidio Castillo J. LABORATORIO



UNL

Universidad Nacional de Loja

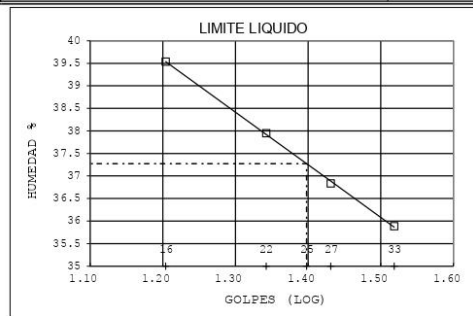
Caracterización geológica geotécnica del tramo de la vía San Roquito- Balsas, cantón Balsas, provincia de El Oro



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

ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN ASTM D2487-AASHTO 3282 - 2487

Table with project details, test results for moisture content, liquid limit, plastic limit, and grain size analysis. Includes classification results like SCS = SM and AASHTO = A-4.



Ing. Ovidio Castillo J. LABORATORIO



UNL

Universidad
Nacional
de Loja

Caracterización geológica geotécnica del tramo de la vía
San Roquito- Balsas, cantón Balsas,
provincia de El Oro



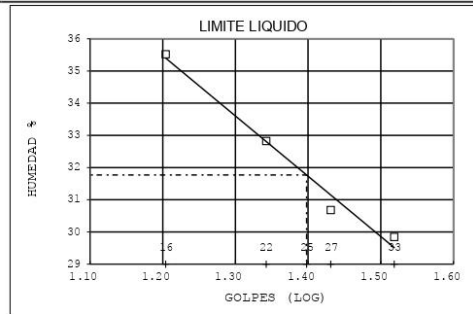
ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN

ASTM D2487-AASHTO 3282 - 2487

PROYECTO : CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA GEOTÉCNICA DEL TRAMO DE LA VÍA SAN ROQUITO - BALSAS, CANTÓN BALSAS, PROVINCIA DE EL ORO						
OBRA : MECÁNICA DE SUELOS						
UBICACIÓN : CANTÓN BALSAS, PROVINCIA DE EL ORO						
OPERADOR : D.O			MUESTRA : POZO 1			
FECHA : AGOSTO 2022			PROFUNDIDAD 5.00 m			
	GOLFES	W HM.(gr)	W SECO (gr)	W CAPS (gr)	w %	RESULTADO%
1.- CONTENIDO HUMEDAD		51.67 38.86	49.12 36.85	27.32 18.64	11.70 11.04	11.37
2.- LIM. LIQUIDO	33 27 22 16	31.32 27.11 28.20 29.83	28.50 25.03 25.84 26.85	19.05 18.25 18.65 18.46	29.84 30.68 32.82 35.52	31.77
3.- LIMITE PLASTICO		22.34 23.12	21.71 22.28	18.77 18.49	21.43 22.16	21.80
4.- GRANULOMETRIA	5.- CLASIFICACION.-					
PESO INICIAL DE CALCULO:		82.08 gr				
TAMIZ	PESO R (gr)	% R.A.	% PASA	GRAVA= 5.41 % ARENA= 56.93 % FINOS= 37.65 % LL = 32.00 % LP = 22.00 % IP = 10.00 % cu 189.48 cc 0.52		
1 1/2"	0.00	0.00	100	CLASIFICACION: SUCS = SC Arena arcillosa AASHTO= A-4 IG 0 Suelos limosos Regular a Pobre		
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	3.99	5.41	95			
No. 16	10.85	26.62	73			
No. 30	9.82	39.94	60			
No. 200	16.51	62.35	38			
COLOR : CAFÉ CLARO						



Ing. Ovidio Castillo J.
LABORATORIO



UNL

Universidad Nacional de Loja

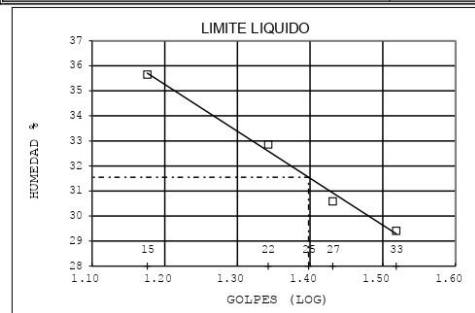
Caracterización geológica geotécnica del tramo de la vía San Roquito- Balsas, cantón Balsas, provincia de El Oro



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

ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN
ASTM D2487-AASHTO 3282 - 2487

