



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 de la vía Zaruma – Roma, Tramo Pillacela-Roma, Cantón Zaruma, Provincia de el Oro.

Trabajo de Titulación
previo, a la obtención del
título de Ingeniero en
Geología Ambiental y
Ordenamiento Territorial.

AUTOR:

Jimmy Leodan Narváez Pineda

DIRECTOR:

Ing. Fernando Javier Rengel Jiménez Mg. Sc.

Loja – Ecuador

2024



Certificación

Loja, 08 de septiembre de 2023

Ingeniero Fernando Javier Rengel Jiménez, 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 de la vía Zaruma – Roma, Tramo Pillacela-Roma, Cantón Zaruma, Provincia de el Oro.**, previo a la obtención del título de **Ingeniero en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial**, de autoría de la estudiante **Jimmy Leodan Narváez Pineda**, con **cédula de identidad N° 1106159120**, 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. Fernando Javier Rengel Jimenez, Mg. Sc.

DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN



unl

Universidad
Nacional
de Loja

*Caracterización Geológica Geotécnica de la
vía Zaruma – Roma, Tramo Pillacela-Roma, Cantón
Zaruma, Provincia de el Oro*

Autoría

Yo, **Jimmy Leodan Narváez Pineda**, declaro ser autor del presente Trabajo de Titulación y eximo a la Universidad Nacional de Loja y 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: 1106159120

Fecha: 31 de enero del 2024

Correo electrónico: jimmy.narvaez@unl.edu.ec

Teléfono: 0985434647



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

Yo, **Jimmy Leodan Narváez Pineda**, declaro ser autor del Trabajo de Titulación denominado: **Caracterización Geológica Geotécnica de la vía Zaruma – Roma, Tramo Pillacela-Roma, Cantón Zaruma, Provincia de el Oro.**, como requisito para optar al título de: **Ingeniero 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 las cuales tenga convenio la Universidad.

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

Para constancia de esta autorización, suscribo, en la ciudad de Loja, a los veintinueve días del mes de enero del dos mil veinticuatro.

Firma:

Autor: Jimmy Leodan Narvaez Pineda

Cédula: 1106159120

Dirección: Loja (San Cayetano)

Correo electrónico: jimmy.narvaez@unl.edu.ec

Teléfono: 0985434647

DATOS COMPLEMENTARIOS:

Director del Trabajo de Titulación: Ing. Fernando Javier Rengel Jimenez Mg. Sc.



unl

Universidad
Nacional
de Loja

*Caracterización Geológica Geotécnica de la
vía Zaruma – Roma, Tramo Pillacela-Roma, Cantón
Zaruma, Provincia de el Oro*

Dedicatoria

Dedico el presente trabajo de investigación principalmente a Dios, ya que, gracias a su guía y sabiduría, me permitió seguir adelante, incluso en los momentos más duros de afrontar en este proceso.

A mi amada abuelita, quien desde el cielo ha sido mi guía y mi fuente de inspiración constante. Tu amor y sabiduría perduran en mi corazón y han dejado una huella imborrable en mi vida.

A mis queridos padres, Inés y Miguel, quienes con su apoyo incondicional y su bendición me permitieron la culminación de mis estudios universitarios.

Por último, pero no menos importante, a mis familiares y amigos que estuvieron alentándome para cumplir esta meta.

Jimmy Leodan Narváez Pineda



unl

Universidad
Nacional
de Loja

*Caracterización Geológica Geotécnica de la
vía Zaruma – Roma, Tramo Pillacela-Roma, Cantón
Zaruma, Provincia de el Oro*

Agradecimiento

Expreso mis más sinceros agradecimientos a la Universidad Nacional de Loja, Facultad de Energía y los Recursos Naturales no Renovables y a la Carrera de Ingeniería en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial, por haber sido mi guía y mi fuente de conocimientos durante toda mi carrera universitaria. Su excelencia académica y compromiso estudiantil han sido fundamentales en mi desarrollo académico.

A mi director del Trabajo de Titulación Ing. Fernando Rengel Mg. Sc, por cada aporte valioso, paciencia y orientación brindada que contribuyeron a la culminación de mi Trabajo de Titulación.

Agradezco de manera especial a mi novia por su apoyo, amor y confianza, lo cual ha sido mi fuente de inspiración durante mi formación académica.

Por último, deseo expresar mi más profundo agradecimiento a mis padres, familiares y compañeros, sobre todo a mi tía Pilar, por su apoyo constante, consejos y paciencia inquebrantable, en los momentos más difíciles, ella estuvo allí, tendiéndome la mano y brindándome un apoyo incondicional.

Jimmy Leodan Narváez Pineda



Índice de Contenidos

Portada	i
Certificación	ii
Autoría	iii
Dedicatoria	v
Agradecimiento	vi
Índice de Contenidos	vii
Índice de Tablas:	x
Índice de Figuras:.....	xii
Índice de Anexos:	xiv
1. Título	1
2. Resumen	2
Abstract.....	3
3. Introducción	4
4. Marco Teórico	6
4.1. Topografía	6
4.2. Levantamiento topográfico.....	6
4.3. Equipos utilizados para mediciones topográficas.....	6
4.3.1. Estación Total.....	6
4.3.2. Dron.....	7
4.3.3. Planimetría y Altimetría	7
4.4. Curvas de Nivel	8
4.4.1. Curvas principales o directrices	8
4.4.2. Curvas intermedias.....	8
4.5. Poligonales.....	8
4.5.1. Clasificación.....	8
4.6. Geología.....	9
4.6.1. Roca.....	9
4.6.2. Geología Estructural.....	10
4.6.3. Levantamiento Geológico	13
4.7. Geomorfología.....	14
4.8. Movimientos en Masa	14
4.8.1. Tipo de movimiento en masa	15



4.8.2.	Deslizamientos	16
4.9.	Geotecnia	19
4.9.1.	Caracterización geotecnia del terreno	19
4.9.2.	Mecánica de Suelos	21
4.9.3.	Estabilidad de taludes	23
4.9.4.	Factor de Seguridad	23
5.	Mtodología	25
5.1.	Materiales	25
5.2.	Métodos	25
5.3.	Descripción del área de estudio	26
5.3.1.	Ubicación	26
5.3.2.	Acceso	27
5.4.	Descripción física del Área de Estudio	27
5.4.1.	Información Climática	27
5.4.2.	Hidrografía	28
5.4.3.	Geomorfología	29
5.4.4.	Geología Regional	34
5.5.	Metodología para el primer objetivo	36
5.5.1.	Topografía	37
5.5.2.	Mapa de Pendientes	39
5.5.3.	Levantamiento Geológico	39
5.5.4.	Levantamiento y reconocimiento de deslizamientos	41
5.6.	Metodología para el segundo objetivo	42
5.6.1.	Propiedades Físico-Mecánicas de los materiales	42
5.6.2.	Exploración Geotécnica	46
5.7.	Metodología para el tercer objetivo	52
5.7.1.	Factor de Seguridad	52
6.	Resultados	55
6.1.	Topografía	55
6.2.	Pendientes	59
6.3.	Geología Local	61
6.3.1.	Andesita Meteorizada	61
6.3.2.	Bloque de Andesita	62



unl

Universidad
Nacional
de Loja

*Caracterización Geológica Geotécnica de la
vía Zaruma – Roma, Tramo Pillacela-Roma, Cantón
Zaruma, Provincia de el Oro*

6.3.3.	Andesita medianamente alterada.....	63
6.3.4.	Cortes Geológicos.....	68
6.3.5.	Inventario de deslizamientos.....	69
6.4.	Caracterización geológica-geotécnica de los materiales.....	72
6.4.1.	Métodos Directos.....	72
6.4.2.	Propiedades Fisico-Mecanicas de los materiales.....	83
6.3.	Métodos Indirectos.....	84
6.4.2.	Sondeos Eléctricos Verticales.....	84
6.5.	Análisis de estabilidad.....	90
6.5.1.	Resultados del análisis de Estabilidad Global.....	96
6.5.2.	Medidas de Estabilización de los taludes.....	97
7.	Discusión.....	101
8.	Conclusiones.....	104
9.	Recomendaciones.....	106
10.	Bibliografía.....	107
11.	Anexos.....	110



Índice de Tablas:

Tabla 1. Materiales de campo y oficina	25
Tabla 2. Coordenadas geográficas de ubicación UTM/WGS84	27
Tabla 3. Datos geomorfológicos obtenidos en el área de estudio	30
Tabla 4. Punto de control dispuesto por el Catastro	37
Tabla 5. Punto levantados en campo.....	38
Tabla 6. Clasificación de pendientes, según Demek (1972)	39
Tabla 7. Afloramientos antrópicos encontrados en el área de estudio.....	40
Tabla 8. Ubicación de calicatas geológicas	41
Tabla 9. Parámetros morfométricos para deslizamientos	41
Tabla 10. Tipos de deslizamientos.....	42
Tabla 11. Ubicación de los Sondeos eléctricos verticales	43
Tabla 12. Materiales con sus respectivas resistividades	45
Tabla 13. Ensayos de suelo	47
Tabla 14. Consistencia relativa a partir de N de los SPT.....	48
Tabla 15. Clasificación de las arcillas según su comportamiento “A”	49
Tabla 16. Consistencia de las arcillas en base al valor N y la compresión simple	49
Tabla 17. Ubicación de las calicatas para la obtención de las muestras inalteradas.....	49
Tabla 18. Valores del factor Z en función de la zona sísmica adoptada.....	54
Tabla 19. Clasificación de las pendientes del área de estudio	59
Tabla 20. Parámetros Morfométricos del talud 1.....	70
Tabla 21. Parámetros Morfométricos del talud 2.....	71
Tabla 22. Parámetros Morfométricos del talud 3.....	71
Tabla 23. Resultado del ensayo de penetración estándar 1.....	72
Tabla 24. Profundidad del SPT 1	72
Tabla 25. Resultado del ensayo de penetracion estándar 2.....	74
Tabla 26. Profundidad del SPT 2	74
Tabla 27. Resultado del ensayo de penetracion estándar 3.....	75
Tabla 28. Profundidad del SPT 3	76
Tabla 29. Resultado del ensayo de penetración estándar 4.....	77
Tabla 30. Profundidad del SPT 4.....	77
Tabla 31. Resultados de la Consistencia Rleativa (CR)	78
Tabla 32. Resultado de comportameinto “A”	79
Tabla 33. Criterios para determinar el cambio de volumen.....	79



Tabla 34. Criterios para determinar el potencial expansivo.....	79
Tabla 35. Resultados del ensayo de corte directo de la calicata 1	82
Tabla 36. Resultados de ángulo de fricción y cohesión de la muestra 1.....	82
Tabla 37. Resultados del ensayo de corte directo de la calicata 2	83
Tabla 38. Resultados del ángulo de fricción y cohesión de la muestra 2	83
Tabla 39. Resultados del ensayo de corte directo de la calicata 3	83
Tabla 40. Resultados del ángulo de fricción y cohesión de la muestra 3	83
Tabla 41. Propiedades físico-mecánicas de los suelos.....	84
Tabla 42. Datos de Campo SEV 1	84
Tabla 43. Perfil Estratigráfico SEV 1	86
Tabla 44. Datos de Campo SEV 2	86
Tabla 45. Perfil Estratigráfico SEV 2	88
Tabla 46. Datos de Campo SEV 3	88
Tabla 47. Perfil Estratigráfico SEV 3	89
Tabla 48. Parámetros geotécnicos del talud 1	90
Tabla 49. Parámetros geotécnicos del talud 2.....	91
Tabla 50. Parámetros geotécnicos del talud 3.....	92
Tabla 51. Valores de la Zona Sísmica del área de estudio.....	93
Tabla 52. Resultados obtenidos de los factores de seguridad estáticos	96
Tabla 53. Resultados obtenidos de los factores de seguridad pseudo-estáticos.....	96
Tabla 54. Datos del diseño del Talud.....	97
Tabla 55. Datos del diseño del Talud 2.....	98
Tabla 56. Datos del diseño del Talud 3.....	99
Tabla 57. Comparación de los resultados	100



Índice de Figuras:

Figura 1. Estación Total utilizada en levantamientos topográficos	6
Figura 2. Vehículo Aéreo no tripulado	7
Figura 3. Fundamentos de las curvas de nivel	8
Figura 4. Falla inversa y normal	11
Figura 5. Ciclo de erosión o geográfico de Davis.....	14
Figura 6. Caída de roca y residuo	15
Figura 7. Tipos de volcamientos.....	16
Figura 8. Movimiento en masa de tipo reptación	16
Figura 9. Deslizamiento de tipo rotacional	17
Figura 10. Deslizamiento traslacional	17
Figura 11. Avalancha Rocosa.	18
Figura 12. Flujos	18
Figura 13. Desprendimiento rocoso.....	19
Figura 14. Interpretación de los SEVS	20
Figura 15. Aplicación de la sísmica de refracción.....	21
Figura 16. Ubicación de la vía de estudio.....	26
Figura 17. Acceso al cantón Zaruma vía área y terrestre.....	27
Figura 18. Tipo de Clima del Canton Zaruma	28
Figura 19. Red Hidrográfica del Distrito Zaruma- Portovelo.....	29
Figura 20. Colinas Bajas.....	30
Figura 21. Colinas Medias	31
Figura 22. Colinas Altas	31
Figura 23. Montañas Bajas	32
Figura 24. Geomorfología del tramo de la vía Pillacela-Roma (Absc 1+00-2+097)	33
Figura 25. Geología Regional del área de estudio	36
Figura 26. Esquema utilizado para el levantamiento topográfico	37
Figura 27. Proceso para levantamiento topográfico con dron	38
Figura 28. Levantamiento en campo y oficina	40
Figura 29. Ubicación de los SEVS	43
Figura 30. Ejecución del ensayo SEV en campo	44
Figura 31 Ubicación de los ensayos SPT.....	46
Figura 32. Ejecución de los ensayos SPT en campo.....	47
Figura 33. Ubicación de los ensayos de corte directo.....	50



Figura 34. Obtención de la muestra inalterada	51
Figura 35. Zonas sísmicas para diseño en Ecuador	53
Figura 36. Topografía del tramo de la vía Pillacela-Roma (Absc 1+00-2+097)	56
Figura 37. Perfil Topográfico A'-A	57
Figura 38. Perfil Topográfico B'-B	58
Figura 39. Perfil Topográfico C'-C	58
Figura 40. Pendientes del tramo de la via Pillacela- Roma (Absc1+000-2+097)	60
Figura 41. Afloramiento antrópico ubicado en la abscisa 1+000	61
Figura 42. Afloramiento antrópico ubicado en la Absc 1+150.....	62
Figura 43. Afloramiento en la abscisa 1+600	62
Figura 44. Afloramiento en la abscisa 1+650	63
Figura 45. Afloramiento antrópico ubicado en la absc 1+550.....	64
Figura 46. Calicata Geológica 1 y perfil estratigráfico.....	64
Figura 47. Calicata Geológica 2 y perfil estratigráfico.....	65
Figura 48. Calicata Geológica 3 y perfil estratigráfico.....	65
Figura 49. Calicata geológica 4 y perfil estratigráfico.....	66
Figura 50. Geología local del tramo de vía Pillacela-Roma (ABC 1+00-2+097)	67
Figura 51. Corte Geológico A-A'	68
Figura 52. Corte Geológico B-B'	69
Figura 53. Deslizamiento (D1) ubicado en la absc 0+156.....	69
Figura 54. Deslizamiento D2, ubicado en la absc 1+389	70
Figura 55. Deslizamiento (D3), Ubicado en la absc 1+580.....	71
Figura 56. Sondeo eléctrico 1 Schlumberger.....	85
Figura 57. Sondeo eléctrico 2 Schlumberger.....	87
Figura 58. Sondeo eléctrico 3 Schlumberger.....	90
Figura 59. Perfil del suelo- sondeo 1	73
Figura 60. Perfil del suelo- sondeo 2	75
Figura 61. Perfil del suelo- sondeo 3	77
Figura 62. Perfil del suelo- sondeo 4	78
Figura 63. Contenido Humedad, sondeo 1	80
Figura 64. Contenido Humedad, sondeo 2	81
Figura 65. Contenido Humedad, sondeo 3	81
Figura 66. Contenido Humedad, sondeo 4	82
Figura 67. Factor de Seguridad del talud 1	91



Figura 68. Factor de Seguridad del talud 2	92
Figura 69. Factor de Seguridad del talud 3	93
Figura 70. Factor de Seguridad Talud 1 mediante el modelo pseudo estático	94
Figura 71. Factor de Seguridad Talud 2 mediante el modelo pseudo estático	95
Figura 72. Factor de Seguridad Talud 3 mediante el modelo pseudo estático	95
Figura 73. Diseño del sistema de terraceo y Estabilización del talud.....	98
Figura 74. Diseño del sistema de terraceo y Estabilización del talud 2.....	99
Figura 75. Diseño del sistema de terraceo y Estabilización del talud 3.....	100

Índice de Anexos:

Anexo 1. Ficha de Afloramientos	110
Anexo 2. Descripción de Afloramientos	111
Anexo 3. Ficha de Inventario de Deslizamientos	122
Anexo 4. Sondeos Eléctricos Verticales	125
Anexo 5. Ensayos de Penetración Estándar.....	128
Anexo 6. Ensayo de Corte Directo	143
Anexo 7. Mapas Temáticos de la zona de estudio.....	164
Anexo 6. Certificado de traducción de Resumen	165



unl

Universidad
Nacional
de Loja

*Caracterización Geológica Geotécnica de la
vía Zaruma – Roma, Tramo Pillacela-Roma, Cantón
Zaruma, Provincia de el Oro*

1. Título

“Caracterización Geológica Geotécnica de la vía Zaruma – Roma, Tramo Pillacela-
Roma, Cantón Zaruma, Provincia de el Oro”



UNL

Universidad
Nacional
de Loja

2. Resumen

La presente investigación denominada “Caracterización Geológica Geotécnica de la vía Zaruma – Roma, Tramo Pillacela-Roma, Cantón Zaruma, Provincia de el Oro” tiene como propósito conocer el comportamiento geotécnico del suelo, para la cual se determinaron las propiedades físico mecánicas de los geo-materiales de la vía en estudio, la misma que comprende una extensión de 2,097 Km y un área de 83 ha.

La investigación inició con el levantamiento topográfico a escala 1:5000, mismo que sirvió como base para el levantamiento geológico, permitiendo determinar la litología existente en la vía de estudio; Posteriormente se analizó la geomorfología y pendientes para conocer las zonas más críticas donde se hará el enfoque a mayor detalle. Mediante visitas de campo in situ se determinaron los movimientos de ladera más relevantes de la zona de estudio, en los cuales se realizaron ensayos directos e indirectos. Dentro de los ensayos directos se aplicaron un total de 4 ensayos de penetración estándar (SPT), a partir de las muestras obtenidas, se realizó el respectivo procedimiento en el laboratorio de suelos DICONS obteniendo la granulometría, contenido de humedad, límites de Atterberg y clasificaciones AASTHO y SUCS mediante las normas ASTM y 3 cortes directos, mismo que sirvieron para la obtención del ángulo de fricción y cohesión. Para los ensayos indirectos se aplicaron 3 ensayos de sondeo vertical, permitiendo conocer la disposición de las capas del suelo.

Con la información recolectada se analizó la estabilidad global de los taludes en el programa Slide 6.0 en el estado actual y con carga sísmica. Los resultados obtenidos muestran que los taludes 1 y 3 son inestables, mientras el talud 2 se encuentra en estado Crítico.

Palabras claves, geología, geotecnia, SPT, SEV, factor de seguridad, estabilidad.



Abstract

The present research called “Geotechnical Geological Characterization of the Zaruma – Roma road, Pillacela-Roma Section, Zaruma Canton, Province of El Oro” has the purpose of knowing the geotechnical behavior of the soil, for which were determined the physical mechanical properties of geo-materials of the road under study, which includes an extension of 2,097 km and an area of 83 hectares.

The research began with the topographic survey at a scale of 1:5000, which served as a basis for the geological survey, allowing the determination of the existing lithology in the study route; Subsequently, the geomorphology and slopes were analyzed to know the most critical areas where the focus will be made in greater detail. Through in situ field visits, the most relevant slope movements in the study area were determined, in which direct and indirect tests were carried out. Within the direct tests, a total of 4 standard penetration tests (SPT) were applied. From the samples obtained, the respective procedure was carried out in the DICONS soil laboratory, obtaining the granulometry, moisture content, Atterberg limits and classifications. AASTHO and SUCS using ASTM standards and 3 direct cuts, which were used to obtain the angle of friction and cohesion. For the indirect tests, 3 vertical probing tests were applied, allowing us to know the arrangement of the soil layers.

With the information collected, the global stability of the slopes was analyzed in the Slide 6.0 program in the current state and with seismic load. The results obtained show that slopes 1 and 3 are unstable, while slope 2 is in a Critical state.

Keywords, geology, geotechnics, SPT, SEV, safety factor, stability.

3. Introducción

El Ecuador es un país megadiverso, en donde está ligado a estructuras geológicas importantes de nuestro planeta tales como el sistema global de dorsales, cinturón circumpacífico y una estructura transcontinental, con ello da paso a la generación del relieve, clima y litología en nuestro territorio. Esta diversidad, da paso a una gama de fenómenos geológicos y estructurales que conllevan a un sin número de desastres evidentes en nuestro país.

El cantón Zaruma se ubica al sureste de Ecuador, pertenece a la provincia del Oro, presenta un relieve muy irregular, con zonas altas disectadas por valles profundos y encañonados, además cuenta con fuertes pendientes que oscilan entre el 40 y el 70%, según el PDOT de Zaruma 2020.

La vía que conecta Zaruma con sus parroquias orientales es de vital importancia donde el tránsito vial es concurrente y muy importante para el desarrollo social y económico, debido a que sus parroquias se dedican principalmente a la minería, ganadería y agricultura. Mas de 6000 habitantes están directamente beneficiados por esta.

En épocas de invierno la vía está altamente afectada por los deslizamientos que se suscitan a lo largo de la misma, afectando a la movilización del material aurífero, producto ganadero y agrícola hacia la cabecera cantonal o a distintas ciudades del país, dejando pérdidas económicas y evitando el desarrollo. Además, estos deslizamientos afectan a las viviendas, siendo este un problema eminente para las familias que habitan en el sector.

Por lo mencionado anteriormente surge la necesidad de realizar esta investigación **“Caracterización Geológica Geotécnica de la vía Zaruma – Roma, Tramo Pillacela-Roma, Cantón Zaruma, Provincia de el Oro”**, la misma que servirá como información para futuros trabajos ya sea para el mejoramiento, rectificación, así como buscar medidas correctivas de los deslizamientos estudiados, a su vez conocer las zonas más propensas a inestabilidad, y de esta manera se ayudara al mejoramiento del transporte, desarrollo de las parroquias orientales y del cantón Zaruma.

Para el cumplimiento de esta investigación se ha propuesto los siguientes objetivos:



UNL

Universidad
Nacional
de Loja

Objetivo General

- Realizar una caracterización Geológica Geotécnica de la vía Zaruma – Roma, Tramo Pillacela-Roma, Canto Zaruma, Provincia de el Oro

Objetivos Específicos

- Elaborar un levantamiento topográfico y geológico de la vía Zaruma – Roma, Tramo Pillacela-Roma.
- Determinar las propiedades físico – mecánicas de los geo-materiales del tramo de la vía en estudio
- Establecer la estabilidad de los taludes en base al factor de seguridad del tramo de estudio.

4. Marco Teórico

4.1. Topografía

Rincón M. et al. (2017) menciona que “Una definición acertada sería, que, la topografía es la ciencia, por medio de la cual se establecen las posiciones de puntos situados sobre la superficie terrestre, encima y debajo de ella; para lo cual se realizan mediciones de distancias, ángulos y elevaciones” (p.1)

4.2. Levantamiento topográfico

Rincón M. et al. (2017), explica que el conjunto de operaciones del levantamiento topográfico tiene por objeto determinar la posición de puntos en el espacio y su representación en un plano, el conjunto de operaciones incluye:

- Selección del método de levantamiento.
- Elección del equipo a utilizar.
- Identificar y ubicar posibles vértices de apoyo.
- Realización de mediciones en terreno.
- Cálculo y procesamiento de datos.
- Elaboración de planos. (p.3)

4.3. Equipos utilizados para mediciones topográficas

4.3.1. Estación Total

Figura 1

Estación Total utilizada en levantamientos topográficos



Nota: Fuente: Santamaría & Sanz (2005)

Según Santamaría y Sanz (2005), argumentan que, si a los Teodolitos o Taquímetros electrónicos se les incorpora un sistema para medir las distancias por algún sistema electromagnético, se empieza a hablar ya de Estación Total. Además, estas Estaciones suelen incorporar programas internos para almacenamiento de datos, replanteos, superficies, etc., y tienen sistemas para transferir de forma semiautomática los datos almacenados a un ordenador.

Una Estación Total integra 4 equipos en uno solo con el objetivo de facilitar y mejorar los procesos topográficos de campo. Estos aparatos son: distanciómetro laser, teodolito y nivel de Precisión (Santamaria y Sanz, 2005, p. 2)

4.3.2. Dron

Figura 2

Vehículo Aéreo no tripulado



Nota: Fuente: (Ortega, 2015)

Ortega (2015) señala que “Generalmente conocidos como Drones, son estructuras aéreas autónomas o también pueden ser piloteadas a distancia. Poseen diversos usos en distintos ámbitos, tales como: Fotografía, Topografía, Fotogrametría, Geología, Publicidad, Meteorología, Agricultura, entre otras. Cabe destacar que pueden existir diversos tipos de drones, dependiendo del tipo y peso” (p. 3)

4.3.3. Planimetría y Altimetría

Navarro (2008), manifiesta que, todo levantamiento topográfico puede dividirse en dos partes, la primera encargada de obtener, por diferentes métodos, la proyección horizontal sobre un plano.

A ésta se la denomina planimetría. La segunda parte será la encargada de obtener las cotas de los puntos anteriores, denominándose altimetría.