PROYECTO : CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA GEOTÉCNICA DEL TRAMO DE LA VÍA SAN ROQUITO - BALSAS, CANTÓN BALSAS, PROVINCIA DE EL ORO OBRA : MECÁNICA DE SUELOS UBICACIÓN : CANTÓN BALSAS, PROVINCIA DE EL ORO OPERADOR : D.O MUESTRA : POZO 1 FECHA : AGOSTO 2022 PROFUNDIDAD 6.00 m						
	GOLFES	W HM.(gr)	W SECO (gr)	W CAPS (gr)	w %	RESULTADO%
1.- CONTENIDO HUMEDAD	41.06	38.95	18.72	10.43		10.32
	44.33	41.99	19.05	10.20		
2.- LIM. LIQUIDO	33	30.03	27.43	18.59	29.41	
	27	27.77	25.73	19.06	30.58	31.55
	22	38.55	35.76	27.27	32.86	
	15	29.01	26.24	18.47	35.65	
3.- LIMITE PLASTICO	28.74	27.97	24.56	22.58	22.58	22.47
	22.08	21.34	18.03	22.36	22.36	
4.- GRANULOMETRIA	5.- CLASIFICACION.-					
PESO INICIAL DE CALCULO:	78.81 gr					
TAMIZ	PESO R (gr)	% R.A.	% PASA	GRAVA= 1.79 % ARENA= 66.03 % FINOS= 32.18 % LL = 32.00 % LP = 22.00 % IP = 10.00 % cu 196.31 cc 1.09		
1 1/2"	0.00	0.00	100	CLASIFICACION: SUCS = SC Arena arcillosa AASHTO= A-2-4 IG 0 Grava o Arena limosa o arcillosa Excelente a Bueno		
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	1.28	1.79	98			
No. 16	12.46	27.87	72			
No. 30	12.89	45.91	54			
No. 200	15.65	67.82	32			
COLOR : CAFÉ CLARO						



Ing. Ovidio Castillo J.
LABORATORIO



UNL

Universidad
Nacional
de Loja

Caracterización geológica geotécnica del tramo de la vía
San Roquito- Balsas, cantón Balsas,
provincia de El Oro



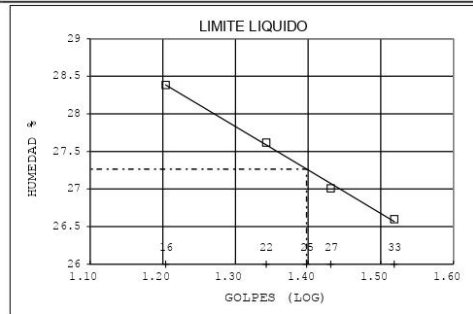
ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN

ASTM D2487-AASHTO 3282 - 2487

PROYECTO : CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA GEOTÉCNICA DEL TRAMO DE LA VÍA SAN ROQUITO - BALSAS, CANTÓN BALSAS, PROVINCIA DE EL ORO						
OBRA : MECÁNICA DE SUELOS						
UBICACIÓN : CANTÓN BALSAS, PROVINCIA DE EL ORO						
OPERADOR : D.O MUESTRA : POZO 2						
FECHA : AGOSTO 2022 PROFUNDIDAD 1.00 m						
	GOLFES	W HM.(gr)	W SECO (gr)	W CAPS (gr)	w %	RESULTADO%
1.- CONTENIDO HUMEDAD		43.19	36.60	18.04	35.51	35.14
		46.95	39.75	19.05	34.78	
2.- LIM. LIQUIDO	33	30.68	28.06	18.21	26.60	
	27	28.88	26.56	17.97	27.01	27.26
	22	38.75	36.27	27.29	27.62	
	16	43.01	39.55	27.36	28.38	
3.- LIMITE PLASTICO		21.60	21.09	18.13	17.23	17.30
		21.03	20.62	18.26	17.37	
4.- GRANULOMETRIA	5.- CLASIFICACION.-					
PESO INICIAL DE CALCULO:		83.48 gr				
TAMIZ	PESO R (gr)	% R.A.	% PASA	GRAVA= 22.76 %		
1 1/2"	0.00	0.00	100	ARENA= 58.13 %		
1"	0.00	0.00	100	FINOS= 19.10 %		
3/4"	0.00	0.00	100	LL = 27.00 %		
1/2"	0.00	0.00	100	LP = 17.00 %		
3/8"	0.00	0.00	100	IP = 10.00 %		
No. 4	14.06	22.76	77	cu 118.40		
No. 16	4.63	39.16	61	cc 2.32		
No. 30	7.44	51.21	49	CLASIFICACION:		
No. 200	18.34	80.90	19	SUCS = SC		
COLOR : ROJIZO	Arena arcillosa con grava AASHTO= A-2-4 IG 0 Grava o Arena limosa o arcillosa Excelente a Bueno					



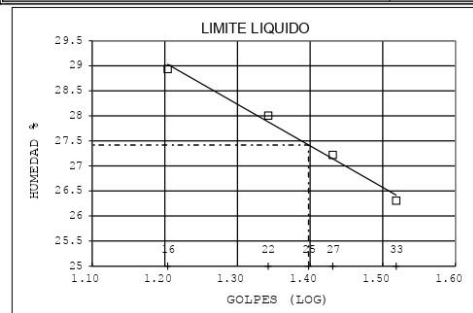
Ing. Ovidio Castillo J.
LABORATORIO



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

ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN
ASTM D2487-AASHTO 3282 - 2487

PROYECTO : CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA GEOTÉCNICA DEL TRAMO DE LA VÍA SAN ROQUITO - BALSAS, CANTÓN BALSAS, PROVINCIA DE EL ORO						
OBRA : MECÁNICA DE SUELOS						
UBICACIÓN : CANTÓN BALSAS, PROVINCIA DE EL ORO						
OPERADOR : D.O			MUESTRA : POZO 2			
FECHA : AGOSTO 2022			PROFUNDIDAD 2.00 m			
	GOLFES	W HM.(gr)	W SECO (gr)	W CAPS (gr)	w %	RESULTADO%
1.- CONTENIDO HUMEDAD		41.19 38.31	37.68 35.21	18.15 18.69	17.97 18.77	18.37
2.- LIM. LIQUIDO	33 27 22 16	31.38 32.67 30.79 30.85	28.71 29.48 28.11 28.13	18.56 17.76 18.54 18.73	26.31 27.22 28.00 28.94	27.42
3.- LIMITE PLASTICO		20.38 20.16	20.15 19.93	18.71 18.51	15.97 16.20	16.08
4.- GRANULOMETRIA	5.- CLASIFICACION.-					
PESO INICIAL DE CALCULO:		91.43 gr				
TAMIZ	PESO R (gr)	% R.A.	% PASA	GRAVA= 1.85 %		
1 1/2"	0.00	0.00	100	ARENA= 54.14 %		
1"	0.00	0.00	100	FINOS= 44.01 %		
3/4"	0.00	0.00	100	LL = 27.00 %		
1/2"	0.00	0.00	100	LP = 16.00 %		
3/8"	0.00	0.00	100	IP = 11.00 %		
No. 4	1.43	1.85	98	cu 78.02		
No. 16	2.87	8.58	91	cc 0.65		
No. 30	9.27	20.58	79	CLASIFICACION:		
No. 200	27.35	55.99	44	SUCS = SC		
COLOR : ROJIZO	AASHTO= A-6 IG 0					
				Arena arcillosa		
				Suelos arcillosos		
				Regular a Pobre		



Ing. Ovidio Castillo J.
LABORATORIO



UNL

Universidad
Nacional
de Loja

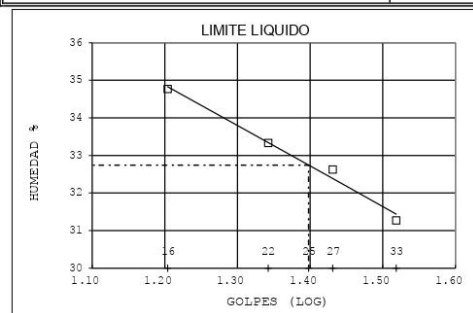
Caracterización geológica geotécnica del tramo de la vía
San Roquito- Balsas, cantón Balsas,
provincia de El Oro



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

ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN
ASTM D2487-AASHTO 3282 - 2487

PROYECTO : CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA GEOTÉCNICA DEL TRAMO DE LA VÍA SAN ROQUITO - BALSAS, CANTÓN BALSAS, PROVINCIA DE EL ORO						
OBRA : MECÁNICA DE SUELOS						
UBICACIÓN : CANTÓN BALSAS, PROVINCIA DE EL ORO						
OPERADOR : D.O			MUESTRA : POZO 2			
FECHA : AGOSTO 2022			PROFUNDIDAD 3.00 m			
	GOLFES	W HM. (gr)	W SECO (gr)	W CAPS (gr)	w %	RESULTADO%
1.- CONTENIDO HUMEDAD	30.97	30.30	18.16	5.52		
	46.42	45.45	27.12	5.29		5.41
2.- LIM. LIQUIDO	33	32.66	29.58	19.73	31.27	
	27	24.79	21.72	12.31	32.62	
	22	27.46	23.89	13.18	33.33	32.74
	16	24.76	21.93	13.79	34.77	
3.- LIMITE PLASTICO	15.47	15.03	13.39	26.83		
	14.67	14.29	12.89	27.14		26.99
4.- GRANULOMETRIA	5.- CLASIFICACION.-					
PESO INICIAL DE CALCULO:		40.87 gr				
TAMIZ	PESO R (gr)	% R.A.	% PASA	GRAVA= 24.81 %		
1 1/2"	0.00	0.00	100	ARENA= 44.39 %		
1"	0.00	0.00	100	FINOS= 30.80 %		
3/4"	0.00	0.00	100	LL = 33.00 %		
1/2"	0.00	0.00	100	LP = 27.00 %		
3/8"	0.00	0.00	100	IP = 6.00 %		
No. 4	9.62	24.81	75	cu 277.32		
No. 16	2.64	39.25	61	cc 0.98		
No. 30	3.61	48.56	51	CLASIFICACION:		
No. 200	8.00	69.20	31	SUCS = SM		
COLOR : CAFÉ CLARO	Arena limosa con grava					
	AASHTO= A-2-4 IG 0					
	Grava o Arena limosa o arcillosa					
	Excelente a Bueno					