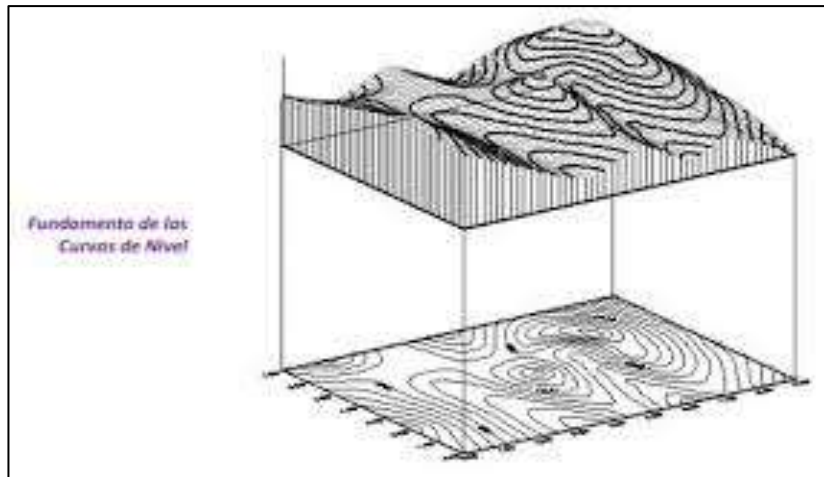
Para la planimetría podemos usar la cinta o el teodolito como instrumento universal. Las distancias con que se trabaja y que se marcan en planos siempre son horizontales, por tanto, las distancias siempre que se puede se miden horizontales o se convierten a horizontales con datos auxiliares. La cinta determina las distancias con mayor exactitud. (p. 6)

4.4. Curvas de Nivel

Navarro (2008) afirma que “Las curvas de nivel son líneas 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.” (p. 8)

Figura 3

Fundamentos de las curvas de nivel



Nota: Fuente (Navarro, 2008)

4.4.1. Curvas principales o directrices

Norberto (1984) menciona que “Son aquellas curvas de equidistancia dibujadas a diferencia constante de altitud para facilitar la lectura y dar expresión de relieve al terreno. Se dibuja con línea gruesa continua.” (p. 15)

4.4.2. Curvas intermedias

Norberto (1984) manifiesta que “Son aquellas que representan el valor unitario de variación constante de nivel entre las curvas contiguas. Se dibujan con un tipo de línea delgada y continua.” (p. 15)

4.5. Poligonales

Rincón M. et al. (2017) indica que cuando un terreno presenta una gran extensión existen impedimentos que no permiten tener la visibilidad necesaria, se emplea un levantamiento de control o poligonal. El cual consiste en trazar un polígono que siga aproximadamente los límites del terreno y, desde los puntos que conforman este polígono, se toman los detalles para la perfecta determinación del terreno que se desea conocer. (p. 88)

4.5.1. Clasificación

Rincón M. et al. (2017) señala “La clasificación de los poligonales se puede hacer de acuerdo con determinadas características de éstas, pero en este documento mostraremos una



clasificación que se basa en la forma de las poligonales, existiendo así poligonales abiertas y cerrada.” (88)

4.5.1.1. Poligonal Abierta.

Según Rincón M. et al. (2017) la poligonal abierta es aquella poligonal sin comprobación por cierre; debido a que los errores lineales o angulares no pueden ser detectados, en la cual su punto de inicio y su punto de llegada son diferentes. Atendiendo a esto, el punto inicio puede ser de coordenadas conocidas, pertenecer a una línea base donde sus dos extremos tienen coordenadas conocidas o pueda estar orientada.” (p. 89)

4.5.1.2. Poligonal Cerrada.

Rincón M. et al. (2017) admite que este tipo de itinerario los lados cierran formando un polígono, esto quiere decir que su punto de inicio coincide en posición con el final; siendo posible realizar un control de acuerdo a una condición geométrica de sus ángulos. Para el trabajo con estas poligonales se debe efectuar una previa orientación de la línea inicial. (p. 89)

4.6. Geología

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” (p. 10)

4.6.1. Roca

Según Mexicano (2017) roca se define como una masa natural de minerales, la cual forma parte considerable de la corteza terrestre, y es originada a través de algún proceso geológico. Cuando las rocas están constituidas por un solo mineral se denominan simples, como por ejemplo el mármol, que se compone de calcita; pero la mayoría de ellas son compuestas, en otras palabras, de agregados de diversos minerales, como el granito roca, que es una mezcla de cuarzo, feldespato y mica. (párr. 2)

4.6.1.1. Rocas Ígneas.

Escobar (2020) señala que 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 ultrabásicas y en el ambiente continental son ricas en minerales con abundancia de sílice y aluminio y se llaman rocas ácidas.

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. (p.12)

4.6.1.2. Rocas Sedimentarias

Escobar (2020) señala que las rocas sedimentarias más importantes por su abundancia y en su orden, 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. (p.13)

4.6.1.3. Rocas Metamórficas

Escobar (2020) señala que 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). El entorno más frecuente en el que las rocas metamórficas están disponibles para el hombre, es la cadena montañosa en donde la erosión de una parte temporalmente engrosada de la corteza continental expone rocas ígneas y sedimentarias que antes estuvieron profundamente sepultadas pudiendo sufrir cambios mineralógicos en respuesta al incremento de presiones y temperaturas. (p.14)

4.6.2. Geología Estructural

Según Belousov. (1979) la geología estructural es una parte de la geotectónica, es decir, de esa asignatura geológica que estudia las particularidades de la estructura y desarrollo de la corteza terrestre relacionada con los procesos mecánicos, movimientos y deformaciones que en ella tienen lugar. La corteza terrestre se compone de rocas que constituyen cuerpos de formas diversas. Así, por ejemplo, las rocas sedimentarias aparecen en forma de estratos. Estos pueden ser horizontales y también inclinados o encorvados en pliegues. Toda la corteza terrestre se compone de cuerpos adyacentes formados por rocas diferentes. (p. 12)

4.6.2.1. Planos geológicos: estratos- fracturas- fallas.

Griem (2020) añade que en la mayoría las rocas de la corteza terrestre muestran varios tipos de planos geológicos. Existen en general dos tipos de planos:

a) Foliaciones primarias Tienen su origen antes de la litificación, es decir durante la deposición. Ejemplos: Estratos, Flujo magmático.

b) 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

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. (párr. 4)

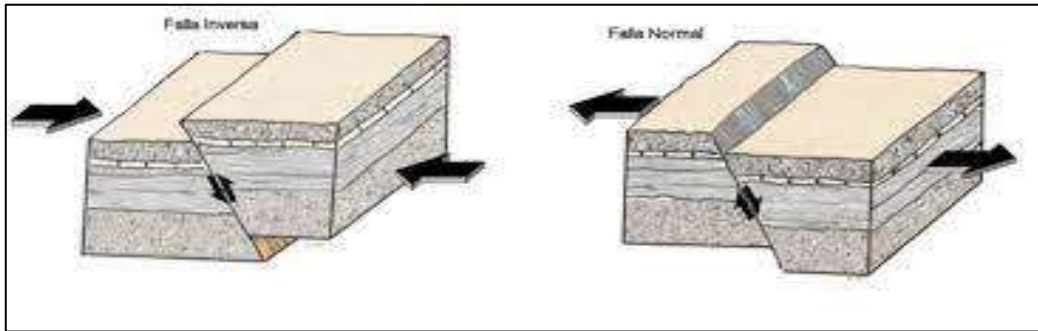
4.6.2.2. Fallas Geológicas.

Según Escobar (2020) Una falla es una fractura planar en donde la roca se ha desplazado según una dirección que es generalmente paralela al plano de ruptura, como resultado de la aplicación de un stress de cizalle, además señala que una fractura recibe el nombre de falla si presenta un desplazamiento mínimo de 0.5 mm caso contrario si el desplazamiento es demasiado pequeño la fractura se denomina diaclasa.

- **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).

Figura 4

Falla inversa y normal



Nota: Fuente: (Red Sismológica Nacional, 2019)

- **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. (p. 20)

4.6.2.3. Pliegues.

Rodríguez (2012) menciona que una roca se pliega cuando una superficie de referencia definida antes del plegamiento como plana se transforma en una superficie curva.

El plegamiento es tanto mayor cuanto más numerosas y fuertes son las variaciones de buzamiento.

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. (p. 23)

4.6.2.4. Diaclasas.

Rodríguez (2012) define a las diaclasas como fracturas en las que no existe desplazamiento, es decir es un plano de discontinuidad en la roca, pero sin desplazamiento. Es por eso que tienen un significado importante en minería y en labores a cielo abierto, en canteras, obras ingenieriles, circulación de aguas subterráneas, reservorios de hidrocarburos y circulación de fluidos hidrotermales y depósitos minerales. Indica que son las estructuras



tectónicas más frecuentes en la superficie terrestre, presentes en una gran variedad de rocas y ambientes tectónicos. (p. 5)

4.6.3. Levantamiento Geológico

Echeveste (2018) afirma que el levantamiento geológico consiste en la elaboración del mapa geológico a través del levantamiento de información primaria mediante la identificación litológica y estructural, es decir, la representación del ambiente geológico de un sector en una determinada escala de trabajo.

Los procedimientos para obtener información de las características del suelo se pueden dividir en dos categorías:

Métodos indirectos: Dentro de estos se incluyen fotografías aéreas, mapas topográficos, interpretación de mapas e informes de reportes geológicos o estudios de suelo previamente desarrollados.

Métodos directos: Realmente son los más importantes y los que más información suministran desde el punto de vista del estudio de suelos, son:

- Reconocimiento geológico de la zona. Incluye la inspección visual de las condiciones de los materiales en su estado natural, visitando laderas de ríos o quebradas, cortes existentes de vías, túneles o conducciones naturales.
- Realización de calicatas, perforaciones, trincheras, que permitan la recuperación de muestras alteradas o inalteradas de la zona de interés.
- Ensayos detallados in-situ, estos permiten medir directamente en campo las propiedades de los suelos. (p. 132)

4.6.3.1. Calicatas

Echeveste (2018) señala que las 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. Las calicatas 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. (p. 133)

4.6.3.2. Fotointerpretación.

Echeveste (2018) indica que 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. (p. 133)

4.6.2.3. Descripción e Interpretación de Afloramientos.

Know, 2015 manifiesta que un afloramiento es 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) (Know, 2015)

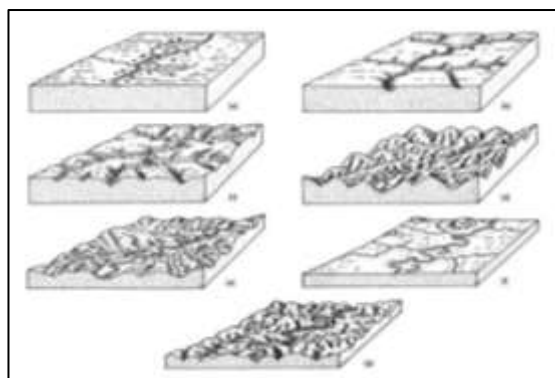
4.7. Geomorfología

Gómez et al., (2005) menciona que la geomorfología es una ciencia que estudia las capas más externas de la geosfera terrestre e implica el análisis de la morfología de la Tierra en relación con la topografía analizada. Además, infiere la historia de la superficie terrestre y predice posibles cambios en la superficie terrestre.

Del mismo modo, es una ciencia que se encarga de clasificar y describir las formas del relieve, su evolución y modelado. Implica el estudio de los agentes terrestres y los eventos transformadores que ocurren dentro de ellos. (p. 48)

Figura 5

Ciclo de erosión o geográfico de Davis



Nota: Fuente: (Gómez et al., (2005)

4.8. Movimientos en Masa

Escobar (2016) menciona que “Es el movimiento de rocas y materia individual en respuesta a la gravedad. El agua, el hielo y el viento son factores geológicos que provocan la erosión. Estos agentes de procesos externos son impulsados fundamentalmente por dos fuerzas: la energía del sol y la gravedad” (p. 412)

4.8.1. Tipo de movimiento en masa

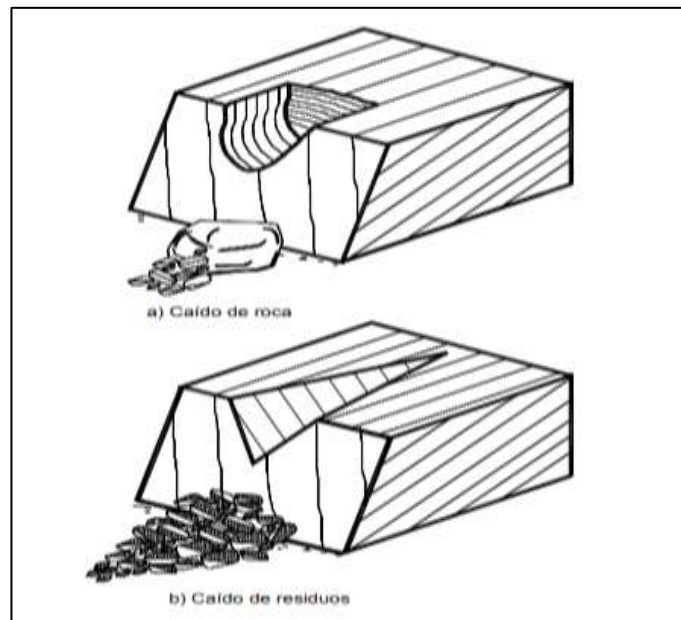
4.9.1.1. Caído.

Según Suarez (2009) Caído es el desprendimiento y caída de materiales del talud. En los caídos se desprende una masa de cualquier tamaño desde un talud de pendiente fuerte a lo largo de una superficie en la cual el desplazamiento de corte es mínimo o no se da.

Este desplazamiento se produce principalmente por caída libre, a saltos o rodando. Los caídos de suelo, en escarpes semi-verticales, representan un riesgo importante para los elementos que están debajo del talud. (p. 8)

Figura 6

Caída de roca y residuo



Nota: Fuente: (Suarez,2009)

4.9.1.2. Volcamiento

Suarez (2009) manifiesta que volcamiento consiste en una rotación hacia adelante de una unidad o unidades de material térreo con centro de giro por debajo del centro de gravedad de la unidad.

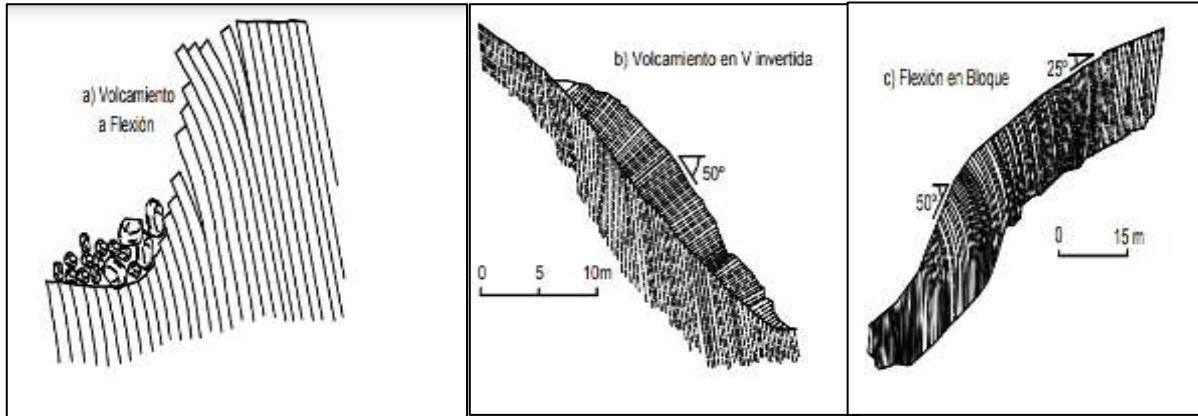
Se pueden diferenciar tres tipos de volcamiento:

- Volcamiento a flexión. Columnas continuas se rompen y separan unas de otras en flexión a medida que se inclinan hacia adelante.
- Volcamiento en V invertida. Consiste en la inclinación múltiple de una serie de bloques con centro de giro en la superficie inferior del sistema de volcamiento, el cual puede convertirse en una superficie de falla.

- Flexión en bloque. Flexión continua de columnas largas a través de desplazamientos acumulados a lo largo de las numerosas juntas. (p. 12)

Figura 7

Tipos de volcamientos



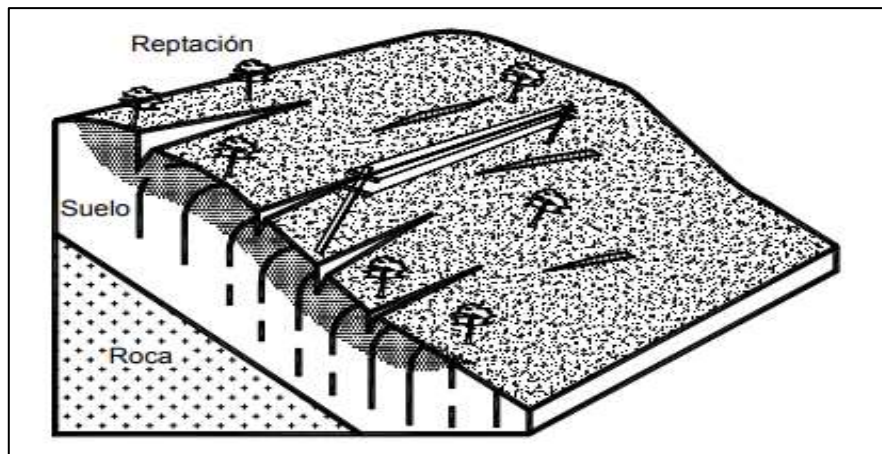
Nota: Fuente: (Suarez, 2009)

4.8.1.1. Reptación

Según Suarez (2009) la reptación o “creep” consiste en movimientos del suelo subsuperficial desde muy lentos a extremadamente lentos sin una superficie definida de falla. La profundidad del movimiento puede ser desde pocos centímetros hasta varios metros. Generalmente, el desplazamiento horizontal es de unos pocos centímetros al año y afecta a grandes áreas de terreno. (p. 12)

Figura 8

Movimiento en masa de tipo reptación



Nota: Fuente: (Suarez, 2009)

4.8.2. Deslizamientos

Ayala (2000) admite que los deslizamientos de tierra implican el desplazamiento hacia abajo de rocas, escombros o suelo en el plano de falla cuando se excede la resistencia al

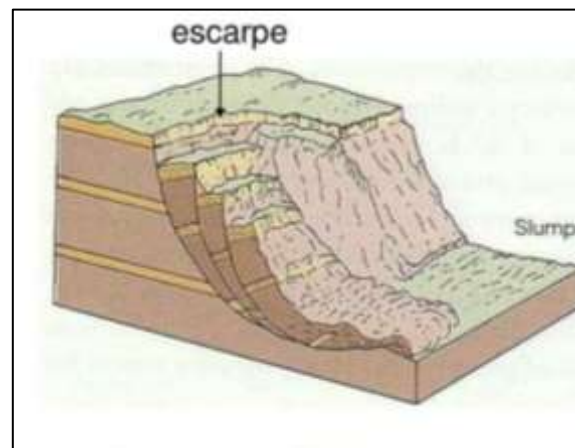
corte del plano de falla. La formación de grietas laterales en los acantilados indica este tipo de movimiento. La velocidad y el alcance de este tipo de movimiento varían mucho. (p. 56)

4.8.2.1. Deslizamiento Rotacional

Suárez (2009) cita que “en un desplazamiento rotacional, la superficie de falla es cóncava hacia arriba y el movimiento es rotacional con respecto al eje paralelo a la superficie y transversal al deslizamiento” (p. 14).

Figura 9

Deslizamiento de tipo rotacional



Nota: Fuente: (Suarez, 2009)

4.8.2.2. Deslizamiento Traslacional.

Según el IGME (1987) señala que “La falla ocurre a favor de planos más débiles cuya dirección es casi paralela a la superficie de la pendiente y cuya pendiente es menor. Además, son poco profundos y alcanzan distancias muy variables.” (IGME, 1987)

Figura 10

Deslizamiento traslacional



Nota: Fuente: (Instituto geológico y minero de España, 1987)

4.8.2.3. Avalanchas Rocosas.

González de Vallejo et al., (2002) indica que “Se considera un movimiento complejo porque es un movimiento muy rápido que hace que caigan rocas y bloques de escombros. pueden llevar nieve y hielo.” (p. 628)

Figura 11

Avalancha Rocosa



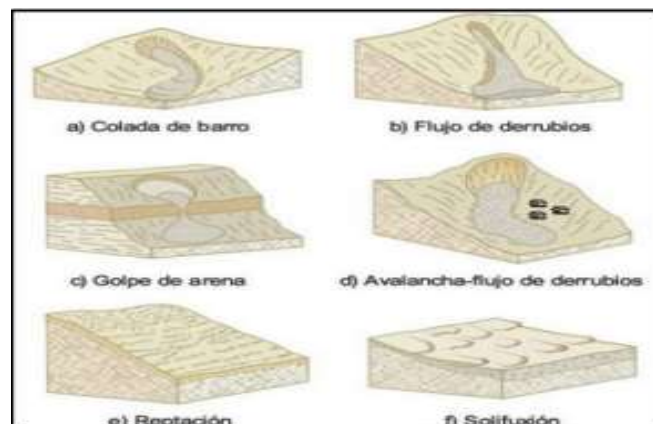
Nota: Fuente: (González de Vallejo et al., 2002)

4.8.2.4. Flujos.

Suárez (2009) establece que “en los flujos ocurren movimientos relativos de las partículas, o bloques pequeños, dentro de una masa que se mueve o desliza sobre una superficie. Las deformaciones relativas internas son muy grandes y fluyen en forma similar a un líquido viscoso”. (p. 21)

Figura 12

Flujos



Nota: Fuente: (González de Vallejo et al., 2002)

4.8.2.5. Desprendimientos.

González de Vallejo et al., (2002) indica que “Estos incluyen rocas que caen de forma independiente a través de discontinuidades existentes (fisuras de tracción, superficies

de amortiguamiento, etc.). Son comunes en montañas empinadas y acantilados, donde las fallas tienen forma de cuña y consisten en familias de discontinuidades.” (p.628)

Figura 13

Desprendimiento rocoso



Nota: Fuente: (González de Vallejo et al., 2002)

4.9. Geotecnia

Masabanda, et al. (2018) señala que “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.” (p. 4)

4.9.1. Caracterización geotecnia del terreno

Patricio (2020) dictamina que la caracterización geotécnica es la elaboración de todo estudio geotécnico, tras el estudio geológico, comenzamos la caracterización de materiales bajo rigurosa profesionalidad. (Patricio, 2020)

4.9.1.1. Métodos directos

- **Ensayo de Penetración Estándar SPT**

Carmona (2014) manifiesta que “El ensayo SPT básicamente consiste en la hincada en el terreno de una puntaza metálica mediante golpes por lo que da idea de la resistencia del terreno ya que se contabilizan el número de golpes necesarios para clavar el ensayo, pero debido a su amplio uso, este ensayo puede correlacionarse con numerosos parámetros geotécnicos como veremos en los siguientes apartados.” (p. 45)

- **Calicatas**

González de Vallejo, et al. (2004) admite que “Las calicatas, zanjas, rozas, pozos, etc., consisten en excavaciones realizadas mediante medios mecánicos convencionales, que permiten la observación directa del terreno a cierta profundidad, así como la toma de muestras y la realización de ensayos in situ. Tienen la ventaja de que permiten acceder directamente al terreno, pudiéndose observar las variaciones litológicas, estructura, discontinuidades, etc., así como tomar muestras de gran tamaño para la realización de ensayos y análisis. Las calicatas son uno de los métodos más empleados en el reconocimiento superficial del terreno, y dado su bajo coste y rapidez de realización, constituyen un elemento habitual en cualquier tipo de investigación in situ.” (p. 321)

4.9.1.2. Métodos Indirectos (Geofísicos)

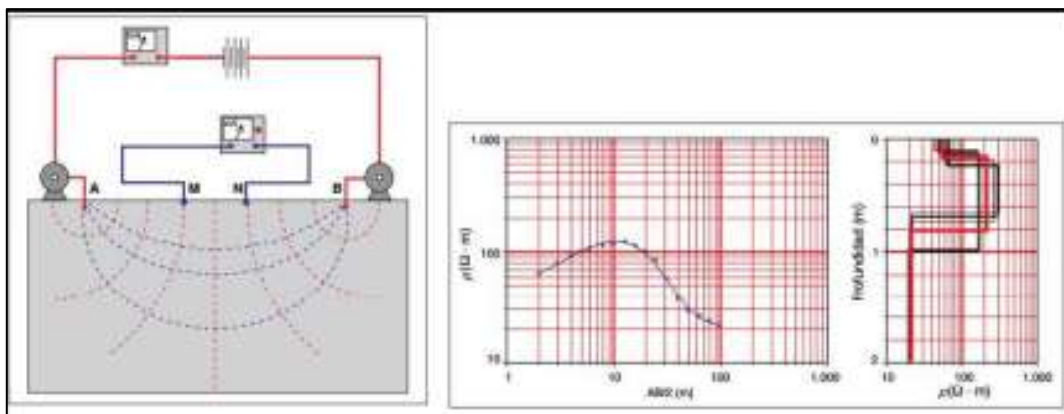
- **Sondeos Verticales (SEV)**

González de Vallejo, et al. (2004) indica que es un método para medir la diferencia de potencial entre dos electrodos causada por el paso de una corriente eléctrica a través de otro electrodo. Debe recordarse que la distancia de separación de los electrodos es proporcional a la profundidad de penetración.

Esta técnica consiste en separar sucesivamente los electrodos de corriente A y B del punto central, siguiendo una línea recta, y medir la resistividad en cada disposición. La resistividad aparente calculada será, por tanto, la correspondiente a mayores espesores según se van separando los electrodos. Se emplea generalmente la configuración Schlumberger. El resultado que se obtiene del SEV es la variación de la resistividad ρ con la profundidad en el punto central del perfil investigado. Las profundidades más habituales de investigación están entre 0 y 200 m.” (p. 330)

Figura 14

Interpretación de los SEVS



Nota: Fuente: (González de Vallejo et al., 2002)

- **Sísmica de Refracción**

Orellana et al. (1995) en su artículo menciona que la sísmica de refracción para trabajos con profundidades de 30 a 40m es utilizada para complementar el estudio geotécnico, debido a que la información que se requiere para este tipo de trabajos debe ser muy detallada y contrastada con sondeos mecánicos. (p.54)

Figura 15

Aplicación de la sísmica de refracción



Nota: Fuente: (Rueda, 2022)

4.9.2. Mecánica de Suelos

González de Vallejo et al. (2002) menciona que el suelo se origina de la degradación de la roca madre por efectos de la meteorización, ya sea física, química o biológica. La roca madre ocupa la parte inferior y el suelo la parte más cercana a la superficie. Si el suelo permanece in situ se llama “suelo residual”, en cambio el suelo que ha sufrido transporte, se conoce como “suelo transportado”. (p.342)

Braja (2011) menciona que el suelo posee una serie de propiedades geotécnicas cuyas propiedades físicas estamos tratando de aprender y comprender mejor.