Ing. Ovidio Castillo J.
LABORATORIO

Teléfono: (07)2613699. Celular: 0993883061-0999692335-0980253180 Email: estsuelcon@gmail.com



UNL

Universidad Nacional de Loja

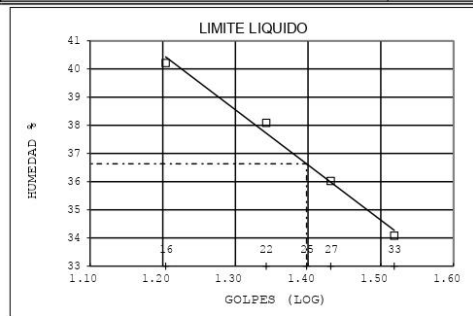
Caracterización geológica geotécnica del tramo de la vía San Roquito- Balsas, cantón Balsas, provincia de El Oro



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

ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN ASTM D2487-AASHTO 3282 - 2487

Table with project details, test results for moisture content, liquid limit, plastic limit, and grain size analysis. Includes classification results: SUCS = SM, AASHTO = A-2-4 IG 0.



Ing. Ovidio Castillo J. LABORATORIO



UNL

Universidad
Nacional
de Loja

Caracterización geológica geotécnica del tramo de la vía
San Roquito- Balsas, cantón Balsas,
provincia de El Oro



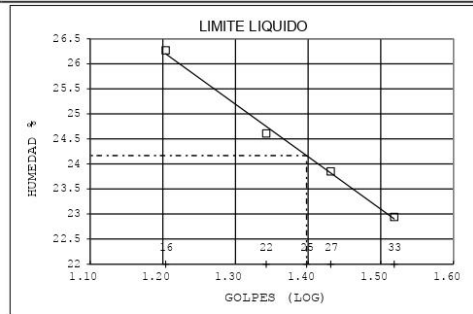
ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN

ASTM D2487-AASHTO 3282 - 2487

PROYECTO : CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA GEOTÉCNICA DEL TRAMO DE LA VÍA SAN ROQUITO - BALSAS, CANTÓN BALSAS, PROVINCIA DE EL ORO						
OBRA : MECÁNICA DE SUELOS						
UBICACIÓN : CANTÓN BALSAS, PROVINCIA DE EL ORO						
OPERADOR : D.O MUESTRA : POZO 2						
FECHA : AGOSTO 2022 PROFUNDIDAD 5.00 m						
	GOLFES	W HM.(gr)	W SECO (gr)	W CAPS (gr)	w %	RESULTADO%
1.- CONTENIDO HUMEDAD		31.32 32.93	29.37 30.86	17.78 18.85	16.82 17.24	17.03
2.- LIM. LIQUIDO	33 27 22 16	29.02 29.68 28.22 42.38	27.01 27.50 26.34 39.53	18.26 18.36 18.70 28.68	22.94 23.85 24.61 26.27	24.17
3.- LIMITE PLASTICO		20.57 29.45	20.23 29.09	18.58 27.37	20.61 20.93	20.77
4.- GRANULOMETRIA	5.- CLASIFICACION.-					
PESO INICIAL DE CALCULO:		101.60 gr				
TAMIZ	PESO R (gr)	% R.A.	% PASA	GRAVA= 5.26 % ARENA= 50.03 % FINOS= 44.71 % LL = 24.00 % LP = 21.00 % IP = 3.00 % cu 106.08 cc 0.45		
1 1/2"	0.00	0.00	100	CLASIFICACION: SUCS = SM Arena limosa AASHTO= A-4 IG 0 Suelos limosos Regular a Pobre		
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	4.57	5.26	95			
No. 16	4.82	14.23	86			
No. 30	12.35	28.45	72			
No. 200	23.30	55.29	45			
COLOR : ROJIZO						