A continuación, se explica brevemente algunas de ellas.

- **Distribución granulométrica.** - Se utiliza para clasificar con precisión el terreno. El tamiz se usa para analizar suelos de grano grueso, mientras que el hidrómetro se usa para analizar suelos de grano fino.
- **Densidad.** - Es la relación entre masa y volumen. Puede lograr una densidad húmeda o una densidad seca, según el estado del material con el que esté trabajando.



- **Humedad.** - Es la relación entre el peso del agua en una muestra de suelo y el peso de los sólidos, todo ello multiplicado por 100. Su unidad de medida es el porcentaje.
- **Peso específico.** - Es la relación entre el peso corporal y el mismo peso volumétrico de agua a 4 °C. Es una propiedad adimensional.
- **Límites de Consistencia.** - Albert Moritz Achterberg desarrolló un método para caracterizar la textura de suelos finos con diferente contenido de agua. Con un contenido de agua muy bajo, el suelo se comporta como un sólido más quebradizo. Cuando el contenido de agua es muy alto, el suelo y el agua fluyen como líquidos. Por lo tanto, dependiendo del contenido de agua, la naturaleza del comportamiento del suelo se clasifica arbitrariamente en cuatro estados fundamentales, que se denominan sólido, semisólido, plástico y líquido.
 - *Limite Líquido (LL):* el contenido de humedad de un suelo, que produce que este cambie de un estado líquido a plástico. Para su determinación se utiliza la copa de Casagrande, donde en la muestra se cierra una ranura de 12.7 mm mediante 25 golpes.
 - *Limite Plástico (LP):* el contenido de humedad, donde el suelo cambia de estado plástico a semisólido. El ensayo consiste en que el suelo húmedo se agrieta hasta formar un rodillo de 3.18 mm de diámetro.
 - *Límite de contracción (LC):* el contenido de humedad, donde el suelo que se encuentra en estado semisólido pasa a uno sólido.
 - *Índice de plasticidad (IP):* es la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico. (p.11-24)

4.9.2.1. Corte Directo

Según ASTM Internacional, (2012) para realizar este tipo de ensayos en un laboratorio, generalmente se utiliza un aparato de corte directo, generalmente una cada de sección cuadrada o circular dividida horizontalmente en dos partes exactamente iguales. Dentro de esta ira contenida la muestra se suelo con piedras de contextura 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.

Según la norma ASTM Internacional 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. (ASTM Internacional, 2012)

4.9.3. Estabilidad de taludes

Los autores Beneyto et al., (2014), manifiestan que 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. (p. 15)

4.9.4. Factor de Seguridad

Braja (2015) señala que el Factor de Seguridad permite conocer cuál es el factor de amenaza para que un talud falle en las peores condiciones de comportamiento para lo cual fue diseñado. Fellenius (1927) menciona al factor de seguridad como la relación entre la resistencia al corte real y los esfuerzos de corte críticos que tratan de generar la falla:

$$(1) \quad F_S = \frac{\text{Resistencia al corte}}{\text{Esfuerzo al cortante}}$$

En superficies circulares donde existe un centro de giro y momentos resistentes y actuantes:



unl

Universidad
Nacional
de Loja

$$(2) \quad F_s = \frac{\text{Momento resistente}}{\text{Momento resistente}}$$

Además, los sistemas de análisis utilizan el equilibrio limite satisfaciendo el criterio de falla de Mohr-Coulomb en una determinada superficie. En caso de dividir la masa de estudio en dovelas, se analiza cada una de estas y posteriormente se analiza las condiciones de equilibrio con la sumatoria de fuerzas o momentos: (p.67)

$$(3) \quad F_s = \frac{\sum \text{Resistencias al corte}}{\sum \text{Esfuerzos al corte}}$$



5. Metodología

5.1. Materiales

Tabla 1

Materiales de campo y oficina

Levantamiento Topográfico- Geológico	
GPs	
RTK (Real Time Kinematic o Lectura en Tiempo Real)	
Vehículo Aéreo no Tripulado (Dron)	
Brújula, Piqueta	
Cinta Métrica	
Libreta de Campo	
Carta Geológica Zaruma 1:100000	
Cámara Fotográfica	
Análisis Geotécnico	
Ensayo de Penetración Estándar (SPT)	Barras, brazos de perforación y pesa de 63.5 Kg recuperador de testigo (cuchara partida)
	Cajas de sondeos geotécnicos
	Trípode de carga
Sondeo Eléctrico Vertical	Resistivímetro Abem (modelo terrameter SAS - 100)
	carretes con cables flexibles
	electrodos de acero inoxidable
Ensayo de Corte Directo	Aparato de corte
	Caja de corte
	Tazón para la caja de corte
	Anillo
	Balanza analítica
Materiales de Oficina	
Computadora portátil	
Google Earth	
Software tipo GIS	

5.2. Métodos

En el presente trabajo de investigación “Caracterización geológica geotécnica de la vía Zaruma – roma, tramo Pillacela-Roma, cantón Zaruma, provincia de el oro” se utilizaron diferentes tipos de métodos tales como: método analítico, método de campo, método descriptivo, los cuales ayudaron al cumplimiento de los objetivos propuestos.

- **Método Analítico**

El método analítico según Lopera et al., (2010), manifiesta que consiste en una forma o camino para llegar a un resultado mediante la descomposición de un fenómeno en sus elementos constitutivos. Va desde las aplicaciones más empíricas y concretas hasta las más abstractas y simbólicas. (Lopera et al., 2010)

- **Método Experimental**

Esta dirección se enfoca en lo predecible en base a lo ya descrito y explicado lo que ocurrirá en el futuro. Este enfoque requiere una suposición y un diseño predecibles. Será un diseño experimental para probar la hipótesis esperada. significa trabajo en entornos de laboratorio, hay variables de control (Caballero, 2014).

- **Método Descriptivo**

El autor Yanez (2019) alude que el método descriptivo es un método cualitativo que se utiliza para evaluar algunas características de una situación en particular. Busca describir el estado o comportamiento de una serie de variables. Describir es observar sistemáticamente el objeto de interés y recopilar información para luego ser utilizada. (Yanez, 2019).

5.3. Descripción del área de estudio

5.3.1. Ubicación

El presente proyecto de investigación se encuentra ubicado al sur del Ecuador, al este del cantón Zaruma, provincia de El Oro, partiendo desde el barrio Pillacela hasta llegar al barrio Roma, de la cual el tramo en estudio corresponde a 2,097 km.

Figura 16

Ubicación de la vía de estudio



Nota: Fuente: Elaborado por el Autor (2023)

Las coordenadas geográficas de ubicación (UTM WGS/84, 17Sur) se muestran en la Tabla 2 a continuación:

Tabla 2

Coordenadas geográficas de ubicación UTM/WGS84

DATUM WGS84		
BARRIO PILLACELA		
Coord. Inicio (0+000):	X: 655301	Y: 9592683
BARRIO ROMA		
Coord. Fin (2+097):	X=655565	Y: 9594119

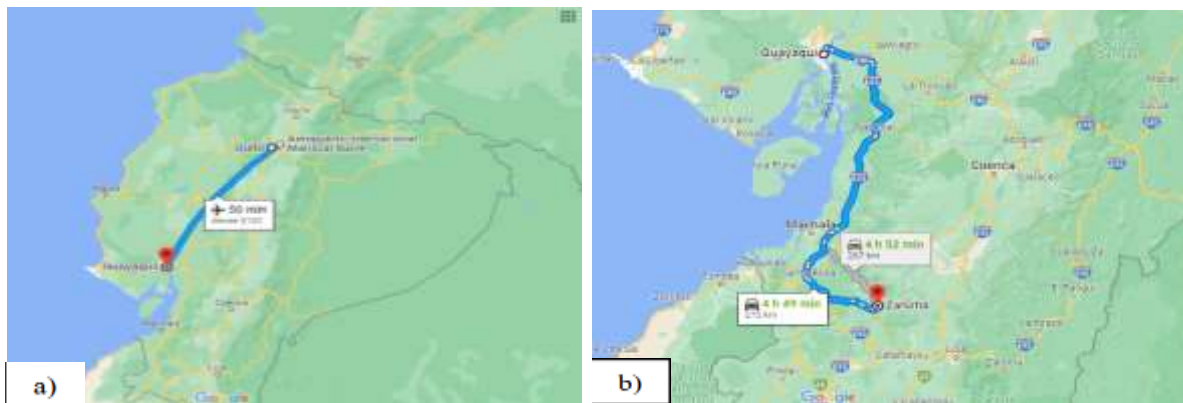
5.3.2. Acceso

El acceso a la zona de estudio se le puede realizar por vía aérea desde la ciudad de Quito del aeropuerto internacional “Mariscal Sucre” hasta el aeropuerto internacional de la ciudad de Guayaquil en un tiempo de recorrido aproximado de 55 minutos, Alternativamente, se puede hacer por vía terrestre de Quito a Zaruma por la Carretera Panamericana/Troncal de la Sierra/E35 en aproximadamente 10 horas.

Seguidamente, se continua vía terrestre desde la ciudad de Guayaquil por la carretera transversal Sur/E50 y E585, hasta la ciudad de Zaruma con un recorrido aproximado de 78,3km (3 h 45min); Y finalmente desde la ciudad de Zaruma hasta el barrio Pillacela existe un recorrido de 3,9 km.

Figura 17

Acceso al cantón Zaruma vía área y terrestre



Nota: Fuente: Google Maps (2022). Elaborado por el Autor (2023)

5.4. Descripción física del Área de Estudio

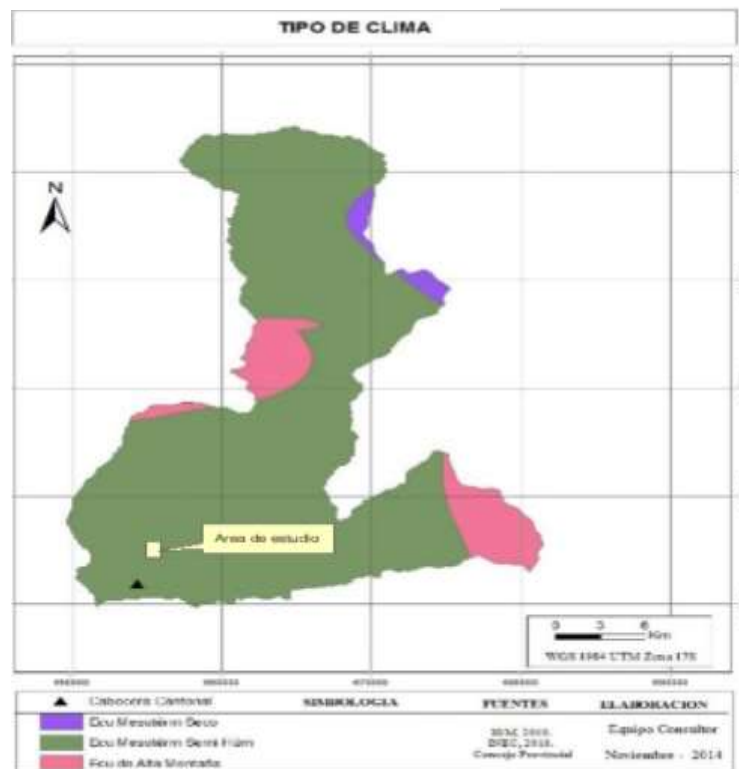
5.4.1. Información Climática

Según el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón Zaruma (2017-2021), el cantón Zaruma se ubica en una zona con tres tipos de clima:

- Ecuatorial Mesotérmico Seco; Se ubica bajo los 3000 msnm. La temperatura media anual es de 20 °C, con precipitación anual está bajo los 800 mm con un área 1139,25 hectáreas que equivale al 1,75%.
- Ecuatorial Mesotérmico Semihúmedo; Se ubica sobre los 3000 a 3200 msnm. de altura. La temperatura media anual es inferior a 12 °C, con precipitación anual está entre los 800 mm y los 2000 mm con un área 57333,16 hectáreas que equivale al 87,99%.
- Ecuatorial de Alta Montaña; Altitud entre 3000 a 3200 msnm, con precipitación anual entre los 500 mm y los 2000 mm, distribuida en dos estaciones, temperaturas medias anuales varían de 12°C y los 20°C 6672,59 hectáreas que equivale al 10,24%. (GAD Municipal Zaruma, 2018).

Figura 18

Tipo de Clima del Cantón Zaruma



Nota: Fuente: MAE (2014). Modificado por el Autor

5.4.2. Hidrografía

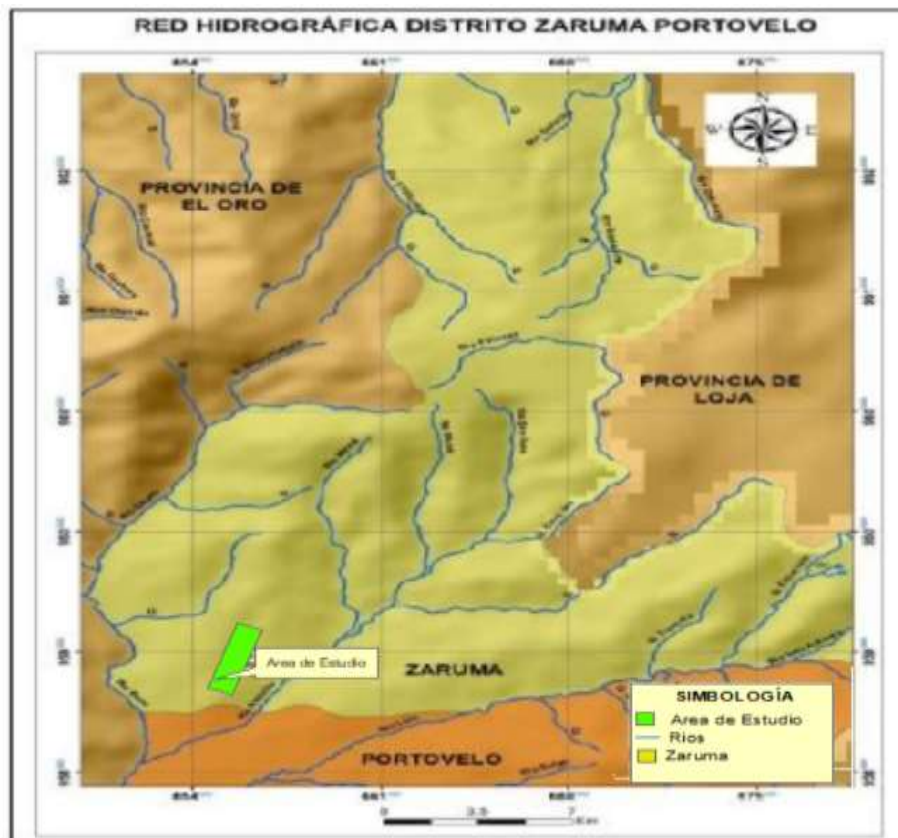
Dentro del cantón Zaruma existen 7 subcuencas hidrográficas que se distribuyen a lo largo del territorio: las subcuencas de los ríos Uchucay, Ganacay, Chillayacu y drenajes menores que pertenecen a la cuenca del río Jubones y las subcuencas de los ríos Calera, Amarillo y Luis que pertenecen a la cuenca del río Puyango. El estado occidental de Zaruma es regado por un sistema hidrológico que forma el río Calera, cuyos afluentes y nacimientos

son el río Salado y los arroyos Arcapamba, Santa Bárbara, Cascaju y Zaruma Urco, entre otros. Al este se encuentran los ríos Ortigas y Salvias, que son afluentes del río Amarillo, los principales tributarios de este sistema hidrológico son: Quebrada Honda, Sinsao, Quebrada de la Máquina, Loma Larga, Las Chontas, entre otros.

Estas corrientes secundarias forman un subdrenaje dendrítico asociado a rocas ígneas e intrusivas, con cambios de dirección que indican la estructura geológica del área. (GAD Municipal Zaruma, 2018).

Figura 19

Red Hidrográfica del Distrito Zaruma- Portovelo



Nota: Fuente: Coello (2023). Modificado por el Autor (2023)

5.4.3. Geomorfología

Según el MAGAP (2016) señala que dentro de las geoformas predominantes en la zona de estudio se obtuvo colinas altas, la cual representa el 43% del territorio con un área de 33.01 ha; con el 28% se manifestó las montañas altas la cual representa un área de 21.71 ha, así mismo se obtuvo colinas medias con un porcentaje de 21% que representa 15.97 ha del área total, seguidamente se presenta las colinas bajas con 8% representando 6,37 ha del territorio y finalmente las vertientes con una longitud de 1.83 km. (MAGAP, 2016)

A continuación, se presenta los datos obtenidos:

Tabla 3*Datos geomorfológicos obtenidos en el área de estudio*

Geoformas	Rango	Área (Ha)	Porcentaje (%)
Colinas Bajas	< 7°	6.37	8
Colinas Medias	7-14°	15.97	21
Colinas Altas	14-20°	33.01	43
Montañas Bajas	20-35°	21.71	28
Vertiente		1.87 km	

Nota: Fuente: MAGAP (2016), Modificado por el autor (2023)

5.9.1.1. Colinas Bajas

Esta unidad geomorfológica se obtuvo un área total de 6.37, con pendientes ligeramente inclinadas de < 7°, se encuentra en su mayoría en la parte central, y en pocas proporciones en el norte y en el sur, presenta un material limoso.

Figura 20*Colinas Bajas*

5.9.1.2. Colinas medias

Las colinas medias ocupan un área de 15,97 ha de la zona de estudio, se encuentran distribuidas en proporciones pequeñas a lo largo del área de estudio, esta geoforma cuenta con pendientes fuertemente inclinadas de 7-1°.

Figura 21
Colinas Medias



5.9.1.3. Colinas Altas

Así mismo el área total de las colinas altas es de 33.01 Ha. Se encuentra distribuidas en toda el área estudio, esta geoforma es la predominante y con mayor proporción. La pendiente que esta unidad posee es de 14 a 20°.

Figura 22
Colinas Altas



5.9.1.4. Montañas Bajas

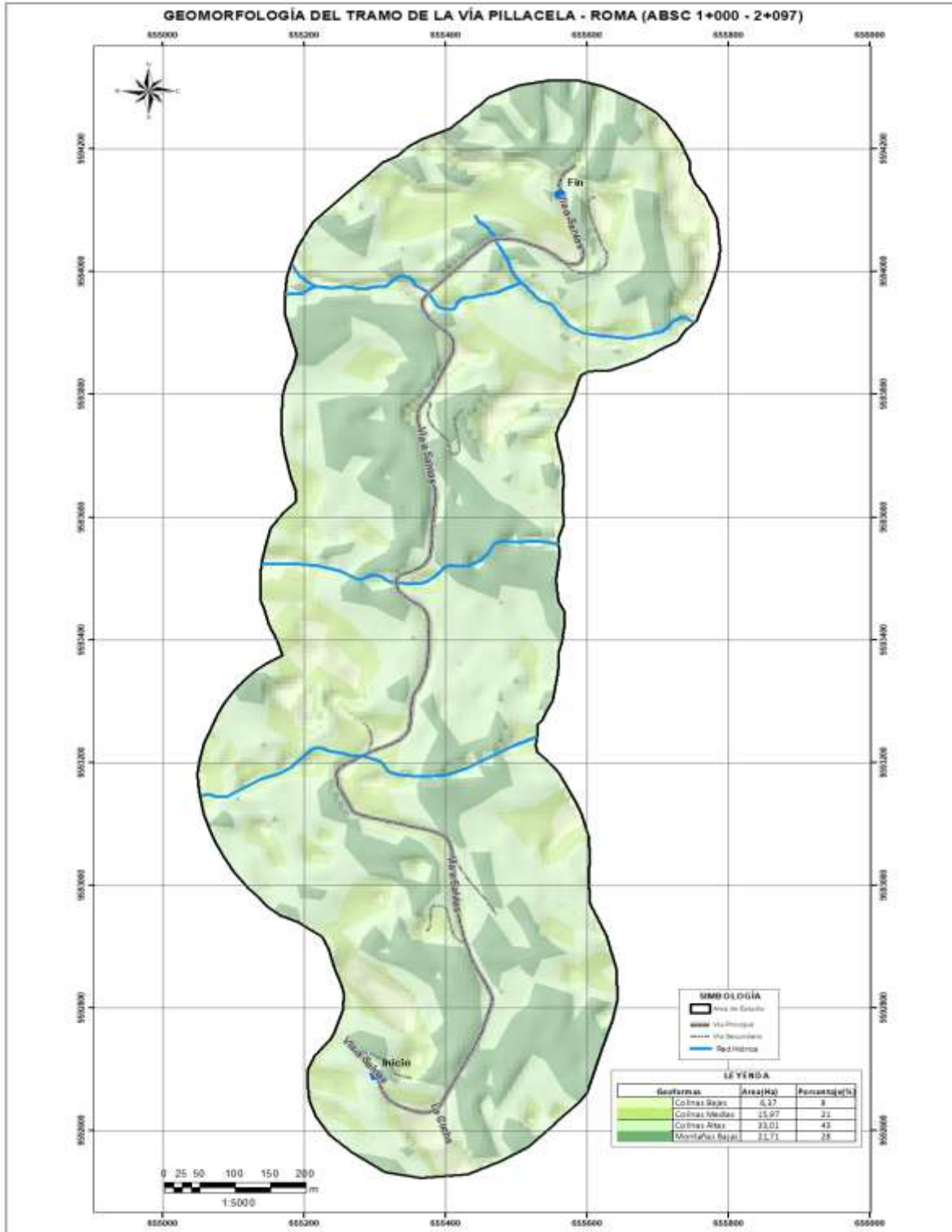
Dentro de las montañas bajas se tiene el área total 21,71 ha. Se encuentra principalmente en la parte sur, norte y centro del área de estudio. La pendiente que esta unidad posee es de 20 - 35°

Figura 23

Montañas Bajas



Figura 24
Geomorfología del tramo de la vía Pillacela-Roma (Absc 1+00-2+097)





5.4.4. Geología Regional

Dentro de la geología regional, considerando la hoja geológica de Zaruma, perteneciente a la hoja 38, NVI-E, escala 1: 100000, obtenida del INIGEMM 2017. el cantón Zaruma se encuentra dentro de la unidad Portovelo donde predominan rocas andesitas, lavas, tobas.

- **Distrito minero Zaruma-Portovelo**

Está ubicado al Sur de la Cordillera Occidental en la zona alta de la provincial de El Oro, al norte limita con el campo Mineral Molleturo en la falla Jubones, esta estructura tiene un cabalgamiento al Norte y buzamiento hacia el Sur (Pratt et al., 1997), conformando el límite entre las rocas Cretácicas (Unidad Pallatanga y Yunguilla) y el bloque Amotape-Tahuín. Al Sur limita con la falla Piñas-Portovelo (FPP), al Este con la falla Girón o Peltetec como se le denomina en el Norte del país, y al Oeste con el terreno geológico Costa.

Entre el periodo del Jurásico-Cretácico se produjo el cabalgamiento de la falla Piñas-Portovelo la cual relaciona una colisión continen-continente de los terrenos metamórficos al sur del distrito Zaruma-Portovelo (Bonilla, 2009), posteriormente en el Cretácico el desplazamiento de la falla Peltelec acreciona el complejo geológico Chaucha y Tahuín al terreno tectónico Aloa.

Adicionalmente en el distrito existe la influencia de intrusivos granodioríticos y dioríticos los cuales se encuentran formando un cinturón en sentido Noroeste-Sur este (Crespo, 2007), denominado cinturón intrusivo Cangrejos-Zaruma, conformada por el cuerpo ígneo Cangrejos, Paccha y El Poglio,

- **Complejo Metamórfico El Oro.**

Rocas metamórficas de edad Mesozoica a Paleozoica afloran al sur de la falla PiñasPortovelo y de la falla Jubones al norte del distrito, probablemente subyacen la mayor parte de la provincia. Al Noreste de la falla Jubones ocurren ventanas erosionales como San Pablo de Cebadas, Manu y en el río San Luis, las cuales evidencian la continuidad de las rocas metamórficas que en estas localidades se encuentran cubiertas por rocas volcánicas del Oligoceno. La litología está caracterizada por rocas metasedimentarias como pizarras y conglomerados, incluyendo rocas de bajo grado como subesquistos verdes. Gneises y algunos granitos contienen granates los cuales afloran en Manu y San Pablo de Cebadas.

- **Grupo Saraguro**

Esta formación geológica se adelgaza hacia a cordillera real, en la falla Girón tiene un espesor de 1 km. Al Sur de la falla Jubones tiene un espesor menor a 1 km. Su litología está



comprendida por tobas de flujo de ceniza con textura soldada de composición dacítica a riolítica, también lavas andesíticas masivas y porfídicas, brechas y rocas sedimentarias (Dunkley & Gaibor, 1997). Pertenece al Eoceno tardío a Oligoceno (Hungerbühler et al., 2002 en Schütte, 2010). El grupo está conformado por las unidades litológicas Portovelo, Jubones, Las Trancas, Paccha Rumi, La Fortuna y La Paz.