Ing. Ovidio Castillo J.
LABORATORIO



UNL

Universidad
Nacional
de Loja

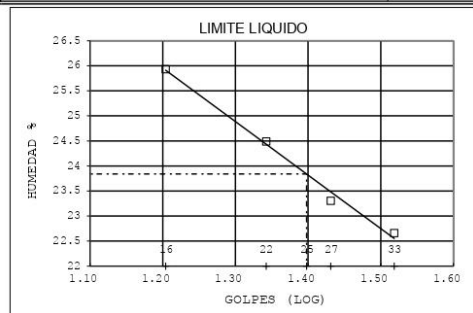
Caracterización geológica geotécnica del tramo de la vía
San Roquito- Balsas, cantón Balsas,
provincia de El Oro



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

ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN
ASTM D2487-AASHTO 3282 - 2487

PROYECTO : CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA GEOTÉCNICA DEL TRAMO DE LA VÍA SAN ROQUITO - BALSAS, CANTÓN BALSAS, PROVINCIA DE EL ORO						
OBRA : MECÁNICA DE SUELOS						
UBICACIÓN : CANTÓN BALSAS, PROVINCIA DE EL ORO						
OPERADOR : D.O MUESTRA : POZO 2						
FECHA : AGOSTO 2022 PROFUNDIDAD 6.00 m						
	GOLFES	W HM.(gr)	W SECO (gr)	W CAPS (gr)	w %	RESULTADO%
1.- CONTENIDO HUMEDAD		43.01	39.73	18.64	15.55	15.14
		47.18	44.66	27.55	14.73	
2.- LIM. LIQUIDO	33	31.90	29.48	18.80	22.66	
	27	29.64	27.41	17.84	23.30	23.84
	22	30.37	27.98	18.22	24.49	
	16	28.76	26.60	18.27	25.93	
3.- LIMITE PLASTICO		21.75	21.35	19.13	18.02	18.00
		19.60	19.26	17.37	17.99	
4.- GRANULOMETRIA	5.- CLASIFICACION.-					
PESO INICIAL DE CALCULO:	78.41 gr					
TAMIZ	PESO R (gr)	% R.A.	% PASA	GRAVA=	1.84 %	
1 1/2"	0.00	0.00	100	ARENA=	62.88 %	
1"	0.00	0.00	100	FINOS=	35.29 %	
3/4"	0.00	0.00	100	LL =	24.00 %	
1/2"	0.00	0.00	100	LP =	18.00 %	
3/8"	0.00	0.00	100	IP =	6.00 %	
No. 4	1.25	1.84	98	cu	94.91	
No. 16	3.25	10.72	89	cc	1.41	
No. 30	9.96	25.35	75	CLASIFICACION:		
No. 200	26.81	64.71	35	SUCS = SC-SM		
COLOR : ROJIZO	Arena limosa y arcillosa					
	AASHTO= A-4 IG 0					
	Suelos limosos					
	Regular a Pobre					



Ing. Ovidio Castillo J.
LABORATORIO

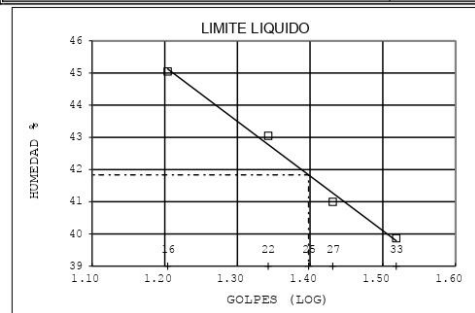
Teléfono: (07)2613699. Celular: 0993883061-0999692335-0980253180 Email: estsuelcon@gmail.com



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

ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN
ASTM D2487-AASHTO 3282 - 2487

PROYECTO : CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA GEOTÉCNICA DEL TRAMO DE LA VÍA SAN ROQUITO - BALSAS, CANTÓN BALSAS, PROVINCIA DE EL ORO						
OBRA : MECÁNICA DE SUELOS						
UBICACIÓN : CANTÓN BALSAS, PROVINCIA DE EL ORO						
OPERADOR : D.O			MUESTRA : POZO 3			
FECHA : AGOSTO 2022			PROFUNDIDAD 1.00 m			
	GOLFES	W HM. (gr)	W SECO (gr)	W CAPS (gr)	w %	RESULTADO%
1.- CONTENIDO HUMEDAD	42.46	39.11	18.74	16.45		16.77
	43.77	40.18	19.19	17.10		
2.- LIM. LIQUIDO	33	28.44	25.49	18.09	39.86	
	27	28.34	25.38	18.16	41.00	41.83
	22	35.24	32.30	25.47	43.05	
	16	37.78	33.96	25.48	45.05	
3.- LIMITE PLASTICO	20.67	20.12	18.00	25.94		25.65
	29.08	28.73	27.35	25.36		
4.- GRANULOMETRIA	5.- CLASIFICACION.-					
PESO INICIAL DE CALCULO:		94.70 gr				
TAMIZ	PESO R (gr)	% R.A.	% PASA	GRAVA= 0.00 %		
1 1/2"	0.00	0.00	100	ARENA= 36.23 %		
1"	0.00	0.00	100	FINOS= 63.77 %		
3/4"	0.00	0.00	100	LL = 42.00 %		
1/2"	0.00	0.00	100	LP = 26.00 %		
3/8"	0.00	0.00	100	IP = 16.00 %		
No. 4	0.00	0.00	100	cu 29.52		
No. 16	3.89	5.22	95	cc 0.51		
No. 30	8.47	15.66	84	CLASIFICACION:		
No. 200	16.68	36.23	64	SUCS = ML		
COLOR : ROJIZO	Limo arenoso					
	AASHTO= A-7-6 IG 3					
	Suelos arcillosos					
	Regular a Pobre					