Rocas Intrusivas Comprende las numerosas intrusiones del cinturón Cangrejos – Zaruma de dirección Noroeste-Sureste (Spencer, 2002). Entre ellos el intrusivo de El Poglio, Paccha y Cangrejos, de composición cuarzo dioritas, granodioritas y cuerpos intrusivos riolíticos (Spencer et al., 2002 y Schütte, 2010). Responsables de la formación de depósitos epitermales y pórfidos. La intrusión de Paccha que alberga un área de 150 km², en dataciones por el método potasio-argón se atribuye a 16.89 +/- 0.16 Ma, por su parte la granodiorita de Shangli tendría una edad de 17.64 ± 0.61 Ma, corroborando que el cinturón Intrusivo Zaruma-Cangrejos es de edad Miocénica

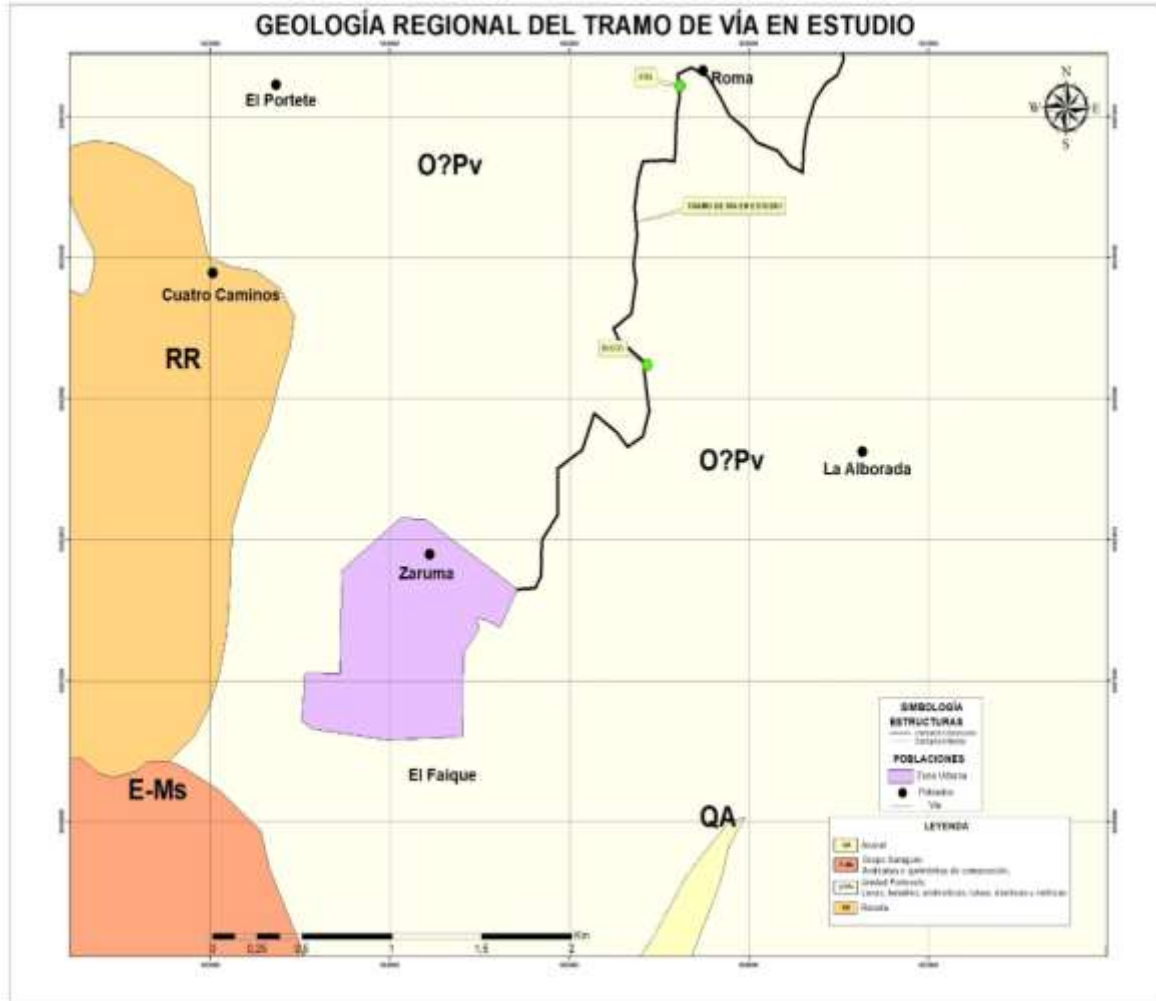
- **Unidad Portovelo**

Esta unidad fue estudiada por Billingsley (1926) y definida por Pratt et al. (1997). Se halla en contacto tectónico con rocas metamórficas del Complejo Metamórfico El Oro a lo largo de la falla Piñas- Portovelo. Aflora entre los poblados de Zaruma, Malvas, Arcapamba y Huertas y próximo al río Luis (9.593.100 - 672.100), en donde sobreyace en discordancia al basamento metamórfico.

No obstante, la Unidad Portovelo fue incluida en las formaciones Celica (DGGM 1982), Piñón (DGGM 1973 y 1975) y en las Volcanitas Saraguro (BGS and CODIGEM1993). En la comarca estudiada define un amplio registro de la actividad magmática plutónica y volcano efusiva terciaria. Comprende mantos de lavas basalto-andesíticas y andesíticas de textura porfírica, tobas andesíticas y dacíticas. También incluye tobas de ashflow riolíticas a dacíticas con intercalaciones sedimentarias (pizarras-cherts) menores. De acuerdo a Billingsley (1926), esta unidad la integran de E a O tres Series: Muluncay, Portovelo y Faique. La Serie Muluncay constituye la base de la Serie Portovelo y está representada por brechas volcánicas, tobas y flujos de composición andesítica e ignimbritas. La Serie Portovelo comprende lavas andesíticas y basalto-andesíticas. La secuencia posee rumbo NOSE e inclina 35° a 40° al SO. La actividad magmática prosigue con la Serie Faique, que se localiza al O y se sobre impone a la Serie Portovelo.

Finalmente, en la Figura 25 se muestra la representación de la Geología Regional del área de estudio.

Figura 25
Geología Regional del área de estudio



Nota: Fuente: Hoja geológica de Zaruma. Modificado por: El Autor, 2023.

5.5. Metodología para el primer objetivo

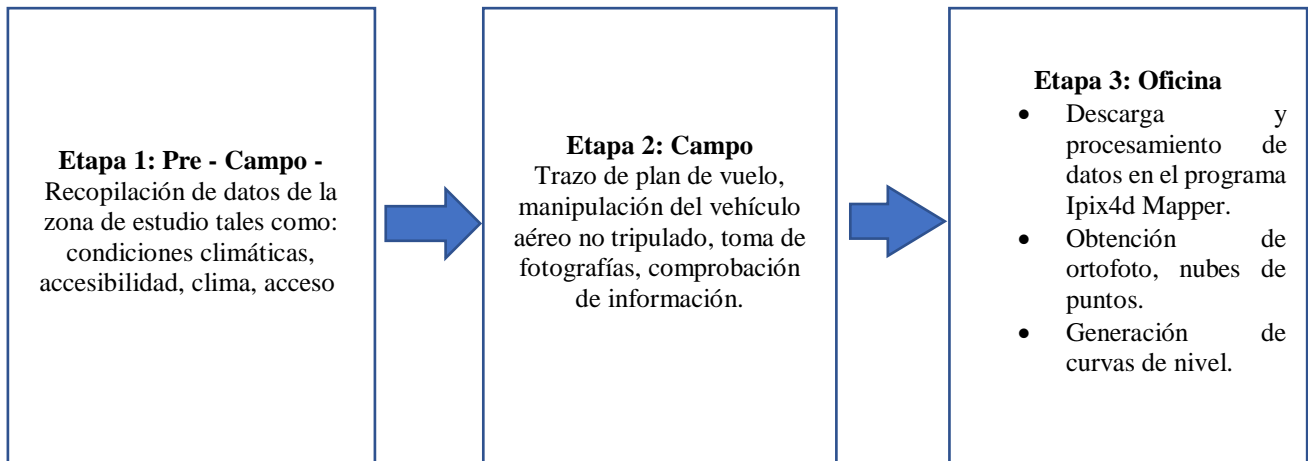
“Elaborar un levantamiento topográfico y geológico de la vía Zaruma – Roma, Tramo Pillacela-Roma”

5.5.1. Topografía

En la figura 26 se muestra las 3 etapas para el levantamiento topográfico:

Figura 26

Esquema utilizado para el levantamiento topográfico



5.5.1.1. Trabajo pre-campo.

Primero se constató algunos factores del lugar de estudio (condiciones climáticas, accesibilidad), después se trazó el plan de vuelo del Dron, teniendo en cuenta los puntos de control terrestres, para este vuelo se eligió un lugar adecuado, en donde permita mejor visibilidad del área de estudio.

5.5.1.2. Trabajo de Campo.

Se definen puntos de control terrestres los cuales deben ser levantados con Estación total, con el fin de realizar un ajuste en el post-proceso. Para la toma de puntos se lo realiza mediante tableros de color negro con azul colocados sobre el terreno, adicionalmente marcas con pintura azul en la zona, para que el reconocimiento en la etapa post proceso a través del software sea mucho más eficiente.

Una vez ubicados los puntos de control y georreferenciados, se procedió a realizar el vuelo del dron.

Tabla 4

Puntos de control dispuesto por el Catastro

Puntos de control				
Punto	Norte	Este	Altura	Descripción
1	9592684	655301	1270	C1

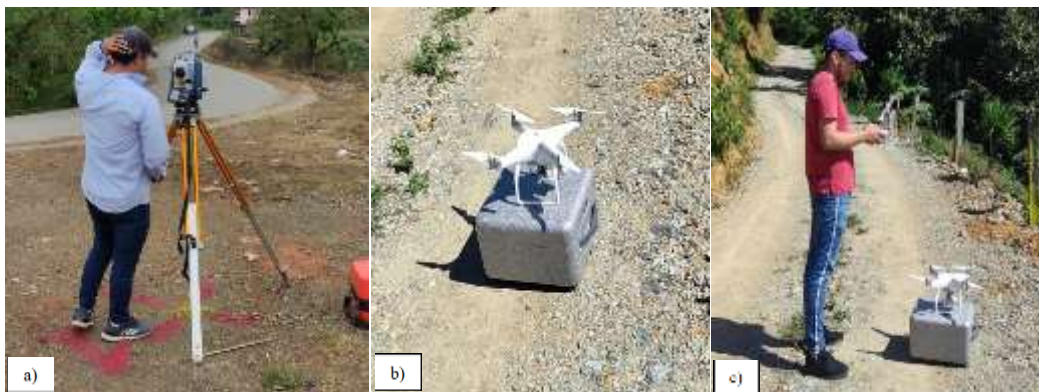
Nota: Fuente: Catastro (2022)

Seguidamente en la tabla 5 se presentan los puntos de control levantados en campo:

Tabla 5
Puntos levantados en campo

Punto	Puntos de control			Descripción
	Norte	Este	Altura	
1	9592684	655301	1270	C2
2	9592636	655388	1222	Aux
3	9592780	655457	1197	C3
4	9592902	655428	1219	Aux
5	9593072	655403	1210	Aux
6	9593119	655270	1183	C4
7	9593187	655249	1172	C5
8	9593248	655346	1141	Aux
9	9593505	655341	1111	Aux
10	9593864	655407	1087	C6
11	9594047	655459	1089	Aux
12	9594118	655563	1101	C7

Figura 27
Proceso para levantamiento topográfico con dron



5.5.1.3. Trabajo de oficina

Al finalizar el vuelo fotogramétrico, se procedió a descargar todas las fotos que se tomaron con el dron, las fotos fueron procesadas por el software Pix 4DMapper, el cual transformó a pixeles. Dichos pixeles se les asignó una coordenada y se georreferencia con los puntos de control.

Una vez que los pixeles estén georreferenciados se procedió a la depuración, lo cual consiste en la eliminación de la vegetación, casas, vehículos, que pueden generar error en la elaboración del modelo.



Seguidamente se obtuvo una ortofoto u ortomosaico, a partir del cual se elaboró las curvas de nivel.

Finalmente, con la información adquirida en el proceso anterior, se exportó al programa Argis 10.3 en donde se obtuvo las curvas a cada 5 metros para las curvas principales y cada metro para las secundarias en el Datum WGS 84, Zona 17 Sur, finalmente se elaboró el mapa topográfico a escala 1:5000.

5.5.2. Mapa de Pendientes

Para la elaboración del mapa de pendientes de la zona de estudio se aplicó la metodología propuesta por Demek (1972) el cual clasifica las pendientes en 5 categorías (Ver Tabla 6)

Tabla 6

Clasificación de pendientes, según Demek (1972)

Rango	Descripción
0- 5°	Pendiente Ligeramente Inclinada
>5°-15°	Pendiente Fuertemente Inclinada
>15°-35°	Pendiente Muy Inclinada
>35°-55 °	Pendiente Empinada
>55-90	Pendiente Vertical

Nota: Fuente: Demek (1972). Modificado por el Autor (2023)

Con la base topográfica se realizó el mapa de pendientes utilizando el software Argis 10.3, los cuales se siguieron los siguientes pasos: Con la ayuda de la herramienta 3D Analysis/Create Tin, se creó el modelo TIN (triangle Regular Network o Red de triangulación Regular), partiendo de las curvas obtenidas anteriormente.

Luego de haber obtenido el modelo TIN, este se lo convirtió a modelo DEM (Modelo Digital de Elevación) con la herramienta Conversion/From Tin/Tin to Raster.

Finalmente, con el Modelo Digital de Elevación a través de la herramienta de análisis espacial se generó la Pendiente, y a su vez se reclasificó según la metodología propuesta por Demek (1972), y luego de haber obtenido el mapa reclasificado de la pendiente se lo convirtió a formato vectorial, obteniendo el mapa de pendientes.

5.5.3. Levantamiento Geológico

El levantamiento geológico se realizó utilizando el método de mapeo por afloramientos propuesta por Llambias y Echeveste (2017).

Sobre la base topográfica obtenida a escala 1.5000 y con la carta geológica de Zaruma a escala 1:100.000 CT-NVI-3 hoja 38, se delimitó la geología regional.

La descripción de la geología local encontrada en la zona de estudio se lo realizo mediante la descripción de afloramientos. Utilizando fichas de campo se describió un total de

15 afloramientos de origen antrópico, producto de la apertura de la vía, así como secundarias de acceso privado. Además, en algunos de ellos se recolectaron muestras de mano de roca para su posterior observación y descripción de la geología identificada en la zona.

Finalmente, en base al mapa topográfico y los datos obtenidos en campo se procedió a realizar el mapa geológico, para lo cual inicialmente se ubicó en el mapa topográfico los afloramientos y con la ayuda del Software ArcGIS se digitalizó la geología en formato vectorial generando los respectivos shapefiles, y con lo cual se obtuvo el mapa geológico local a escala 1:5000.

En la Tabla 7 se muestra los afloramientos considerados para la descripción geológica:

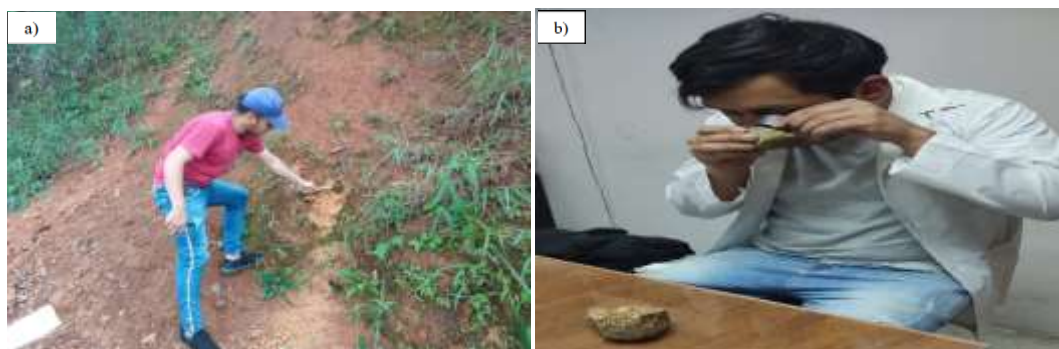
Tabla 7

Afloramientos antrópicos encontrados en el área de estudio

Nro. Afloramiento	Coordenadas UTM/WGS84			Tipo de Afloramiento
	X	Y	Z	
1	655355	9592634	1247	Antrópico
2	655412	9592701	1255	Antrópico
3	655412	9592799	1250	Antrópico
4	655274	9593114	1213	Antrópico
5	655444	9592852	1252	Antrópico
6	655404	9592980	1231	Antrópico
7	655512	9591030	1214	Antrópico
8	655270	9593127	1207	Antrópico
9	655348	9593310	1201	Antrópico
10	655372	9593549	1073	Antrópico
11	655369	9593799	1159	Antrópico
12	655382	9593918	1138	Antrópico
13	655386	9593990	1127	Antrópico

Figura 28

Levantamiento en campo y oficina



5.5.3.1. Calicatas.

Se realizaron un total de 4 calicatas en el área de estudio distribuidas en sectores en donde no se contaba con afloramientos, como resultado se obtuvo los respectivos perfiles litológicos en donde están conformados por materiales tales como limos, arcillas, y materia orgánica en la parte superior, lo que permitió correlacionar con la litología y representarla.

Para complementar y corroborar la geología local se realizaron un total de 4 calicatas geológicas, cuya ubicación se muestra en la siguiente tabla 8.

Tabla 8

Ubicación de calicatas geológicas

Nro. de Calicata	Coordenadas UTM		
	X	Y	Z
1	655229	9593886	1140
2	655233	9593575	1132
3	655206	9592894	1124
4	655453	9593148	1152

5.5.4. Levantamiento y reconocimiento de deslizamientos

Para el levantamiento de los deslizamientos de la zona de estudio se empleó fichas de inventarios de deslizamiento, además se calculó los parámetros morfométricos donde se obtuvo las dimensiones del deslizamiento. A continuación, en la tabla 9 se muestra la terminología recomendada por el IAEG Commission on Landslides (1990):

Tabla 9

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	-

Nota: Fuente: *Obtenido de Suarez (1998)*

Para el reconocimiento del tipo de deslizamiento se utilizó la metodología propuesta por Varnes (1978), Hutchinson (1988), en donde mencionan que se debe tener en consideración 4 etapas las cuales son:

- 1) Etapa de deterioro o antes de la falla donde el suelo es esencialmente intacto.

- 2) Etapa de falla caracterizada por la formación de una superficie de falla o el movimiento de una masa importante de material.
- 3) La etapa post-falla que incluye los movimientos de la masa involucrada en un deslizamiento desde el momento de la falla y hasta el preciso instante en el cual se detiene totalmente.
- 4) La etapa de posible reactivación en la cual pueden ocurrir movimientos que pueden considerarse como una nueva falla, e incluye las tres etapas anteriores.

En la tabla 10 se presenta la clasificación y descripción de deslizamiento propuesto originalmente por Varnes (1978).

Tabla 10

Tipos de deslizamientos

Tipo	Descripción
Caído	Cualquier tipo de masa se desprende de un talud de pendiente fuerte, a lo largo de una superficie, en el cual ocurre ningún o muy poco deslizamiento de corte y desciende principalmente, a través del aire por caída libre, a saltos o rodando.
Inclinación o Volteo	consiste en una rotación hacia adelante de una unidad o unidades de material térreo con centro de giro por debajo del centro de gravedad de la unidad y generalmente, ocurren en las formaciones rocosas.
Reptación	Consiste en movimientos muy lentos a extremadamente lentos del suelo subsuperficial sin una superficie de falla definida.
Rotacional	La superficie de falla es formada por una curva cuyo centro de giro se encuentra por encima del centro de gravedad del cuerpo del movimiento
Traslacional	El movimiento de la masa se desplaza hacia fuera o hacia abajo, a lo largo de una superficie más o menos plana o ligeramente ondulada y tiene muy poco o nada de movimiento de rotación o volteo
Flujo	En un flujo existen movimientos relativos de las partículas o bloques pequeños dentro de una masa que se mueve o desliza sobre una superficie de falla. Los flujos pueden ser lentos o rápidos

Nota: Fuente: Suarez (1998)

5.6. Metodología para el segundo objetivo

“Determinar las propiedades físico – mecánicas de los geos materiales del tramo de la vía en estudio”

5.6.1. Propiedades Físico-Mecánicas de los materiales

➤ **Sondeo Eléctrico Vertical (SEV)**

Se realizaron 3 sondeos eléctricos verticales los cuales fueron ubicados en los 3 taludes (D1, D2 y D3) más representativos en el tramo de estudio. En la tabla 8 y figura 29 se muestra su ubicación

Figura 29
Ubicación de los SEVS



Tabla 11
Ubicación de los Sondeos eléctricos verticales

SEV	COORDENADAS WGS 84 ZONA 17 S		LONGITUD
	X	Y	
1	9592690	655378	70 m
2	9593633	655296	70 m
3	9593804	655346	70 m

- **Trabajo en Campo**

Se utilizó un equipo de marca ABEM modelo Terrameter SAS 4000, el cual tiene un alcance de un voltaje máximo de 400 voltios de salida a los electrodos, en este se controla la inyección de corriente, medida potencial y configuración electrónica.

Se aplicó el modelo Slumberger el cual trata de una composición simétrica de los electrodos AMNB y se distribuyeron sobre una misma línea, en la cual la distancia de los electrodos detectores MN es mucho menor que los inyectores AB.

Una vez fijado el lugar de trabajo se comenzó a introducir corriente eléctrica al subsuelo desde la superficie mediante los electrodos A y B llamados electrodos de corriente y medir la

caída potencial eléctrica con los electrodos M y N llamados de potencial, seguidamente se fue aumentando progresivamente la distancia entre ellos, manteniendo el punto central fijo, y anotando los resultados en las fichas técnicas. Anexo (3).

Esto se realizó tomando en consideración que debieron estar alineados y rectos.

Los datos obtenidos en campo se continuaron con el cálculo de la resistividad aparente la cual se describe a continuación:

$$(4) \quad \rho a = K (\Delta V / I)$$

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

Figura 30

Ejecución del ensayo SEV en campo



Los resultados obtenidos de los ensayos se representan en un gráfico log-log, donde el eje horizontal es una representación en escala logarítmica de la mitad de la distancia entre los electrodos de corriente ($AB/2$), y el eje vertical es una representación en escala logarítmica De la resistividad aparente (ζa).

La interpretación de los datos de resistividad eléctrica se la realizó en dos etapas que consistieron en lo siguiente:

En la primera etapa, se realizó una interpretación cuantitativa y cualitativa de las curvas de los sondeos eléctricos verticales, la misma que consistió en una comparación manual de las



curvas obtenidas en el campo con las curvas teóricas establecidas en los libros de Resistividad Eléctrica, escritos por los por los autores Orellana - Mooney y Pilaeb A. M. A continuación, en la tabla 12 se muestra el material con su respectiva resistividad que se tomó en cuenta para la interpretación de las curvas.

Tabla 12

Materiales con sus respectivas resistividades

Materiales	Restividad (Ωm)
Basamento. Roca sana con diaclasas espaciadas	>10000
Basamento. Roca fracturada	1500-5000
Basamento. Roca fracturada saturada con agua corriente	100-200
Basamento. Roca fracturada saturada con agua salada Gruss	1-100
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	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: Fuente: Arias et al.,(2012)

En la segunda etapa, con los datos recolectados se procedió a procesar los resultados para la obtención de la potencia y resistividad de los materiales, dicho procesamiento se lo hizo mediante el software IPI2Win, el cual permite conseguir las curvas aparentes. Luego se introduce los espesores de las capas y sus resistividades respectivas.

Por último, se interpretó la litología contrastando en función a la geología local, y tablas con resistividades patrón de diferentes suelos.

Se tomó en cuenta, el proceso de inversión, en donde se ajustó las medidas tomadas en campo, para minimizar el error.

5.6.2. Exploración Geotécnica

➤ Ensayo de Penetración estándar (S.P.T)

Desarrollado bajo la normativa ASTM D-1586 y según la metodología descrita anteriormente, se realizaron 3 ensayos de penetración estándar (SPT), los cuales están ubicados siguiendo a lo largo del tramo de la vía, con la finalidad de realizar una correlación e interpretación final integra. En la Figura 31, se muestra la ubicación de los ensayos SPT.

Figura 31

Ubicación de los ensayos SPT



• Trabajo de Campo

Con la descripción previa y la geología del terreno obtenida se procedió a realizar 4 Ensayos de Penetración Estándar (SPT), los mismos que fueron ubicados a lo largo del tramo de vía, tomando en cuenta los deslizamientos más representativos.

Los SPTS se los realizó con una profundidad de promedio de 2 a 6 metros, con su respectiva recuperación de muestras por cada metro explorado, las mismas que se obtuvieron mediante la herramienta sacas muestras partido, aplicando la norma NTE INEN-ISO 22476-3.

Para la ejecución de los ensayos SPT en campo, previamente se removió la cobertura vegetal en donde el pozo debe estar limpio para garantizar que el material no esté alterado. Luego se enrosca el muestreador al extremo de la tubería de perforación y se baja hasta la profundidad donde se encuentra el material sobre el cual se va a hacer la prueba. Posteriormente se procedió a la colocación del martillo en la posición guiado por la tubería de perforación, el

cual se elevó por un cable manual, el mismo que se encuentra suspendido del trípode con una polea.

Seguidamente se deja caer el martillo sobre el cabezote de la tubería de perforación y se contabiliza el número de golpes, para cada uno de los segmentos de 15 cm marcados. No se tiene en cuenta los golpes para el primer segmento, puesto que es el de penetración inicial al terreno. Se suman los golpes aplicados para que penetre el tubo en el segundo y tercer segmento, obteniéndose así el valor de “N”. Finalmente se llevó a la superficie el muestreador y se abre obteniéndose la muestra alterada de cada metro de perforación a percusión, luego se procede al etiquetado y transporte de la muestra al laboratorio para su posterior análisis.

Figura 32

Ejecución de los ensayos SPT en campo



- **Trabajo de Gabinete**

Con las muestras obtenidas en campo, se procedió a realizar los respectivos análisis de las muestras en el laboratorio de suelos Dicons S.A., con sus respectivas normas como se detalla en la tabla 13.

Tabla 13

Ensayos de suelo

Ensayos de Laboratorio	Normas
Humedad natural	ASTM D 2216 – 98
Límite líquido	ASTM D 423 – 66
Límite plástico	ASTM D 424 – 59
Granulometría	ASTM D 421 – 58

Para la obtención de humedad natural, la norma ASTM D 2216 – 98, en un espécimen con la muestra se seca en un horno a la temperatura de 110 ± 5 hasta obtener una masa constante. La pérdida de la masa debido al secado se considera que es la masa de agua. El contenido de humedad se calculó utilizando la masa de agua y la masa del espécimen seco.

La norma ASTM D 423 – 66 menciona que para obtener el límite líquido siguen los siguientes pasos:



- Primero se tamizó el suelo seco por el tamiz #40, aproximadamente 300 g, el cual será necesario para el ensayo, luego se agregó una cantidad de agua controlada a la muestra tamizada para darle consistencia al suelo.
- Se dejó un tiempo para que la fase líquida y sólida se mezcle homogéneamente, luego se colocó aprox 50 y 70 gr de muestra en la copa y expendiendo la misma con una espátula.
- A continuación, se niveló la pasta de suelo con la espátula hasta alcanzar 1 cm de profundidad en el centro de la copa. Seguidamente usando el ranurador, se separó la mezcla depositada en la copa de la máquina en dos mitades según el eje de la simetría de la copa. Por último, se procedió a girar la manivela de la máquina de casa grande para aplicar golpes de 1 cm de caída libre al material hasta que esta sufra un cierre de 1 cm en la parte del centro, El número de golpes está en el rango de 15 a 35.

Para la obtención de límite plástico se siguieron los siguientes pasos como menciona la norma ASTM D 424 – 59.

- Se homogenizó 300 gr de suelo que pasó por el tamiz #40 y se humedece la muestra del mismo modo que se realizó para el ensayo de límite líquido, seguidamente se moldean los cilindros de 3 mm a mano o con la placa especial,
- El ensayo se detuvo cuando el cilindro empezó a presentar fracturas o grietas, por último, se colocan de 15 a 20 cilindros en cada tarro, para ser introducidos durante 24 horas al horno con la finalidad de conocer la humedad del suelo.

Con los resultados de los ensayos, se procedió a realizar la correlación de los datos de los SPT con respecto a la compactación relativa de la arena, y la resistencia a la compresión simple de los suelos cohesivos.

La consistencia relativa permite determinar cuán firme o sólido es el suelo del área de estudio, en donde se utiliza la siguiente fórmula:

$$(5) \quad Cr = \frac{LL-CH}{IP}$$

En la tabla 14 se describe los términos de la densidad relativa de las arcillas

Tabla 14

Consistencia relativa a partir de N de los SPT

Ncorr, g/p	Densidad Relativa, Dr, %	Descripción de Compactación
0 – 4	0 – 15	Muy suelto
4 – 10	15 – 35	Suelto
10 – 20	35 – 50	Medianamente suelto

20 – 30	50 – 65	Medianamente denso
30 – 50	65 – 85	Denso
> 50	> 85	Muy denso

Nota: Fuente: Aguilar (2013)

Para el comportamiento de las arcillas es un valor adimensional que permite determinar el comportamiento, actividad potencial de cambio de volumen y el tipo de arcillas, para ello se utiliza la siguiente formula:

$$(6) \quad A = \frac{I_p}{\text{Fracción de arcillas (\% < 2mm)}}$$

Tabla 15

Clasificación de las arcillas según su comportamiento "A"

Actividad	Clasificación	Tipo de Arcilla	Potencial de cambio de Volumen
< 0,75	Inactiva	Caolinita	Bajo
0,75 – 1,25	Normal	Linita	Medio
> 1,25	Activa	Montmorillonita	Alto

Nota: Fuente: Aguilar (2013)

La consistencia de las arcillas y otros suelos cohesivos se describen en la tabla 16:

Tabla 16

Consistencia de las arcillas en base al valor N y la compresión simple

N	Consistencia	Resistencia a compresión simple (qu) (Kg/cm ²)
- de 2	Muy Blanda	- de 0,25
2 – 4	Blanda	0,25 – 0,50
4 – 8	Medianamente Compacta	0,5 – 1,0
8 – 15	Compacta	1,0 – 2,0
15 – 30	Muy compacta	2,0 – 4,0
+ 30	Dura	+ de 4,0

Nota: Fuente: Aguilar (2013)

➤ Corte directo

Se realizó 3 calicatas, ubicadas en la parte superiores de los taludes a estudiarse (D1, D2, D3), la apertura de dichas calicatas permitió la recolección de 3 muestras inalteradas, de acuerdo a la norma ASTM D-3080-11.

A continuación, en la figura 33 y tabla 17 se muestra las coordenadas en donde se obtuvieron las muestras inalteradas

Tabla 17

Ubicación de las calicatas para la obtención de las muestras inalteradas

N° de Calicata	Coordenadas			Dimensiones		
	X	Y	Z	Ancho	Longitud	Profundidad
1	655385	9592678	1250	1.5 m	1.5 m	1.5 m
2	655350	9593609	1152	1.5 m	1.5 m	1.5 m

Figura 33

Ubicación de los ensayos de corte directo



- **Trabajo de campo**

Para realizar las calicatas y obtener así las muestras inalteradas se llevó a cabo la metodología propuesta por la norma INVE-104-13, en donde menciona los procedimientos y especificaciones descritas a continuación:

1. Se descubrió la capa superficial para obtener la muestra inalterada, luego se excavó hasta llegar al suelo fresco y que no haya perdido humedad.
2. Seguidamente se excavó una pequeña zanja alrededor de la marca, de ancho suficiente que permitió al operario el trabajo de tallado, parafinado y recuperación de la muestra.
3. Con herramientas adecuadas (cuchillo, martillo, cincel, sierra de alambre, etc) se realizó el tallado de las muestras teniendo en cuenta la naturaleza de las mismas, luego se procedió a aplicar una capa de plástico para evitar descascaramiento y agrietamiento, y la segunda capa de parafina para la preservación de la misma y así

conversar sus propiedades originales hasta su debido análisis de los ensayos en el laboratorio.

Cumpliendo y siguiendo la metodología se logró conservar la estructura y humedad natural de las muestras, para proceder a transportar al laboratorio y realizar los ensayos respectivos.

Figura 34

Obtención de la muestra inalterada



• **Trabajo de Laboratorio**

Para realizar los ensayos de laboratorio con muestras inalteradas se procedió a cumplir lo establecido en la norma ASTM D 3080-11, para conocer los parámetros de resistencia al corte, se utilizó la máquina de corte directo del laboratorio de suelos de la empresa “DICONS”.

Para el ensayo de corte directo se siguieron los siguientes pasos:

- 1) Sobre la muestra inalterada compacta, se introdujo el anillo de corte de 6.16 cm de diámetro y 2 cm de altura, para proceder a tallarla, y antes de proceder a la realización de la prueba se pesará la muestra, para determinar los pesos específicos y humedad del material probado.
- 2) Luego se colocó la muestra en la caja del aparato, y se la satura llenando el dispositivo de agua, para así llevarla a la cámara húmeda, en un lapso de tiempo mínimo de 24 horas. Seguidamente se colocó la caja de corte en el equipo para sobre ella ubicar el mecanismo transmisor de presión normal y se aplicó la cara normal deseada.
- 3) Enseguida se ubica los extensómetros para medir las deformaciones normal y tangencial, anotando sus lecturas iniciales, a su vez se verifico que no haya contacto entre los marcos fijo y móvil de la caja que contiene el suelo.



- 4) Por último, se inició el proceso de aplicación de la carga tangencial a una velocidad de corte de 0.001 mm/min, haciéndose lecturas de la carga aplicada y de las deformaciones normal y tangencial.

5.7. Metodología para el tercer objetivo

“Establecer la estabilidad de los taludes en base al factor de seguridad del tramo de estudio”

- **Trabajo de Oficina**

Para el análisis de estabilidad de taludes se utilizó el método de equilibrio limite en donde se estableció la rotura del terreno que se produce a través de una línea que representa la superficie de rotura. Esto ayudo a determinar si la masa del suelo por encima de la línea se moverá en relación con la masa inferior, lo que provocará la rotura del suelo. Se utilizo tres enfoques diferentes: Bishop simplificado, Janbu y Spencer.

5.7.1. Factor de Seguridad

Para el cálculo del factor de seguridad se utilizó el programa Slide 6.0, en donde se modeló los taludes que se estudiaron. Los perfiles transversales se elaboraron en el software QGis a partir de la topografía, con el fin de representar el perfil de la pendiente para luego exportar al software Slide 6.0. Los datos utilizados en el programa fueron ángulo de fricción, peso específico y cohesión, estos valores fueron obtenidos mediante los ensayos realizados de sondeo electico vertical, corte directo, ensayo de penetración estándar y revisión bibliográfica.

- **Modelo estático**

El modelado estático tiene en cuenta factores que pueden afectar la estabilidad del talud, por ejemplo: características geométricas, geológicas y geotécnicas del material geotécnico obtenido en experimentos anteriores.

Con la ayuda de las herramientas del sodware Slide 6.0 se procedió al cálculo del factor de seguridad, en donde para corroborar se tomó en consideración la fórmula propuesta por Suarez, e 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. Dado esto se empleó el método del talud infinito que permite determinar el factor de seguridad que se puede emplear en suelos alterados y homogéneos.

Para el cálculo del factor de seguridad para condiciones normales se aplicó la siguiente formula:

$$(7) \quad F_s = \frac{c}{\gamma * H * \cos 2\beta * \tan \beta} + \frac{\tan \phi}{\tan \beta}$$

En donde:

c= Cohesión

γ = Peso específico

H= Altura

β =Angulo de trabajo

θ = Diferencia del Angulo

\emptyset = Angulo de Fricción

- **Modelo Pseu-estático**

En los taludes estudiados del presente proyecto, se aplicó un análisis pseudo estático, con el fin de analizar el comportamiento en condiciones sísmicas.

El coeficiente sísmico pseudoestático corresponde a la aceleración horizontal mientras que la aceleración vertical generalmente no se tiene en cuenta. El Ecuador está dividido en seis zonas sísmica, caracterizada por el valor del factor de zona Z, en la figura 35 se muestra el factor de zona Z en función de las zonas sísmicas.

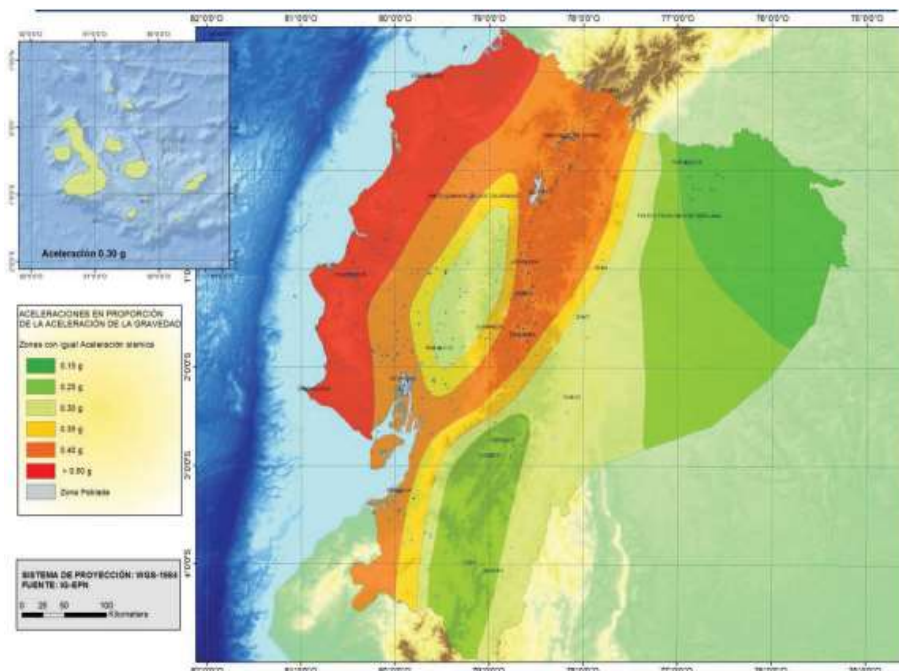
Según la norma NEC- SE. GC.2015 considera que la demanda sísmica para análisis pseu-estático será del 60 de la aceleración máxima en el terreno, para ello se utilizó la siguiente formula:

$$(8) \quad K_h = 0.6(a_{max})/g$$

Donde: $a_{max} = ZF_a$

F_a = Fuerzas actuales

Figura 35
Zonas sísmicas para diseño en Ecuador



Nota: Fuente: NEC-SE-DS (2015)



En la tabla 18 se presenta los valores del factor Z en función de la zona sísmica adoptada

Tabla 18

Valores del factor Z en función de la zona sísmica adoptada

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	Intermedia	Alta	Alta	Alta	Alta	Muy Alta

Nota. Obtenido de (NEC-SE-DS, 2015)

6. Resultados

6.1. Topografía

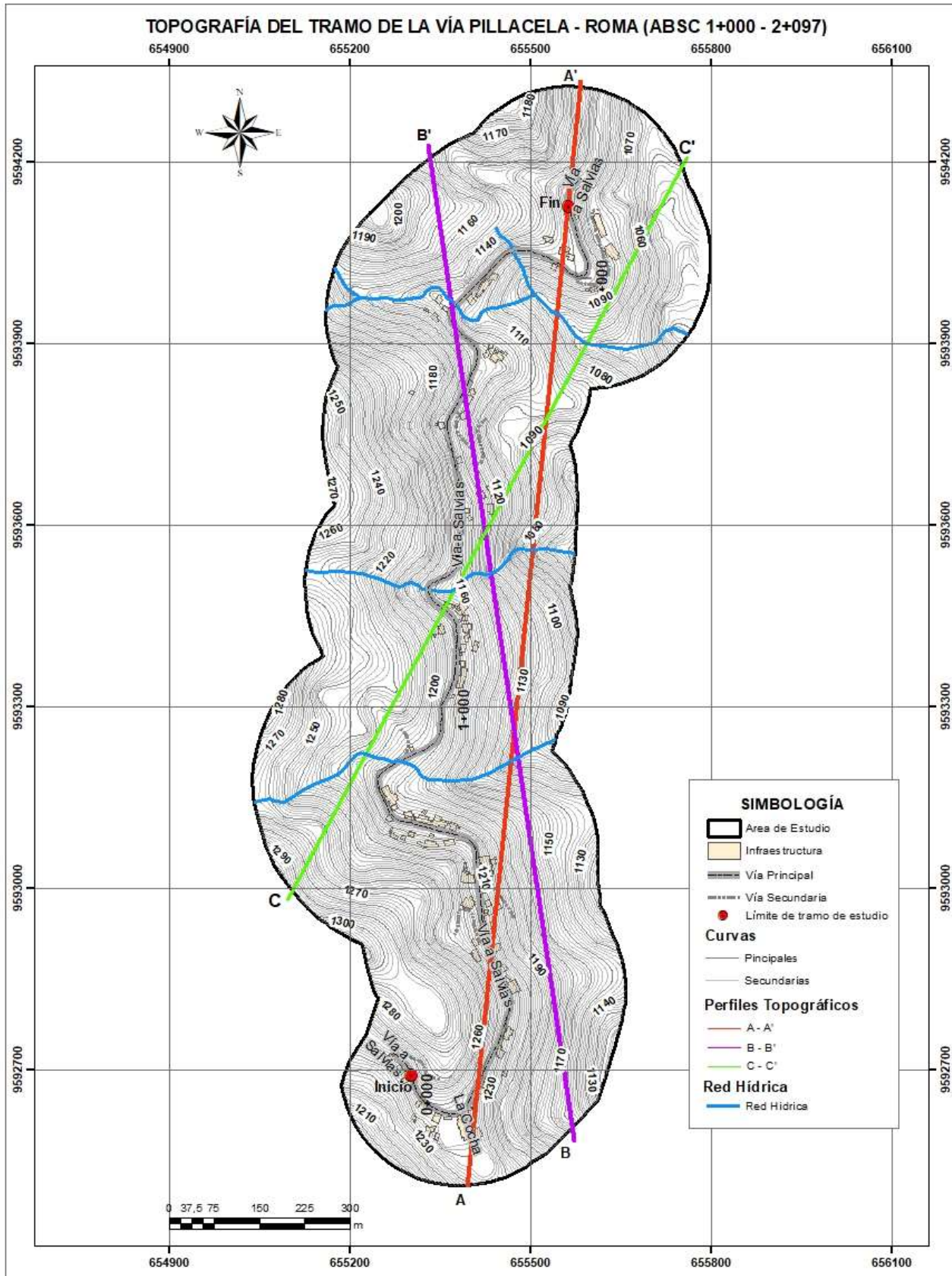
El tramo de vía levantado se lo realizó desde el barrio Pillacela hasta el barrio Romas a lo largo de la vía comprendiendo una faja de 200 m a cada lado del eje vial abarcando un área total de 83 ha., tomando como punto de partida las siguientes coordenadas UTM/WGS84: 655300; 9592683, y el punto de llegada en las coordenadas UTM/WGS84: 655565; 9594119.

El mapa topográfico está compuesto por curvas de nivel principales a cada 5 m y secundarias a cada 1 metro, obteniéndose un relieve irregular con altitudes que oscilan entre los 1060 msnm (cota más baja), la cual se presenta contigua al borde de la quebrada Roma artes y 1190 msnm (cota más alta), estas elevaciones se presentan al lado oeste del tramo de estudio donde hay colinas altas, relieves montañosos, existiendo un desnivel de 130 metros.

En el mapa también se consideró la infraestructura presente en el sector tales como los barrios Pillacela, Roma y La Florida, cuya distribución en el área es considerada, ya que se encuentran a lo largo de toda la vía, además se representó las quebradas del sector, como quebrada S/N, el zapote y roma, y por último la vía principal como secundarias. A continuación, en la Figura 36 se muestra el mapa topográfico del tramo abs. 0+000 – 2+097

Figura 36

Topografía del tramo de la vía Pillacela-Roma (Absc 1+00-2+097)



A continuación, para un mejor análisis de la topografía del tramo de estudio se realizaron 3 cortes topográficos:

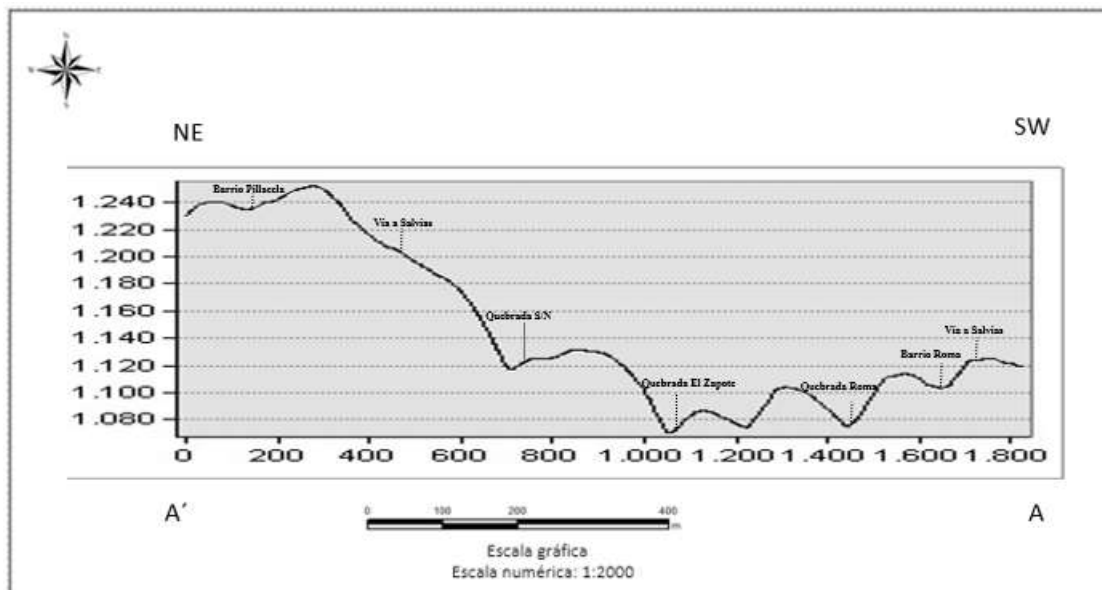
- **Perfil A'-A**

En la Figura 37 se representa el perfil topográfico A'-A, con una dirección noreste (NE) a suroeste (SW) y una longitud topográfica de 620,65 m. Además, se ha identificado que después de los 200 metros, la altitud desciende hasta alcanzar los 1120 metros, seguidamente se eleva hasta alcanzar los 1130 metros. A partir de este punto, se inicia un descenso gradual en la altitud hasta llegar a los 1050 metros, por último, se observa un patrón de variación altitudinal que se repite a lo largo del perfil, donde se observa el ascenso y descenso de las alturas.

En este perfil topográfico su cota mayor es de 1240 m.s.n.m y la cota menor es inferior a 1080 m.s.n.m, por ende, existe una diferencia de 160 m.

Figura 37

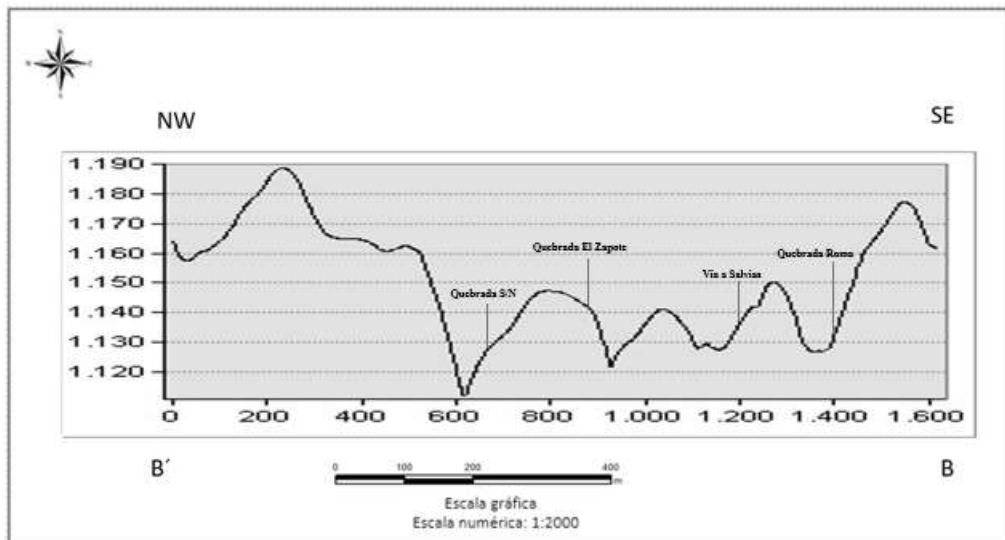
Perfil Topográfico A'-A



- **Perfil B'-B**

La figura 38 se presenta el perfil topográfico B'-B, cuenta con un desnivel de 90 metros y una longitud topográfica de 1392 metros que va desde noroeste (NW) hasta a suroeste (SW). A partir de los 20 metros se evidencia un ascenso de la altitud hasta alcanzar los 1190 metros, después se observa un patrón de ascenso y descenso de la altitud en donde se alcanza una altitud mínima de 1110 metros.

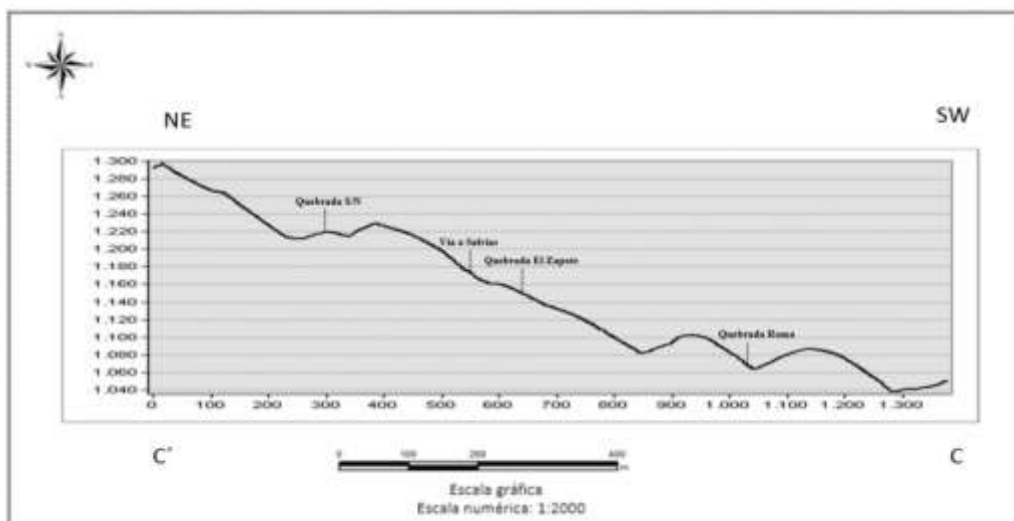
Figura 38
Perfil Topográfico B'-B



- **Perfil C'-C**

La figura 39 representa el perfil topográfico C'-C, presenta un desnivel de 260 metros entre sus cotas más alta se encuentra 1300 y la más baja 1040 m, con una longitud topográfica de 1800 metros que va de noreste (NE) a suroeste (SW). En este perfil se observa un inicio desde la altitud máxima de 1300 metros, seguido por un descenso hasta alcanzar los 1220 metros, desde este punto de mantiene hasta los 400 metros, y finalmente se observa una caída llegando hasta los 1040 metros de altitud, siendo esta la mínima.