Ing. Ovidio Castillo J.
LABORATORIO



UNL

Universidad
Nacional
de Loja

Caracterización geológica geotécnica del tramo de la vía
San Roquito- Balsas, cantón Balsas,
provincia de El Oro



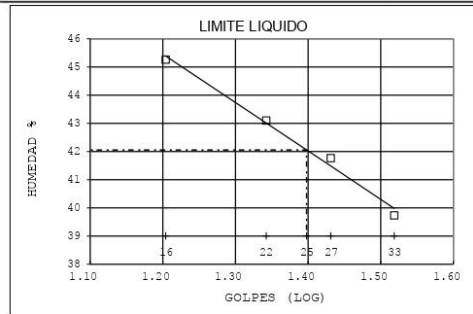
ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN

ASTM D2487-AASHTO 3282 - 2487

PROYECTO : CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA GEOTÉCNICA DEL TRAMO DE LA VÍA SAN ROQUITO - BALSAS, CANTÓN BALSAS, PROVINCIA DE EL ORO OBRA : MECÁNICA DE SUELOS UBICACIÓN : CANTÓN BALSAS, PROVINCIA DE EL ORO OPERADOR : D.O MUESTRA : POZO 3 FECHA : AGOSTO 2022 PROFUNDIDAD 2.00 m						
	GOLFES	W HM.(gr)	W SECO (gr)	W CAPS (gr)	w %	RESULTADO%
1.- CONTENIDO HUMEDAD		56.72 49.25	53.04 45.99	17.83 18.80	10.45 11.99	11.22
2.- LIM. LIQUIDO	33 27 22 16	28.78 29.73 30.92 26.51	25.86 26.51 27.11 23.98	18.51 18.80 18.27 18.39	39.73 41.76 43.10 45.26	42.05
3.- LIMITE PLASTICO		19.83 19.77	19.44 19.46	17.82 18.19	24.07 24.41	24.24
4.- GRANULOMETRIA	5.- CLASIFICACION.-					
PESO INICIAL DE CALCULO:	77.61 gr					
TAMIZ	PESO R (gr)	% R.A.	% PASA	GRAVA= 6.49 % ARENA= 53.05 % FINOS= 40.46 % LL = 42.00 % LP = 24.00 % IP = 18.00 % cu 87.31 cc 0.82		
1 1/2"	0.00	0.00	100	CLASIFICACION: SUCS = SC Arena arcillosa AASHTO= A-7-6 IG 2 Suelos arcillosos Regular a Pobre		
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	4.53	6.49	94			
No. 16	5.38	15.96	84			
No. 30	8.27	27.82	72			
No. 200	22.14	59.54	40			
COLOR : ROJIZO						



Ing. Ovidio Castillo J.
LABORATORIO



UNL

Universidad
Nacional
de Loja

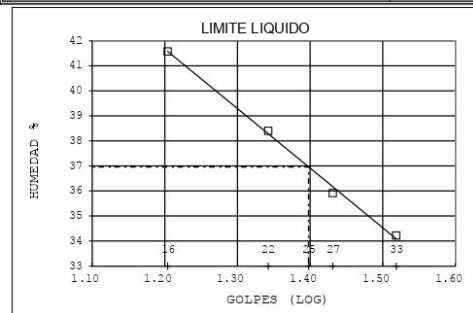
Caracterización geológica geotécnica del tramo de la vía
San Roquito- Balsas, cantón Balsas,
provincia de El Oro



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

ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN
ASTM D2487-AASHTO 3282 - 2487