Figura 39
Perfil Topográfico C'-C









6.2. Pendientes

El mapa de pendientes del tramo (0+000 - 2+097) se obtuvo cuatro rangos de pendientes, los cuales se presentan en la siguiente Tabla 19

Tabla 19

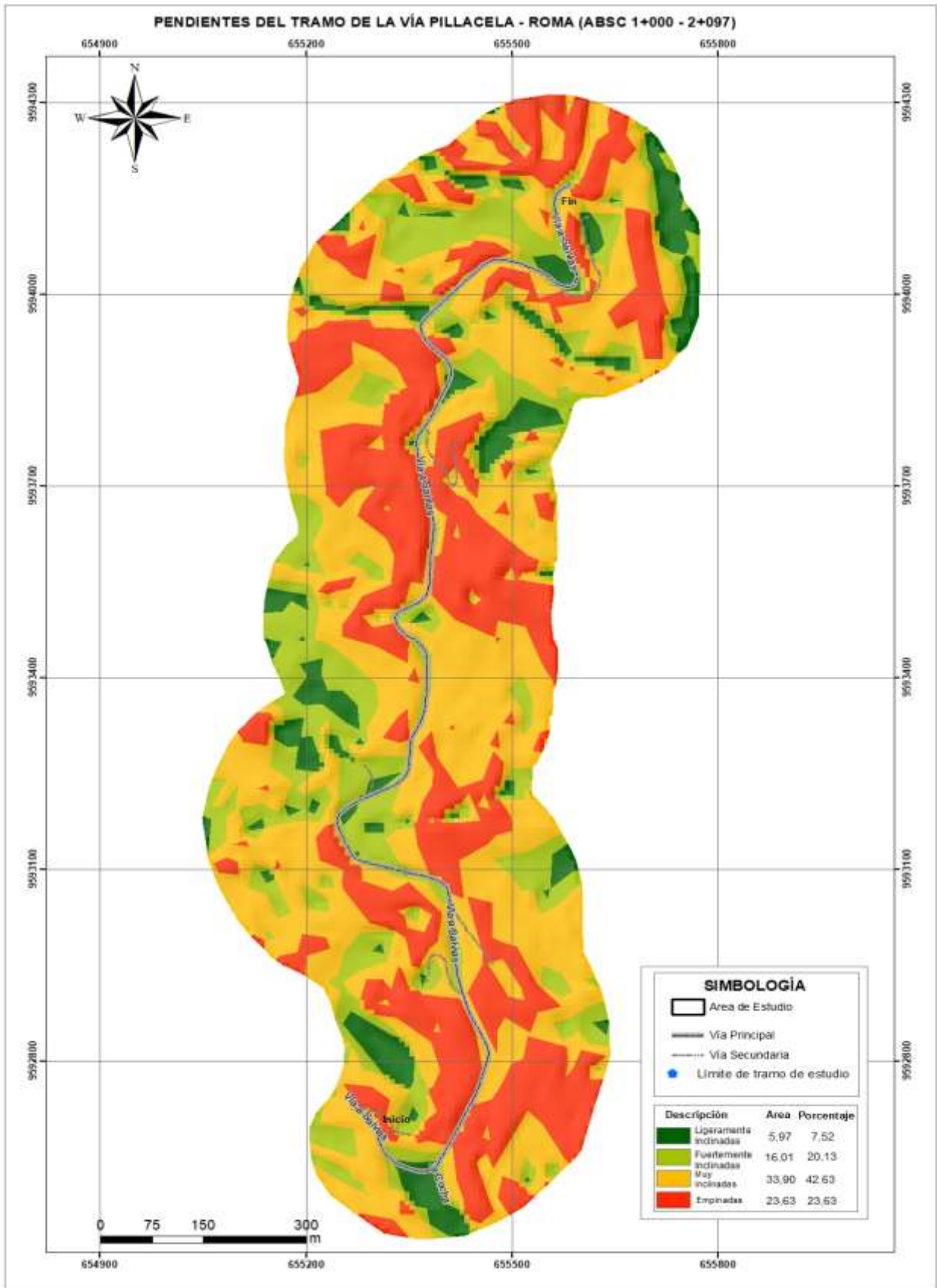
Clasificación de las pendientes del área de estudio

Simbología	Rango	Descripción	Área(ha)	Porcentaje %
	0 - 5°	Pendiente Ligeramente Inclinadas	0,35	1,40
	>5°-15°	Pendiente Fuertemente Inclinadas	2,05	8,26
	>15°-35°	Pendiente Muy Inclinadas	20,20	81,10
	>35°-45,3°	Pendiente Empinadas	2,29	9,21

En cuanto a las pendientes predominantes se obtuvo pendientes muy inclinadas con un porcentaje de 81,10% que representa 20.20 ha del área total, con el 9.21% se adquirió las pendientes empinadas con 2,29ha, así mismo se obtuvo pendientes fuertemente inclinadas con un porcentaje de 8,26% que representa 2.05 ha del área total, y finalmente se obtuvo las pendientes ligeramente inclinadas con un área de 0,35 ha y un porcentaje de 1,40%.

A continuación, en la Figura 40, se muestra el mapa de Pendientes del tramo abs. 1+000 – 2+097.

Figura 40
Pendientes del tramo de la vía Pillacela- Roma (Absc 1+000-2+097)



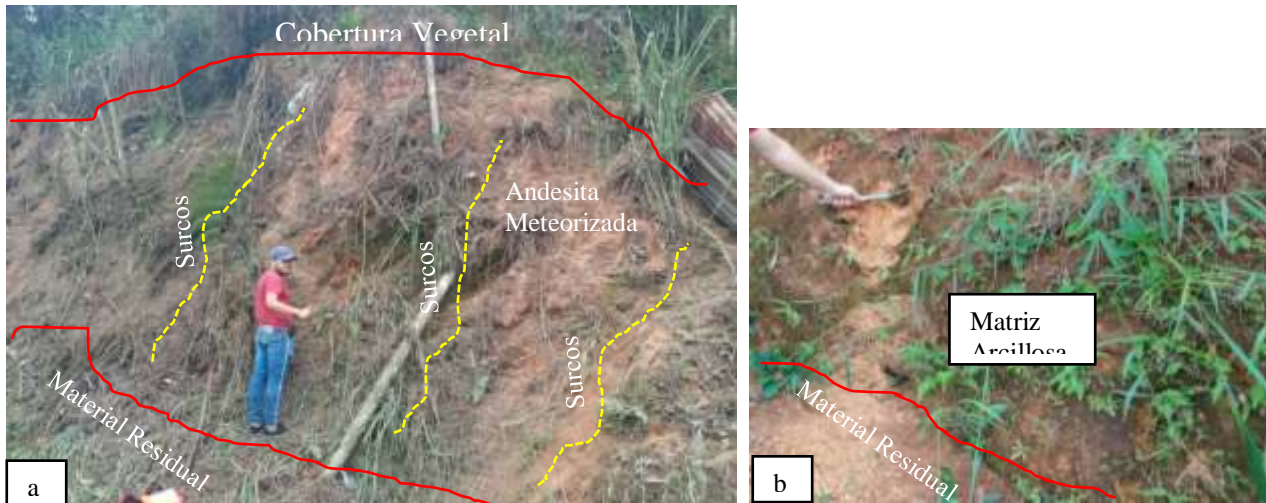
6.3. Geología Local

Geológicamente el área de estudio se localiza en la Unidad Portovelo, por ende, en su composición se presenta rocas volcánicas de composición andesítica correspondientes a esta unidad.

6.3.1. Andesita Meteorizada

Figura 41

Afloramiento antrópico ubicado en la abscisa 1+000

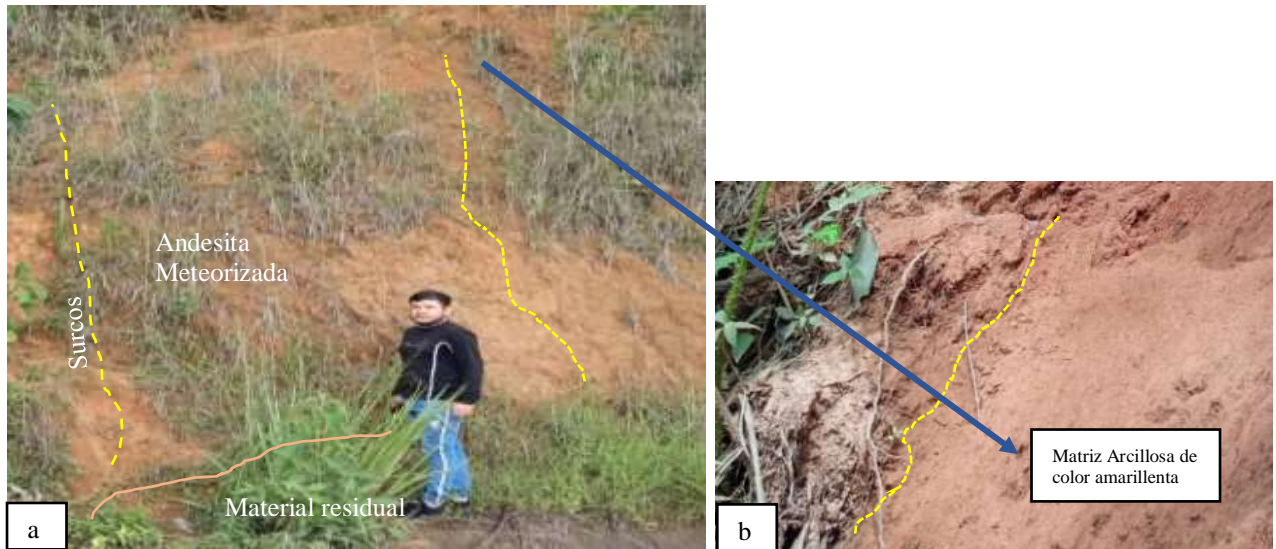


En la abscisa 1+000 se encontró un afloramiento de tipo antrópico en donde se observó una andesita altamente meteorizada, el afloramiento presenta una matriz arcillosa de grano fino con tonalidades claras y amarillentas, producto de la alteración por óxidos, principalmente ferrosos. También se evidenció la presencia de surcos, los cuales son generados por escorrentía dando lugar a la acumulación del material residual en la parte inferior del afloramiento como se muestra en la figura 41.

En el área de estudio se observó este tipo de materiales en varios tramos de vía tales como en las abscisas 1+000 hasta la 1+500, seguidamente en la abscisa 1+700 hasta 1+800, luego en el tramo 2+000 hasta 2+097.

Figura 42

Afloramiento antrópico ubicado en la Absc 1+150



En la abscisa 1+150 se encontró un afloramiento de tipo antrópico, en donde se evidencia la roca meteorizada, está conformada por una matriz arcillosa de color amarillenta, el tamaño del grano es menor a 1 mm(fino), también se observa agrietamiento o surcos producto de la escorrentía.

6.3.2. *Bloque de Andesita*

Figura 43

Afloramiento en la abscisa 1+600



En el tramo 1+300-1+3500 (margen izquierdo) se encuentra aflorando en forma de bloque una andesita, esta roca es extrusiva, pertenece a la serie Portovelo, este tipo de roca tiene una textura afanítica ya que el tamaño del grano es < 1 mm (fino), presenta una tonalidad

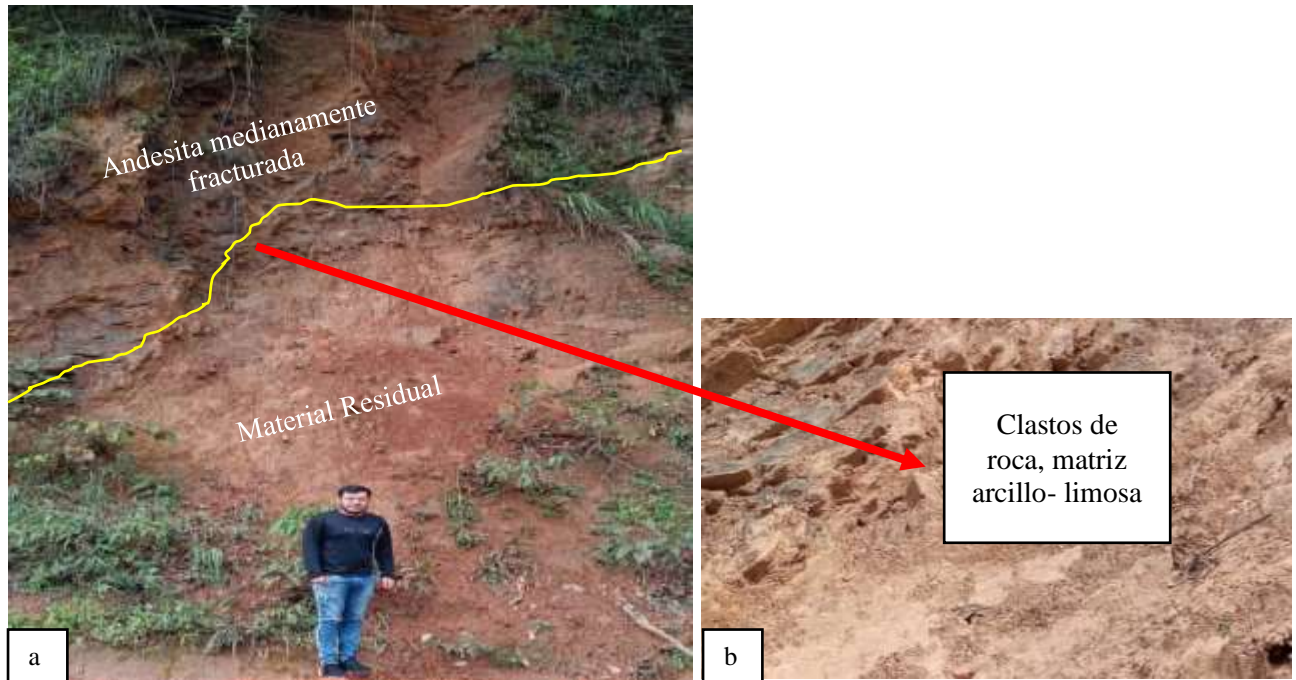
gris oscuro, mineralógicamente está compuesto por plagioclasas en mayor porcentaje, seguido con feldespatos, y por último cuarzo.

Igualmente, en el tramo 1+700 – 1+750 margen izquierdo se encontró andesita con las mismas características antes descritas. Cabe señalar que no se observó diaclasamiento en la roca de los cuales no se pudo obtener datos estructurales.

6.3.3. Andesita medianamente alterada

Figura 44

Afloramiento en la abscisa 1+650



En la figura 44 se presenta un afloramiento encontrado en la abscisa 1+650, En la parte superior del afloramiento se puede apreciar cómo cambia el aspecto de la roca, pasando a estar altamente fracturada a material residual, y se presenta un cambio de tonalidad de café oscuro a café rojizo, además la roca presenta un alto grado de disgregamiento, observando la presencia de pequeños surcos, esta roca presenta una matriz principalmente limosa con capa de materiales no consolidados, alterados, como fragmentos de roca, estos clastos subangulosos que van desde uno hasta los cincuenta centímetros, presentando diversos minerales, tales como plagioclasas, cuarzo y granos minerales.

Figura 45
Afloramiento antrópico ubicado en la abcs 1+550



En la abscisa 1 +550 se observó un afloramiento de origen antrópico, se puede observar una andesita fracturada, esta roca se encuentra en un estado de meteorización y disgregación media, los clastos de roca van de 1 a 12 cm y están conformados principalmente por minerales tales como plagioclasas en mayor proporción, y cuarzos en menor proporción.

- **Calicata 1**

Figura 46
Calicata Geológica 1 y perfil estratigráfico



En la calicata 1 realizada en las coordenadas, X:655203; Y:9593837, como se observa en la figura 46, con una profundidad y un ancho de 1 m, se observó que en la parte superior con 8 cm material orgánico y con 92 cm de arcilla de color rojizo con una plasticidad alta.

- **Calicata 2**

Figura 47

Calicata Geológica 2 y perfil estratigráfico



La calicata 2 realizada en las coordenadas X:655459; Y:9593494, se observó material orgánico con 40 cm en la parte superior, y con 60 cm de arcilla limosa color rojizo con una plasticidad alta.

- **Calicata 3**

Figura 48

Calicata Geológica 3 y perfil estratigráfico



La calicata 3 realizada en las coordenadas X:655119; Y:9593069, se observó material orgánico con 20 cm en la parte superior, y 80 cm restantes es una capa de limo de color marrón con una plasticidad baja, y también presencia de clasto de roca medianamente alteradas.

- **Calicata 4**

Figura 49

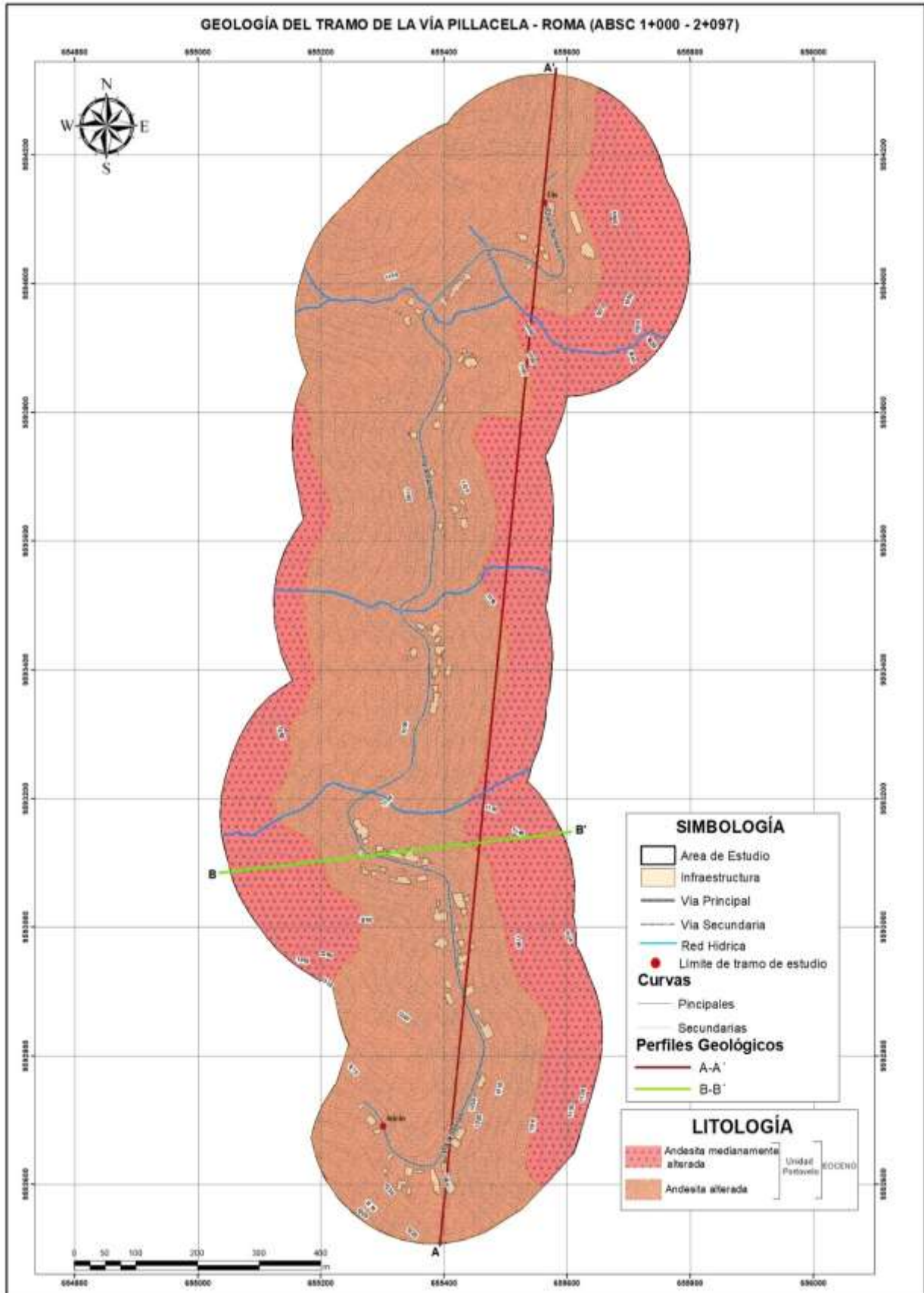
Calicata geológica 4 y perfil estratigráfico



La calicata 4 realizada en las coordenadas X:655343; Y:9592775, se observó material orgánico con 35 cm en la parte superior, y 65 cm restantes es una capa de limo arcilloso color rojiza con una plasticidad media a alta.

A continuación, en la figura 50 se representa la geológica local del área de estudio:

Figura 50
Geología local del tramo de vía Pillacela-Roma (ABC 1+00-2+097)



6.3.4. Cortes Geológicos

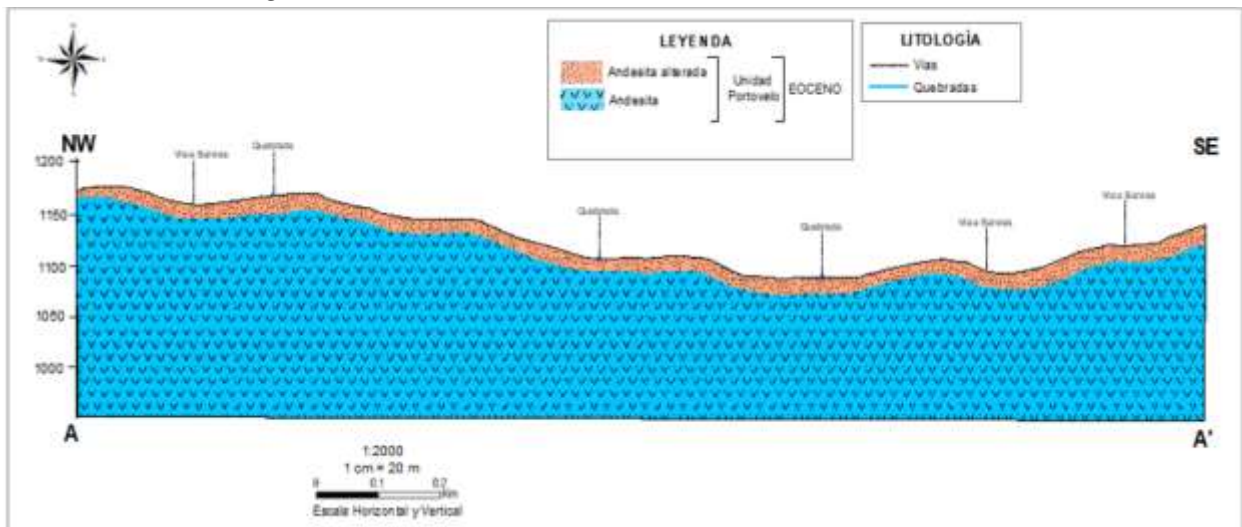
A Continuación, se representa los 2 cortes geológicos:

- **Corte Geológico A-A´**

En la Figura 51 se presenta el corte geológico A-A´, con una longitud topográfica de 1692.2 m y una orientación NW-SE. Dentro de los materiales se encontró dos tipos de materiales una andesita altamente meteorizada y una andesita sana. Debido a la acción de la meteorización, la andesita ha ido meteorizando a lo largo del tiempo, este tipo material pertenece a la serie Portovelo del Eoceno.

Este corte geológico proporciona una información valiosa de la disposición del material, así como de los procesos que han dado forma del terreno.

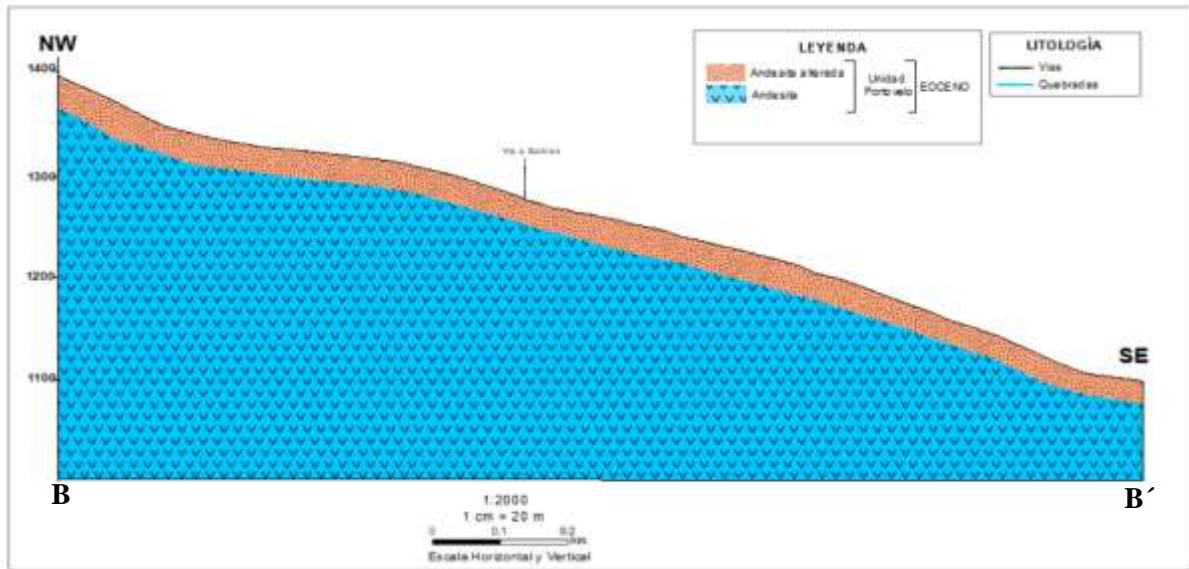
Figura 51
Corte Geológico A-A´



- **Corte Geológico B-B´**

En la Figura 52 se presenta el corte geológico B-B´, con una longitud topográfica de 530.2 m y una orientación NW-SE. Se puede observar que se encuentra 2 tipos de materiales, andesita altamente alterada, localizada en la superficie, y una andesita sana la cual, a lo largo del tiempo, producto de la meteorización, ha ido fracturándose y convirtiéndose en suelo. Este tipo de material pertenece a la unidad Portovelo del Eoceno.

Figura 52
Corte Geológico B-B'



6.3.5. Inventario de deslizamientos

- Deslizamiento 1 (D1)

Figura 53
Deslizamiento (D1) ubicado en la absc 0+156



En la parte superior del deslizamiento, se pudo observar una vegetación de tipo herbácea y arbustiva; Este talud tiene 36,3 m de ancho y una altura de 26.5 m, la matriz que conforma el deslizamiento es limo-arcillosa.

La intensidad que configura el escarpe y los márgenes del movimiento de masas es fuerte, son parcialmente visibles por la excesiva cantidad de vegetación desplazada, presenta una morfología cóncava y una superficie húmeda. A continuación, en la tabla 20 se describe los parámetros morfométricos.

Tabla 20
Parámetros Morfométricos del talud 1

Descripción	Unidades	Resultado
Ancho de la masa desplazada (Wd)	m	43.2
Ancho de la superficie de falla (Wr)	m	23.4
Longitud de la masa deslizada (Ld)	m	38.2
Longitud de la superficie de falla (Lr)	m	33.2
Longitud total (L)	m	42.5
Longitud de la línea central (Lcl)	m	37.2
Tipo de deslizamiento		Rotacional

Con los datos analizados se estableció que el deslizamiento es de tipo rotacional.

- **Deslizamiento 2 (D2)**

Figura 54
Deslizamiento D2, ubicado en la absc 1+389



El deslizamiento se encuentra ubicado en la abscisa 1+389, las dimensiones del talud son de 30,07 m de altura y 42,6 m de ancho. Este talud está conformado por una matriz arcillo-limosa; El escarpe del talud no es evidente, la intensidad que le da forma es fuerte, adema de que sus márgenes se encuentran poco evidente debido a la cantidad escasa de vegetación desplazada.

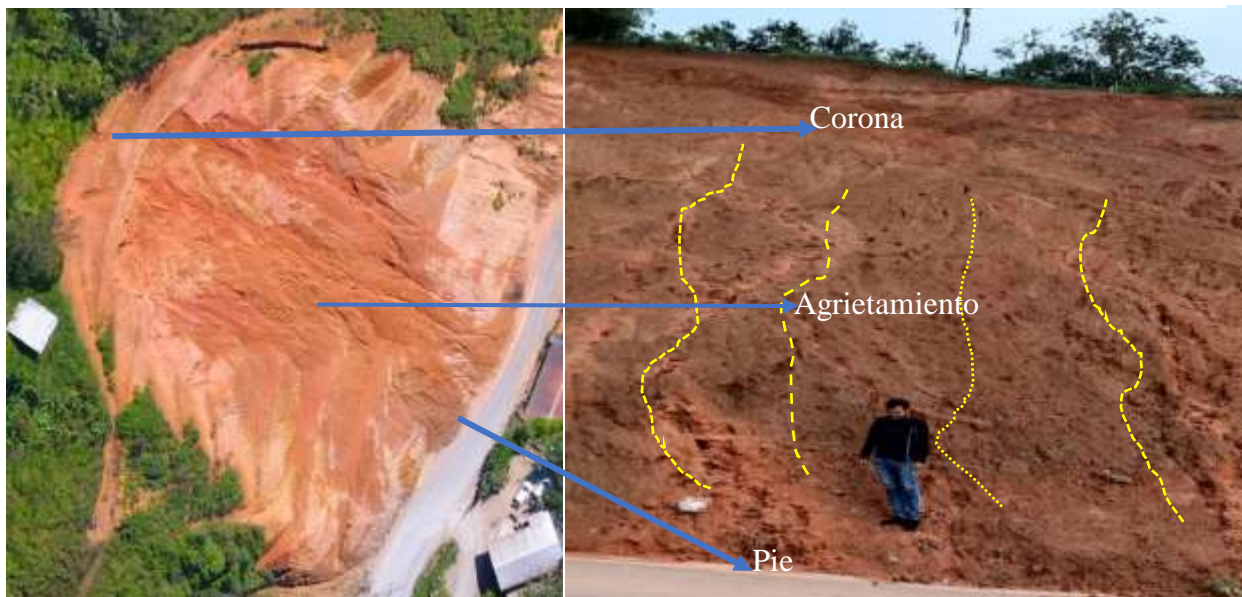
Tabla 21
Parámetros Morfométricos del talud 2

Descripción	Unidades	Resultado
Ancho de la masa desplazada (Wd)	m	65.2
Ancho de la superficie de falla (Wr)	m	55.2
Longitud de la masa deslizada (Ld)	m	62.4
Longitud de la superficie de falla (Lr)	m	52.7
Longitud total (L)	m	70.2
Longitud de la línea central (Lcl)	m	62.5
Tipo de deslizamiento		Rotacional

Este deslizamiento presenta una morfología ondulada y su superficie se encuentra ligeramente húmeda y es un deslizamiento de tipo rotacional.

- **Deslizamiento 3 (D3)**

Figura 55
Deslizamiento (D3), Ubicado en la absc 1+580



El deslizamiento se encuentra en la abscisa 1+580, la superficie se encuentra húmeda. Tiene una altura de 94 m de altura y 110 m de ancho. Al pie del talud se puede observar la masa desplazada acumulada, la litología que lo constituye es una matriz arcillo- limosa Su escarpe es bien evidente y la intensidad de la forma es clara.

Tabla 22
Parámetros Morfométricos del talud 3

Descripción	Unidades	Resultado
Ancho de la masa desplazada (Wd)	m	75.2
Ancho de la superficie de falla (Wr)	m	62.7
Longitud de la masa deslizada (Ld)	m	58.2



Longitud de la superficie de falla (Lr)	m	68.7
Longitud total (L)	m	73.2
Longitud de la línea central (Lcl)	M	67.5
Tipo de deslizamiento	Rotacional	

El deslizamiento presenta una morfología de tipo ondulada, y es de tipo rotacional.

6.4. Caracterización geológica-geotécnica de los materiales

6.4.1. Métodos Directos

6.4.1.1. Ensayos de Penetración Estándar

- SPT1

En la Tabla 23, se observan los resultados obtenidos.

Tabla 23

Resultado del ensayo de penetración estándar 1

Prof. [m]	Descripción del suelo	Clasificación S.U.C.S.						SUCS	W(%)
		Límites de Atterberg			Granulometría				
		L.L.	L.P.	I.P.	G.	A.	F.		
0.00									
1.00	Arcilla media plasticidad de color café	41.65%	24.67%	16.98%	7%	21%	72%	MH	28
2.00	Limo de alta plasticidad Arenoso de color amarillo	55.31%	32.60%	22.71%	13%	19%	68%	CH	35
3.00	Limo alta plasticidad de color amarillo	51.24%	32.61%	22.71%	0%	23%	77%	MH	32
4.00	Limo alta plasticidad de color café claro	61.05%	36.87%	24.18%	1%	25%	74%	MH	34
5.00	Limo alta plasticidad de color café claro	61.05%	36.87%	24.18%	4%	22%	74%	SM	33
6.00	Limo alta plasticidad de color café claro	60.70%	36.71%	23.99%	1%	28%	71%	MH	33

Nota: Fuente: (Dicons, 2023). Modificado por: El Autor, 2023

Tabla 24

Profundidad del SPT 1

Prof. [m]	γ húmedo [kN/m ³]	N_{SPT} [# golpes]	N_{60}	c [kN/m ²]	ϕ [°]
1.00	18.32	18.00	10.00	62.5	0.00
2.00	17.00	17.00	10.00	62.5	0.00
3.00	18.00	18.00	10.00	62.5	0.00
4.00	14.00	14.00	8.00	50.00	0.00
5.00	20.00	20.00	13.00	81.25	0.00
6.00	21.00	21.00	13.00	81.25	0.00

Nota: Fuente: Obtenido de (Dicons, 2023). Modificado por: El Autor, 2023

El SPT 1 se realizó a una profundidad de 6 m, determinando un suelo cohesivo y sin presencia de agua, a su vez se determinó la capacidad admisible del suelo el cual fue de 99.18 Kpa.

En la primera capa se tiene arcilla media de color café del tipo “MH”, con un NSPT de

28 golpes, con un contenido de humedad de 28%, y con una cohesión de 100 KN/m².

En la segunda capa se obtuvo un limo de alta plasticidad con arena de color amarillo del tipo “CH”, con un NSPT de 22 golpes, con un contenido de humedad de 33%, y con una cohesión de 75 KN/m².

La tercera capa tiene limo de alta plasticidad de color amarillo de tipo “MH”, con un NSPT de 19 golpes, con un contenido de humedad de 32%, y con una cohesión de 68.75 KN/m².

Dentro de la cuarta capa se tiene limo con alta plasticidad de color café claro del tipo “MH”, con un NSPT de 33 golpes, con un contenido de humedad de 34%, y con una cohesión de 108.75 KN/m².

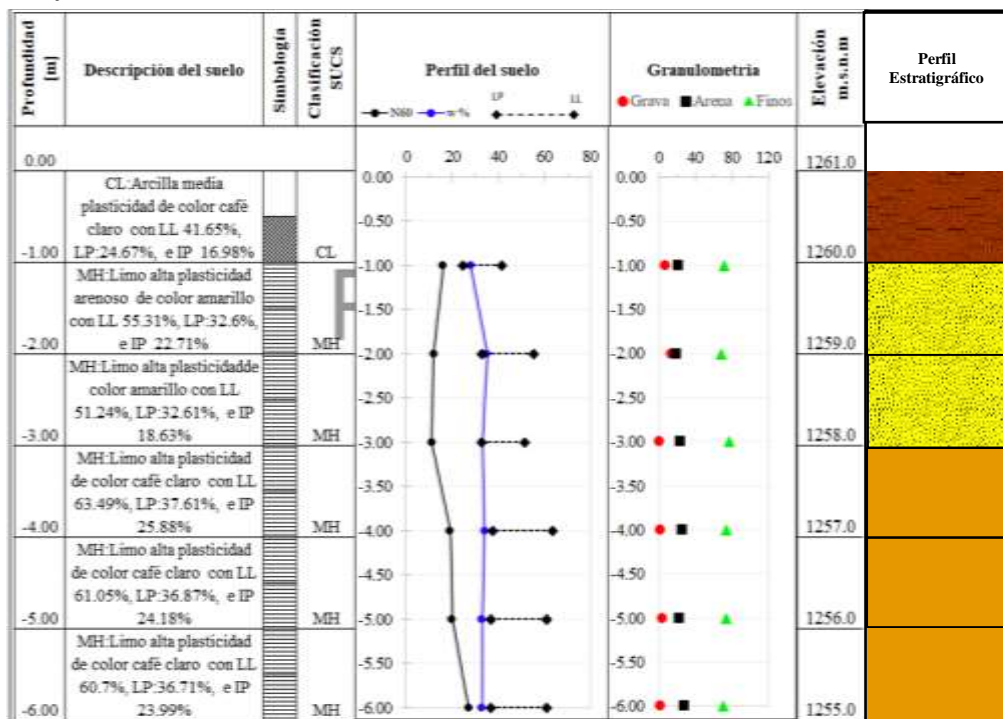
La quinta capa se encontró a limo con alta plasticidad de color café claro tipo SM, con un NSPT de 31 golpes, con un contenido de humedad de 33%, y con una cohesión de 125 KN/m².

La última capa se tiene un limo con alta plasticidad de color café claro de tipo MH, con un NSPT de 43 golpes, con un contenido de humedad de 33%, y una cohesión de 168.755 KN/m².

- **Perfil del suelo de la perforación 1**

En la figura 56 se presenta el perfil del suelo del SPT 1 a distintas profundidades y la descripción de la capa de suelo

Figura 56
Perfil del suelo- sondeo 1



Nota: Fuente: Obtenido de (Dicons, 2023). Modificado por: El Autor, 2023



- SPT #2

En la Tabla 25, se observan los resultados obtenidos.

Tabla 25

Resultado del ensayo de penetración estándar 2

Prof. [m]	Descripción del suelo	Clasificación S.U.C.S							SUCS	W(%)
		Límites de Atterberg			Granulometría					
		L.L.	L.P.	I.P.	G.	A.	F.			
0.00										
1.00	Limo de alta plasticidad de color café claro	53.97%	33.61%	20.36%	0%	21%	79%	MH	43	
2.00	Limo de baja plasticidad de color café claro	47.48%	31.65%	15.83%	0%	28%	72%	CH	34	
3.00	Limo alta plasticidad de color café claro	54.08%	33.3%	20.78%	0%	19%	81%	ML	36	
4.00	Limo baja plasticidad de color café claro	47.82%	28.25%	19.57%	0%	24%	76%	ML	30	
5.00	Limo baja plasticidad de color café claro	42.15%	29.33%	12.82%	20%	22%	58%	ML	23	
6.00	Limo baja plasticidad de color café claro	43.37%	29.64%	13.73%	0%	32%	68%	ML	24	

Nota: Fuente: Obtenido de (Dicons, 2023). Modificado por: El Autor, 2023

Tabla 26

Profundidad del SPT 2

Prof. [m]	γ húmedo [kN/m ³]	N_{SPT} [# golpes]	N_{60}	c [kN/m ²]	ϕ [°]
1.00	17.98	14.00	8.00	50.00	0.00
2.00	19.50	32.00	18.00	112.50	0.00
3.00	19.25	29.00	16.00	100.00	0.00
4.00	20.18	40.00	23.00	143.75	0.00
5.00	19.76	31.00	20.00	125.00	0.00
6.00	20.82	42.00	27.00	168.75	0.00

Nota: Fuente: Obtenido de (Dicons, 2023). Modificado por: El Autor, 2023

El SPT 2 se realizó a una profundidad de 6 m, determinando un suelo cohesivo y sin presencia de agua, a su vez se determinó la capacidad admisible del suelo el cual fue de 46.40 Kpa.

En la primera capa se obtuvo un limo de alta plasticidad de color café claro del tipo “MH”, con un NSPT de 14 golpes, con un contenido de humedad de 43%, y con una cohesión de 50 KN/m².

En la segunda capa se obtuvo un limo de baja plasticidad color café claro del tipo “CH”, con un NSPT de 32 golpes, con un contenido de humedad de 34%, y con una cohesión de 112.50 KN/m².

La tercera capa tiene limo de alta plasticidad de color café claro de tipo “ML”, con un NSPT de 29 golpes, con un contenido de humedad de 36%, y con una cohesión de 100 KN/m².

Dentro de la cuarta capa se tiene limo con baja plasticidad de color café claro del tipo “ML”, con un NSPT de 40 golpes, con un contenido de humedad de 30%, y con una cohesión

de 143.75 KN/m2.

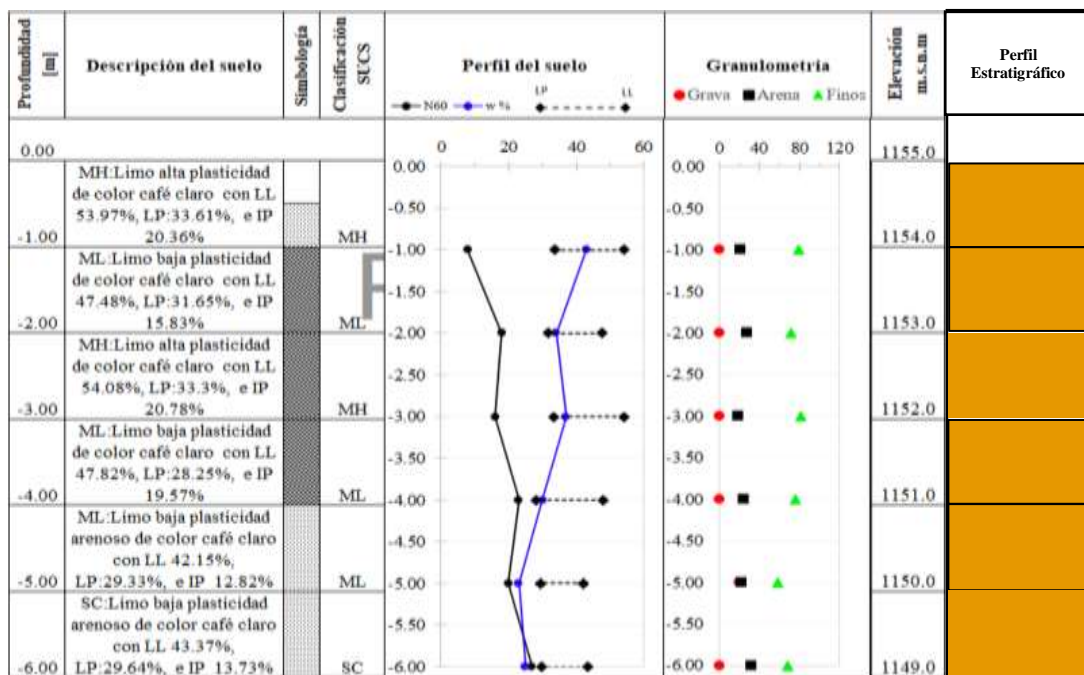
La quinta capa se encontró un limo con baja plasticidad de color café claro tipo ML, con un NSPT de 31 golpes, con un contenido de humedad de 23%, y con una cohesión de 125 KN/m2.

La sexta capa se tiene un limo de baja plasticidad de color café claro de tipo ML, con un NSPT de 42 golpes, con un contenido de humedad de 24%, y una cohesión de 168.75 KN/m2.

- **Perfil del suelo de la perforación 2**

En la figura 60 se presenta el perfil del suelo del SPT, a distintas profundidades y la descripción de la capa de suelo.

Figura 57
Perfil del suelo- sondeo 2



Nota: Fuente: Obtenido de (Dicons, 2023). Modificado por: El Autor, 2023

- **SPT #3**

En la Tabla 27, se observan los resultados obtenidos.

Tabla 27
Resultado del ensayo de penetración estándar 3

Prof. [m]	Descripción del suelo	Clasificación S.U.C.S							SUCS	W(%)
		Límites de Atterberg			Granulometría					
		L.L.	L.P.	I.P.	G.	A.	F.			
0.00										
1.00	Limo de alta plasticidad de color rojizo	70.72%	38.56%	32.16%	0%	7%	93%	MH	35	
2.00	Arcilla de alta plasticidad de color rojizo	70.64%	29.25%	41.39%	0%	9%	91%	CH	38	



3.00	Limo alta plasticidad de color rojizo	69.46%	36.15%	33.31%	0%	10%	90%	MH	38
4.00	Limo alta plasticidad de color rojizo	57.02%	34.33%	22.69%	0%	18%	82%	MH	40
5.00	Arena Limosa de color rojizo	51.82%	31.05%	20.77%	0%	54%	46%	SM	22
6.00	Limo alta plasticidad de color rojizo	57.36%	35.23%	22.13%	1%	25%	74%	MH	40

Nota: Fuente: Obtenido de (Dicons, 2023). Modificado por: El Autor, 2023

Tabla 28

Profundidad del SPT 3

Prof. [m]	γ húmedo [kN/m ³]	N_{SPT} [# golpes]	N_{60}	c [kN/m ²]	ϕ [°]
1.00	18.32	18.00	10.00	62.5	0.00
2.00	17.00	17.00	10.00	62.5	0.00
3.00	18.00	18.00	10.00	62.5	0.00
4.00	14.00	14.00	8.00	50.00	0.00
5.00	20.00	20.00	13.00	81.25	0.00
6.00	21.00	21.00	13.00	81.25	0.00

Nota: Obtenido de (Dicons, 2023). Modificado por: El Autor, 2023

El SPT 3 se realizó a una profundidad de 6 m, determinando un suelo cohesivo y sin presencia de agua, a su vez se determinó la capacidad admisible del suelo el cual fue de 76.96 Kpa.

En la primera capa se obtuvo un limo de alta plasticidad de color rojizo del tipo “MH”, con un NSPT de 18 golpes, con un contenido de humedad de 35%, y con una cohesión de 62.50 KN/m².

En la segunda capa se obtuvo una arcilla de alta plasticidad de color rojizo del tipo “CH”, con un NSPT de 17 golpes, con un contenido de humedad de 38%, y con una cohesión de 62.50 KN/m².

La tercera capa tiene limo de alta plasticidad de color rojizo de tipo “MH”, con un NSPT de 18 golpes, con un contenido de humedad de 38%, y con una cohesión de 62.50 KN/m².

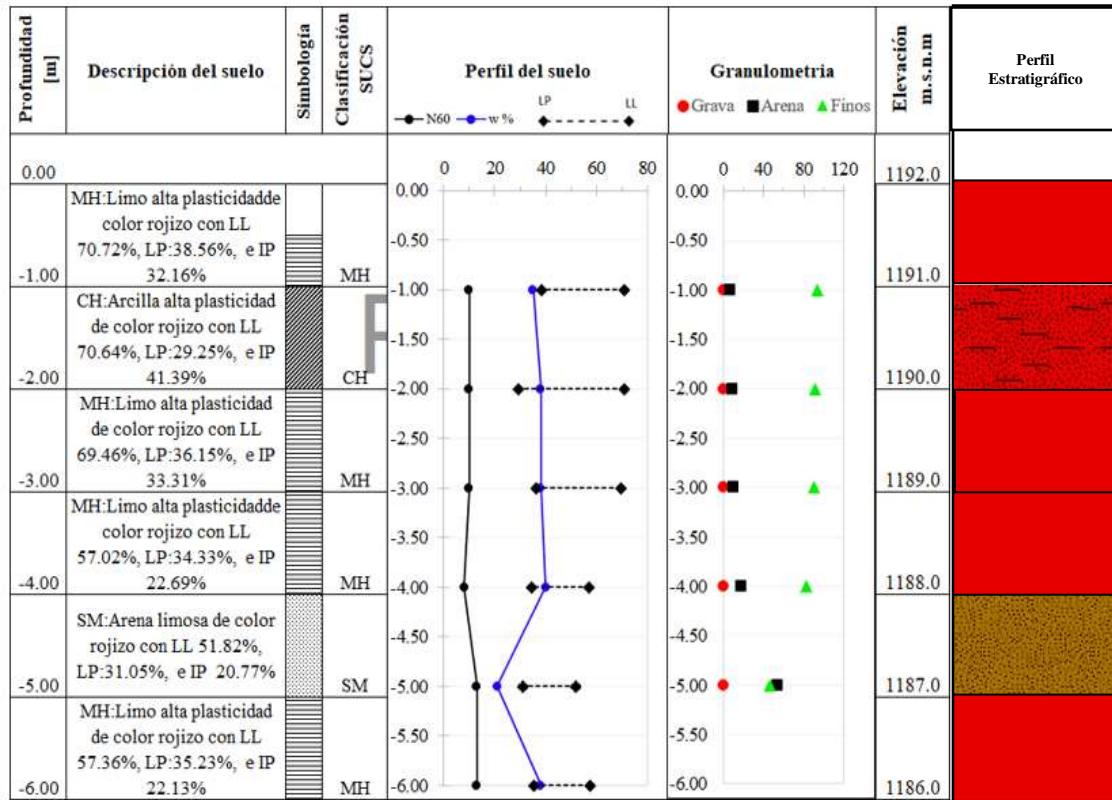
Dentro de la cuarta capa se tiene limo con alta plasticidad de color rojizo del tipo “MH”, con un NSPT de 14 golpes, con un contenido de humedad de 40%, y con una cohesión de 50 KN/m².

La quinta capa se encontró a una arena limosa de color rojizo claro tipo SM, con un NSPT de 20 golpes, con un contenido de humedad de 22%, y con una cohesión de 81.25 KN/m².

• **Perfil del suelo de la perforación 3**

En la figura 58 se presenta el perfil del suelo del SPT 3 a distintas profundidades y la descripción de la capa de suelo

Figura 58
Perfil del suelo- sondeo 3



Nota: Fuente: Obtenido de (Dicons, 2023). Modificado por: El Autor, 2023

• **SPT #4**

En la Tabla 29, se observan los resultados obtenidos.

Tabla 29
Resultados del ensayo de penetración estándar 4

Prof. [m]	Descripción del suelo	Límites de Atterberg		Clasificación S.U.C.S			SUCS	W(%)	
		L.L.	L.P.	I.P.	Granulometría				
0.00					G.	A.	F.		
1.00	Grava limosa de color café claro	41.38%	28.62%	12.76%	69%	18%	13%	GM	28
6.00	Arena mal graduada con limo	41.38%	28.62%	12.76%	30%	58%	12%	SP-SM	33

Nota: Fuente: Obtenido de (Dicons, 2023). Modificado por: El Autor, 2023

Tabla 30
Profundidad del SPT 4

Prof. [m]	γ húmedo [kN/m ³]	N spt [# golpes]	N ₆₀	c [kN/m ²]	Ø [°]
1.00	19.08	27.00	15.00	93.75	0.00
2.00	25.24	100.00	56.00	350.00	0.00

Nota: Fuente: Obtenido de (Dicons, 2023). Modificado por: El Autor, 2023

La primera capa corresponde a arcilla de alta plasticidad con arena con un NSPT de 7 golpes, con una carga admisible de 0.8 Kg/cm² de consistencia media, con un contenido de humedad de 30.47%, y con una cohesión de 24.5 KN/m².

La segunda capa corresponde a arcilla de alta plasticidad con arena con un NSPT de 9 golpes, con una carga admisible de 1.1 Kg/cm² de consistencia media, con un contenido de humedad de 30.47%, y con una cohesión de 31.5 KN/m².

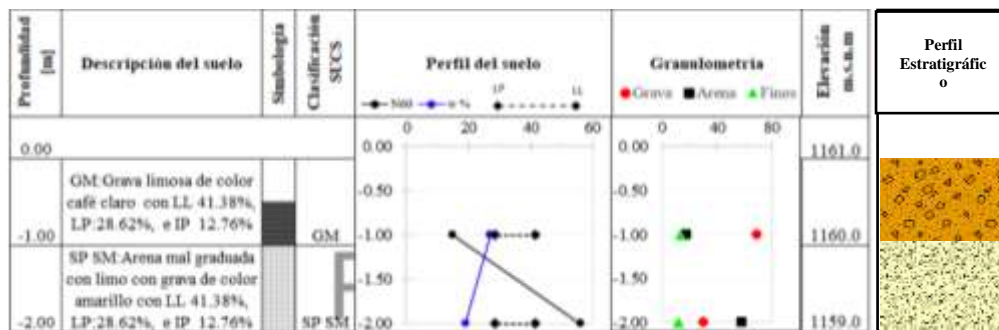
La tercera capa corresponde a arcilla de alta plasticidad con arena con un NSPT de 16 golpes, con una carga admisible de 1.7 Kg/cm² de consistencia firme, con un contenido de humedad de 36.61%, y con una cohesión de 52.5 KN/m².

- **Perfil del suelo de la perforación 4**

En la figura 59 se presenta el perfil del suelo del SPT 4 a distintas profundidades y la descripción de la capa de suelo

Figura 59

Perfil del suelo- sondeo 4



Nota: Fuente: Obtenido de (Dicons, 2023). Modificado por: El Autor, 2023

6.4.1.2. Correlación de Resultados

Comportamiento geotécnico de los suelos (arcillas)

- **Consistencia Relativa**

En la tabla 31 se muestra los resultados obtenidos de la firmeza del suelo para cada uno de los ensayos de penetración estándar:

Tabla 31

Resultados de la Consistencia Relativa (CR)

N SPT	Consistencia Relativa	Descripción
1	1.04	Se determina que son suelos de consistencia rígida y tienen una resistencia a la compresión inconfiada (qu) de 1.0 - 5.0 kg/cm ²
2	0.85	Se determina que son suelos de consistencia rígida y tienen una resistencia a la compresión inconfiada (qu) de 1.0 - 5.0 kg/cm ²
3	0.95	Se determina que son suelos de consistencia rígida y tienen una resistencia a la compresión inconfiada (qu) de 1.0 - 5.0 kg/cm ²

4	0.95	Se determina que son suelos de consistencia rígida y tienen una resistencia a la compresión inconfiada (q_u) de 1.0 - 5.0 kg/cm ²
---	------	--

- **Comportamiento de las arcillas**

En la tabla 32 se obtuvo los resultados del comportamiento, actividad, potencial de cambio de volumen y el tipo de arcillas

Tabla 32

Resultado de comportamiento "A"

N SPT	Comportamiento de arcillas (A)	Descripción
1	0.25	Este tipo de suelo es inactivo, se encuentra dentro del grupo de arcilla Colinita, con un potencial de cambio de volumen moderado y se establece que este tipo de arcilla está ligeramente sobreconsolidada
2	0.43	Se determina que son suelos inactivos, también estos suelos entran dentro del grupo la caolinita con un bajo potencial cambio de volumen, y se establece que este tipo de arcilla está ligeramente sobreconsolidada
3	0.22	Este tipo de suelo es inactivo, se encuentra dentro del grupo de arcilla Colinita, con un potencial de cambio de volumen moderado y es una arcilla ligeramente sobre consolidada
4	0.24	Este tipo de suelo es inactivo, se encuentra dentro del grupo de arcilla Colinita, con un potencial de cambio de volumen moderado y se establece que este tipo de arcilla está ligeramente sobreconsolidada

Nota: Fuente: Holtz (1956). Modificado por el Autor (2023)

Tabla 33

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: Fuente: Holtz (1956). Modificado por el Autor (2023)

Tabla 34

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: Fuente: Holtz (1956). Modificado por el Autor (2023)

De acuerdo a las tablas obtenidas anteriormente, se estableció que en el SPT 1 corresponde al grupo de caolinitas, estas tienen un cambio de volumen moderado y un potencial expansivo bajo.