PROYECTO : CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA GEOTÉCNICA DEL TRAMO DE LA VÍA SAN ROQUITO - BALSAS, CANTÓN BALSAS, PROVINCIA DE EL ORO						
OBRA : MECÁNICA DE SUELOS						
UBICACIÓN : CANTÓN BALSAS, PROVINCIA DE EL ORO						
OPERADOR : D.O			MUESTRA : POZO 3			
FECHA : AGOSTO 2022			PROFUNDIDAD 3.00 m			
	GOLFES	W HM.(gr)	W SECO (gr)	W CAPS (gr)	w %	RESULTADO%
1.- CONTENIDO HUMEDAD		34.24 30.98	32.57 29.76	18.40 19.05	11.79 11.39	11.59
2.- LIM. LIQUIDO	33 27 22 16	27.65 29.57 30.00 29.46	25.34 26.51 26.82 26.23	18.59 17.99 18.54 18.46	34.22 35.92 38.41 41.57	36.96
3.- LIMITE PLASTICO		21.52 20.72	20.91 20.13	18.65 17.90	26.99 26.46	26.72
4.- GRANULOMETRIA	5.- CLASIFICACION.-					
PESO INICIAL DE CALCULO:		75.61 gr				
TAMIZ	PESO R (gr)	% R.A.	% PASA	GRAVA= 6.83 %		
1 1/2"	0.00	0.00	100	ARENA= 54.95 %		
1"	0.00	0.00	100	FINOS= 38.22 %		
3/4"	0.00	0.00	100	LL = 37.00 %		
1/2"	0.00	0.00	100	LP = 27.00 %		
3/8"	0.00	0.00	100	IP = 10.00 %		
No. 4	4.63	6.83	93	cu 88.30		
No. 16	5.28	16.59	83	cc 1.04		
No. 30	8.37	28.94	71	CLASIFICACION:		
No. 200	22.25	61.78	38	SUCS = SM		
COLOR : CAFÉ CLARO	AASHTO= A-4 IG 0 Suelos limosos Regular a Pobre					



Ing. Ovidio Castillo J.
LABORATORIO



UNL

Universidad
Nacional
de Loja

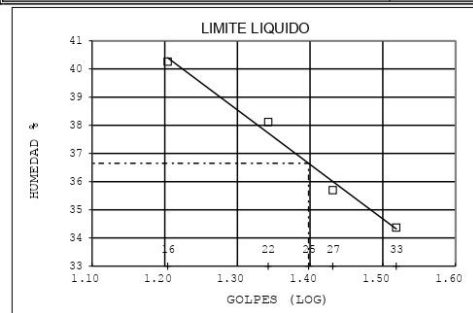
Caracterización geológica geotécnica del tramo de la vía
San Roquito- Balsas, cantón Balsas,
provincia de El Oro



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

ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN
ASTM D2487-AASHTO 3282 - 2487

PROYECTO : CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA GEOTÉCNICA DEL TRAMO DE LA VÍA SAN ROQUITO - BALSAS, CANTÓN BALSAS, PROVINCIA DE EL ORO						
OBRA : MECÁNICA DE SUELOS						
UBICACIÓN : CANTÓN BALSAS, PROVINCIA DE EL ORO						
OPERADOR : D.O MUESTRA : POZO 3						
FECHA : AGOSTO 2022 PROFUNDIDAD 4.00 m						
	GOLFES	W HM. (gr)	W SECO (gr)	W CAPS (gr)	w %	RESULTADO%
1.- CONTENIDO HUMEDAD		38.46 46.28	36.95 44.17	18.22 18.26	8.06 8.14	8.10
2.- LIM. LIQUIDO	33 27 22 16	28.70 29.01 30.34 27.98	26.16 25.94 27.10 25.17	18.77 17.34 18.60 18.19	34.37 35.70 38.12 40.26	36.65
3.- LIMITE PLASTICO		21.86 20.96	21.25 20.44	19.03 18.52	27.48 27.08	27.28
4.- GRANULOMETRIA	5.- CLASIFICACION.-					
PESO INICIAL DE CALCULO:		77.61 gr				
TAMIZ	PESO R (gr)	% R.A.	% PASA	GRAVA= 6.45 %		
1 1/2"	0.00	0.00	100	ARENA= 51.43 %		
1"	0.00	0.00	100	FINOS= 42.13 %		
3/4"	0.00	0.00	100	LL = 37.00 %		
1/2"	0.00	0.00	100	LP = 27.00 %		
3/8"	0.00	0.00	100	IP = 10.00 %		
No. 4	4.63	6.45	94	cu 84.73		
No. 16	5.28	15.52	84	cc 0.71		
No. 30	8.27	27.04	73	CLASIFICACION:		
No. 200	22.14	57.87	42	SUCS = SM		
COLOR : CAFÉ CLARO	AASHTO= A-4 IG 0 Arena limosa Suelos limosos Regular a Pobre					



Ing. Ovidio Castillo J.
LABORATORIO

Teléfono: (07)2613699. Celular: 0993883061-0999692335-0980253180 Email: estsuelcon@gmail.com

Anexo 5. Fichas de descripción geomecánica del macizo rocoso

PROYECTO:		CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA GEOTÉCNICA DEL TRAMO DE LA VÍA SAN ROQUITO- BALSAS, CANTÓN BALSAS, PROVINCIA DE EL ORO.				ZONA:		7		HOJA/PLANO:		1-ene		
REALIZADO POR:		Joselyn Andrea Machuca Valarezo				LOCALIZACIÓN:		Abs. 1+717		FOTOS:		1-2		
FECHA:		12/10/2022												
LITOLOGÍA	NATURALEZA: Roca metamórfica				POTENCIA: 63,72m		FORMACIÓN Y EDAD: Unidad Plutón de Marcabelf							
FORMACIONES SUPERFICIALES	NATURALEZA Y TEXTURA: Esquisto, de textura foliada				MORFOLOGÍA: Afloramiento antrópico				ESPESOR: 54					
ESTRUCTURA	PLIEGUES		FALLAS		OTROS: Familias de Juntas									
FRAGMENTACIÓN	BLOQUES Jv Juntas/m ³		Muy Grandes <1		Grandes 1-3		Medios 3-10		Pequeños 10-30		Muy Pequeños >30		Muy brechificado >60	
RESISTENCIA DE MATRIZ ROCOSA	Extremadam 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		Extremadam Dura (Sólo raya con martillo) 6	
GRADOS DE METEORIZACION	I Inalterada (6)		II Ligeramente alterada (5)		III Moderadamente alterada (3)		IV Muy alterada (1)		V Compl meteorizada (0)		VI Suelo residual (0)			
HIDROGEOLOGÍA	Sin presencia de agua		Seco (sin señales de agua)		Húmedo		Goteos		Flujo		CAUDAL ESTIMADO:			
MUESTRAS									OBSERVACIONES: Posee cobertura vegetal en la parte superior.					
ESTACIÓN NRO. 1						ESTACIÓN NRO. 2								



Anexo 6. Mapas temáticos del área de estudio

Anexo. 6.1: Ubicación de la vía San Roquito- Balsas

Anexo. 6.2: Topografía de la vía San Roquito- Balsas, abscisa 0+000 a 1+000

Anexo. 6.3: Topografía de la vía San Roquito- Balsas, abscisa 1+000 a 2+000

Anexo. 6.4: Topografía de la vía San Roquito- Balsas, abscisa 2+000 a 3+146

Anexo. 6.5: Geomorfología de la vía San Roquito- Balsas, abscisa 0+000 a 1+000

Anexo. 6.6: Geomorfología de la vía San Roquito- Balsas, abscisa 1+000 a 2+000

Anexo. 6.7: Geomorfología de la vía San Roquito- Balsas, abscisa 2+000 a 3+146

Anexo. 6.8: Pendientes de la vía San Roquito- Balsas, abscisa 0+000 a 1+000

Anexo. 6.9: Pendientes de la vía San Roquito- Balsas, abscisa 1+000 a 2+000

Anexo. 6.10: Pendientes de la vía San Roquito- Balsas, abscisa 2+000 a 3+146

Anexo. 6.11: Geología local de la vía San Roquito- Balsas, abscisa 0+000 a 1+000

Anexo. 6.12: Geología local de la vía San Roquito- Balsas, abscisa 1+000 a 2+000

Anexo. 6.13: Geología local de la vía San Roquito- Balsas, abscisa 2+000 a 3+146

(Ubicados en el CD-R N°1)



unl

Universidad
Nacional
de Loja

*Caracterización geológica geotécnica del tramo de la vía
San Roquito- Balsas, cantón Balsas,
provincia de El Oro*

Anexo 7. Certificado de traducción de resumen

Loja, 02 de junio del 2023

Yo, Nataly Giovanna Oviedo Guado, con documento de identidad Nro. **0604111930**, magister en Pedagogía del Inglés como Lengua extranjera N° de registro 1027-2021-2379576

CERTIFICO:

Que el documento aquí compuesto es fiel a la traducción del idioma español al idioma inglés de un resumen del Trabajo de Titulación el cual se realizó en base a los documentos originales entregados por el autor de la misma la Srta. **JOSELYN ANDREA MACHUCA VALAREZO**, con cedula identidad Nro. **0705281558**, con el tema denominado “Caracterización geológica geotécnica del tramo de la vía San Roquito- Balsas, cantón Balsas, provincia de El Oro”, traducción que servirán para fines personales de uso del cliente.

Lo certifico en honor a la verdad, y, a su vez autorizo al interesado a hacer uso del presente para los fines que considere pertinentes.

Nataly Giovanna Oviedo Guado

C.I: 0604111930