En el SPT 2 que corresponde al grupo de caolinitas, con un IP de 12.76, tiene un cambio de volumen bajo y un potencial expansivo bajo.

En el SPT 3, al igual que los anteriores ensayos pertenece al grupo de caolinitas, teniendo un cambio de volumen moderado y un potencial expansivo moderado.

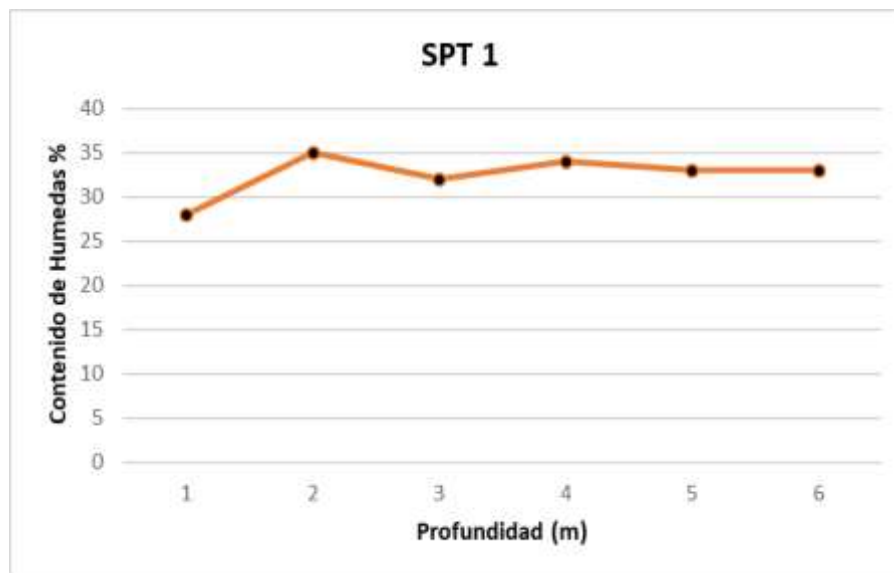
- **Contenido de Humedad de los SPT**

Los resultados obtenidos se describen a continuación:

En la figura 60 se evidencia que el contenido de humedad supero el 40%, luego tiende a disminuir acorde aumenta la profundidad hasta alcanzar los 6 metros, con una humedad de 24,12%. El promedio general en los 6 m de perforación es de 31.66%.

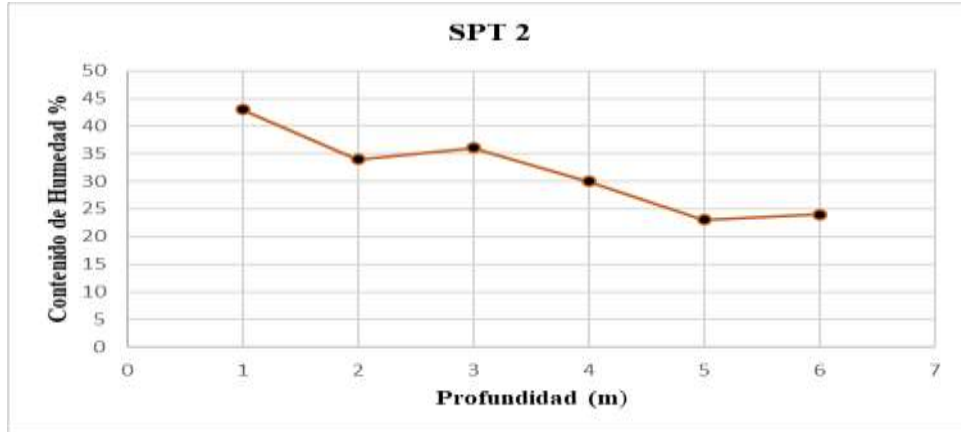
Figura 60

Contenido Humedad, sondeo 1



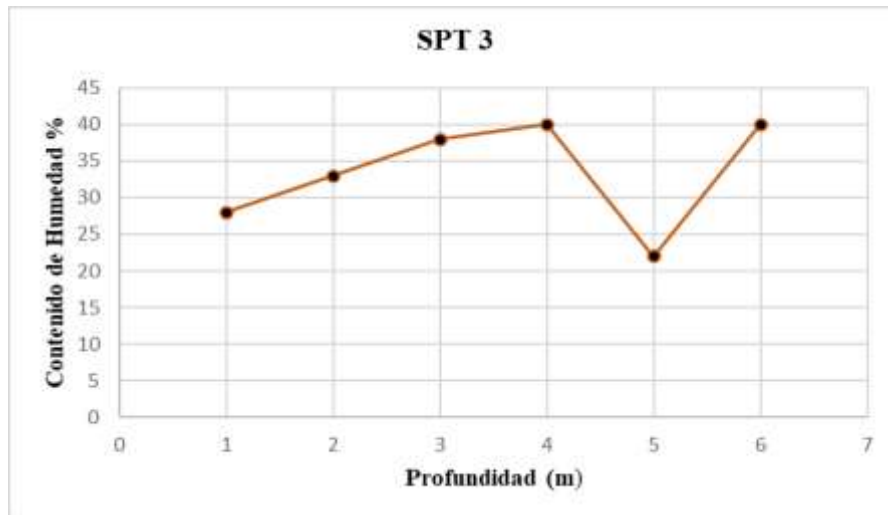
En la figura 61 se evidencia que el contenido de humedad supero el 40%, luego tiende a disminuir acorde aumenta la profundidad hasta alcanzar los 6 metros, con una humedad de 24,12%. El promedio general en los 6 m de perforación es de 31.66%

Figura 61
Contenido Humedad, sondeo 2



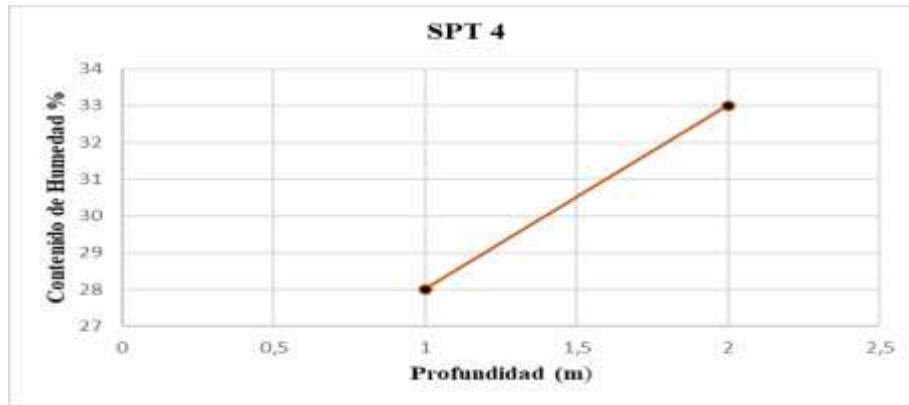
En el tercer ensayo de penetración estándar, en el primer metro de profundidad presenta un porcentaje de humedad de 35,1%, a los 2 y 3 metros aumenta a 38,08%, pasando los 4 metros de profundidad este aumenta a 40% seguido de 19,29% en el quinto metro, disminuye significativamente alcanzando el 11,3%, y finalmente en a los 6 m nuevamente tiende a aumentar llegando a un 40%. Ver (Figura 62)

Figura 62
Contenido Humedad, sondeo 3



En la figura 63 se observa un alto porcentaje de humedad en el primer y segundo metro de perforación, obteniendo un valor de 28 y 33% respectivamente. El promedio general de humedad en los 2 metros de sondaje es 30.5%

Figura 63
Contenido Humedad, sondeo 4



6.4.1.3. Corte directo

- **Muestra inalterada 1**

La muestra inalterada se la obtuvo en la zona alta del deslizamiento D1 en la parte izquierda, en las coordenadas 9592678mN/655385mE, la misma que se recolectó a una profundidad de 1.50 m, litológicamente se encuentra dentro de la unidad Portovelo. Los resultados obtenidos se indican en la Tabla 35 y 36. Para una visualización a detalle de los ensayos de corte directo (Ver Anexo 5)

Tabla 35

Resultados del ensayo de corte directo de la calicata 1

Nro. Ensayo	Esfuerzos (KPa)	
	X Normal	Y Cortante
1	50.03	28.878
2	100.06	63.008
3	200.12	113.761

Nota: Fuente: Dicons (2023). Modificado por el Autor (2023)

Tabla 36

Resultados de ángulo de fricción y cohesión de la muestra 1

Descripción	Símbolo	Valor	Unidad
Angulo de fricción	Φ	29.13	°
Cohesión	C	3.50	kPa

Nota: Fuente: Dicons (2023). Modificado por el Autor (2023)

- **Muestra Inalterada 2**

La muestra inalterada se la obtuvo en la zona alta del deslizamiento en la parte central, en las coordenadas 9593609mN/655350mE, la misma que se recolectó a una profundidad de 1.50 m, litológicamente se encuentra en la Unidad Portovelo. Los resultados obtenidos se indican en las Tablas 37 y 38. Para una visualización a detalle de los ensayos de corte directo (Ver Anexo 5)

Tabla 37

Resultados del ensayo de corte directo de la calicata 2

Nro. Ensayo	Esfuerzos (KPa)	
	X Normal	y Cortante
1	50.03	15.750
2	100.06	32.554
3	200.12	85.760

Nota: Fuente: Dicons (2023). Modificado por el Autor (2023)

Tabla 38

Resultados de ángulo de fricción y cohesión de la muestra 2

Descripción	Símbolo	Valor	Unidad
Angulo de fricción	Φ	22	°
Cohesión	C	0	kPa

- **Muestra Inalterada 3**

Esta muestra inalterada se la obtuvo en la cabecera del talud 3 en las coordenadas 9593836mN/655286mE en donde está menos afectada por el deslizamiento, esta muestra se recolectó a una profundidad de 1.50 m, litológicamente se encuentra dentro de la unidad Portovelo. Los resultados obtenidos se describen en la tabla 39 y 40. Para una visualización a detalle de los ensayos de corte directo (ver Anexo 5)

Tabla 39

Resultados del ensayo de corte directo de la calicata 3

Nro. Ensayo	Esfuerzos (KPa)	
	X Normal	y Cortante
1	50.03	25.378
2	100.06	63.531
3	200.12	106.586

Nota: Fuente: Dicons (2023). Modificado por el Autor (2023)

Tabla 40

Resultados de ángulo de fricción y cohesión de la muestra 3

Descripción	Símbolo	Valor	Unidad
Angulo de fricción	Φ	27.7	°
Cohesión	C	3.85	kPa

Nota: Fuente: Dicons (2023). Modificado por el Autor (2023)

6.4.2. Propiedades Fisico-Mecánicas de los materiales

En la tabla 47 se presenta un resumen de los datos de los ensayos obtenidos, en donde se muestra las propiedades principales de los suelos límite líquido, límite plástico, índice de plasticidad, contenido de húmedas, granulometría, ángulo de fricción y cohesión de los materiales presentes en el sector:

Tabla 41
Propiedades físico-mecánicas de los suelos

CORTE DIRECTO								
MUESTRA	ANGULO DE FRICCIÓN	Cohesion (kPa)						
Muestra 1	29.13	3.5						
Muestra 2	22	0						
Muestra 3	27.7	3.85						
SPT								
SPT	PROFUNDIDAD	LL(%)	LP(%)	IP (%)	C.H(%)	GRANULOMETRIA (%)		
						Grava	Arena	Fino
1	1 m	41.65	24.67	16.98	28	7	21	72
	2 m	55.31	32.60	22.71	35	13	19	68
	3 m	51.24	32.61	22.71	32	0	23	77
	4 m	61.05	36.87	24.18	34	1	25	74
	5 m	61.05	36.87	24.18	33	4	22	74
	6 m	60.70	36.71	23.99	33	1	28	71
2	1 m	53.97	33.61	20.36	43	0	21	79
	2 m	47.48	31.65	15.83	34	0	28	72
	3 m	54.08	33.3	20.78	36	0	19	81
	4 m	47.82	28.25	19.57	30	0	24	76
	5 m	42.15	29.33	12.82	23	20	2	58
	6 m	43.37	29.64	13.73	24	1	3	68
3	1 m	70.72	38.56	32.16	35	0	7	93
	2 m	70.64	29.25	41.39	38	0	9	91
	3 m	69.46	36.15	33.31	38	0	10	90
	4 m	57.02	34.33	22.69	40	0	18	82
	5 m	51.82	31.05	20.77	22	0	54	46
	6 m	57.36	35.23	22.13	40	1	25	74

Nota: Obtenido de (Dicons, 2023). Modificado por: El Autor, 2023

6.3. Métodos Indirectos

6.4.2. Sondeos Eléctricos Verticales

- SEV 1

La primera línea de SEV se realizó en la cabecera del talud en dirección S/N, donde se llegó hasta una abertura máxima de AB/2 de 70, se efectuó en 20 mediciones de campo.

En la Tabla 42, se indican los datos que se obtuvieron.

Tabla 42
Datos de Campo SEV 1

	AB/2	MN/2	K	$\Delta v/i$	P^a
1		0.5	2.36	210.03	494.87
1.5		0.5	6.28	93.69	588.67
2		0.5	11.78	51.039	601.29
2.5		0.5	18.85	30.2239	569.71
2.5		1	8.25	70.8555	584.32



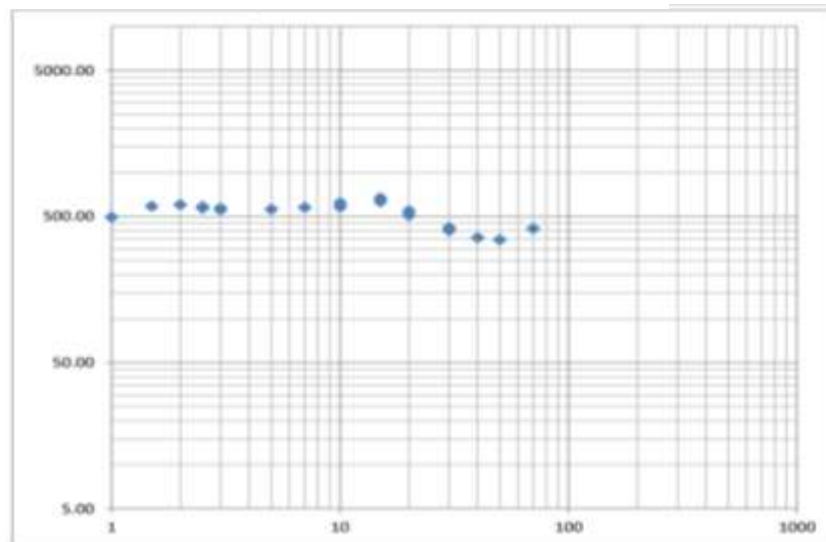
3	0.5	27.5	20.246	556.54
3	1	12.6	45.371	570.15
5	1	37.7	14.889	561.3
7	1	75.4	7.6491	576.73
10	1	155.5	3.995	621.26
10	2.5	58.9	9.8455	579.95
15	1	351.9	1.9046	670.15
15	2.5	137.4	4.5862	630.35
20	2.5	247.4	2.2169	548.46
20	10	47.1	10.812	509.5
30	2.5	561.6	0.7468	419.37
30	10	125.7	3.19	400.87
40	10	235.6	1.5207	358.31
50	10	377.0	0.92009	346.87
70	10	754.0	0.5476	412.88
100	10	1555.1		
150	10	3518.6		
200	10	6267.5		
250	10	19226.5		

Nota: Obtenido de Estsuelcon, 2023.

A través del software IPI2Win se procesó y se obtuvo la curva de resistividad aparente, de la cual se desprende 4 capas las cual se observa en la Figura 64.

Figura 64

Sondeo eléctrico 1 Schlumberger



Nota: Fuente: Estsuelcon (2023).



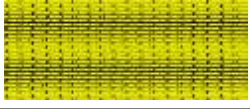

- **Análisis del perfil geo eléctrico**

En el análisis se interpretó 4 capas en donde la primera capa con un espesor de 0.32 m pertenece a material orgánico, seguidamente con una resistividad de 214 una potencia de 6.5m

corresponder a limos, con una resistividad de 147 y una potencia de 18 m pertenece a arcillas, arenas producto de la meteorización y la fragmentación las de rocas volcánicas, y una última capa con una resistividad 1584 Ωm se encuentran dentro del rango de rocas volcánicas a, materiales correspondientes a la Unidad Portovelo.

Tabla 43

Perfil Estratigráfico SEV 1

N° SEV	Resistividad Ωm	Espesor	Correspondencia del material	Perfil estratigráfico
1	250	0.32 m	Marial orgánico	
	214	1.32 m	Limos con plasticidad alta	
	147	18.15 m	Arcillas	
	1584	∞	Roca Alterada	

Nota: Fuente: Estsuelcon (2023). Modificado por el Autor (2023)

- **SEV 2**

La segunda línea de SEV se realizó igualmente en la cabecera del talud en dirección S/N, donde se llegó hasta una abertura máxima de AB/2 de 70, se efectuó en 21 mediciones de campo. En la Tabla 44, se indican los datos que se obtuvieron.

Tabla 44

Datos obtenidos de campo SEV 2

AB/2	MN/2	K	$\Delta v/i$	P ^a
1	0.5	2.36	310.39	731.34
1.5	0.5	6.28	151.09	949.33
2	0.5	11.78	91.472	1077.63
2.5	0.5	18.85	58.284	1098.63
2.5	1	8.25	126.85	1046.09
3	0.5	27.5	40.836	1122.54
3	1	12.6	86.396	1085.68
5	1	37.7	25.358	955.97
7	1	75.4	12.755	961.70
10	1	155.5	6.0654	943.22
10	2.5	58.9	15.011	884.22
15	1	351.9	2.223	782.18
15	2.5	137.4	5.8692	806.69

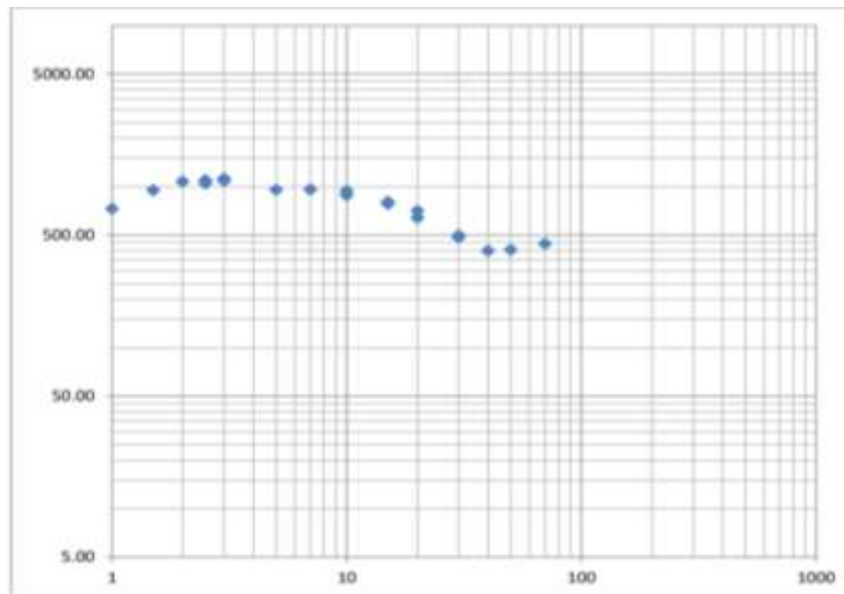
20	2.5	247.4	2.864	708.55
20	10	47.1	13.592	640.51
30	2.5	561.6	0.88751	498.39
30	10	125.7	3.8523	484.09
40	10	235.6	1.6964	399.70
50	10	377.0	1.07	405.72
70	10	754.0	0.58717	442.72
100	10	1555.1		
150	10	3518.6		
200	10	6267.5		
250	10	19226.5		

Nota: Obtenido de Estsuelcon, 2023.

A través del software IPI2Win se generó las capas, obteniendo así la curva de resistividad aparente, la cual se observa en la Figura 65.

Figura 65

Sondeo eléctrico 2 Schlumberger




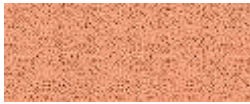


Nota: Fuente: Estsuelcon (2023).

- **Análisis del perfil geo eléctrico**

Dentro del análisis se interpretó 4 capas en donde la primera capa con un espesor de 0.41 m pertenece a material orgánico, seguidamente con una resistividad de 336 Ω m y una potencia de 1.23 m corresponder a limos, con una resistividad de 225 pertenece a arcillas, arenas producto de la meteorización y la fragmentación las de rocas volcánicas, y una última capa con una resistividad 1765 Ω m se encuentran dentro del rango de rocas volcánicas.

Tabla 45
Perfil estratigráfico del SEV 2

N° SEV	Resistividad Ωm	Espesor	Correspondencia del material	Perfil estratigráfico
2	412	0.41 m	Marial orgánico	
	336	1.23 m	Limos con alta plasticidad	
	225	19.4 m	Arcillas	
	1765	∞	Rocas alteradas	

Nota: Fuente: Estsuelcon (2023).

- **SEV 3**

La tercera línea de SEV se realizó igualmente en la cabecera del talud en dirección S/N, donde se llegó hasta una abertura máxima de AB/2 de 70, se efectuó en 21 mediciones de campo. En la Tabla 46, se indican los datos que se obtuvieron.

Tabla 46
Datos obtenidos de campo SEV 3

AB/2	MN/2	K	$\Delta v/i$	P ^a
1	0.5	2.36	214.02	1008.55
1.5	0.5	6.28	93.23	1171.50
2	0.5	11.78	46.915	1105.41
2.5	0.5	18.85	29.521	1112.92
2.5	1	8.25	68.813	1134.96
3	0.5	27.5	20.792	1143.10
3	1	12.6	47.552	1195.11
5	1	37.7	15.179	1144.47
7	1	75.4	7.0444	1062.27
10	1	155.5	2.867	891.69
10	2.5	58.9	8.537	1005.74
15	1	351.9	1.070	753.29
15	2.5	137.4	2.5091	689.72
20	2.5	247.4	1.2537	620.33
20	10	47.1	7.5565	712.18
30	2.5	561.6	0.51979	583.79
30	10	125.7	2.5091	648.27
40	10	235.6	1.5716	740.60
50	10	377.0	1.1848	893.32



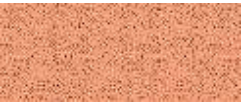

70	10	754.0	0.88068	1328.03
100	10	1555.1		
150	10	3518.6		
200	10	6267.5		
250	10	19226.5		

- **Análisis del perfil geo eléctrico**

Dentro del análisis se obtuvo 5 capas en donde la primera capa con un espesor de 0.20 m pertenece a material orgánico, seguidamente con una resistividad de 142 Ω m y una potencia de 13.2 m corresponder a limos, arenas producto de la meteorización y la fragmentación las de rocas volcánicas, luego con un espesor de 6.89 m y una resistencia de 598 Ω m pertenece a una roca volcánica alterada y finalmente una última capa con una resistividad 10000 Ω m posiblemente una roca andesita, materiales correspondientes a la Unidad Portovelo.

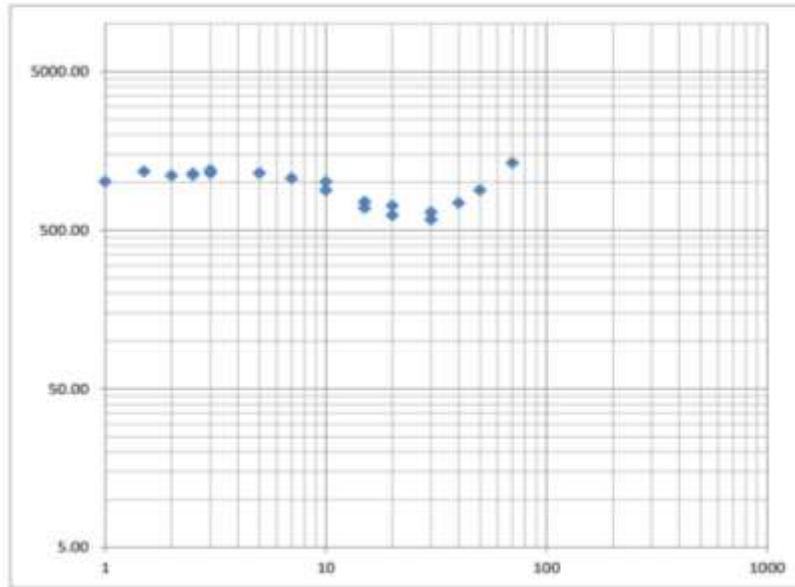
Tabla 47

Perfil estratigráfico del SEV 3

N° SEV	Resistividad Ω m	Espesor	Correspondencia del material	Perfil estratigráfico
3	326	0.2 m	Material orgánico	
	142	6.8 m	Limos	
	598	13.6 m	Roca Volcánica alterada	
	10000	∞	Roca Sana (Andesita)	

Los espesores de las capas se generaron con el programa IPI2Win, para obtener la curva de resistividades aparente de la figura 66.

Figura 66
Sondeo eléctrico 3 Schlumberger



6.5. Análisis de estabilidad

De acuerdo al análisis de estabilidad global realizado para los taludes, se consideró que se utilizó un análisis únicamente para suelos, debido a que los 3 taludes analizados están constituidos principalmente por suelos, tales como arcillas, arenas y limos.




Para el cálculo del factor de seguridad se realizó un análisis mediante el software Slide 6.0., mismo que permitió modelar los taludes correspondientes. Para la representación del perfil del talud, se generó perfiles transversales a partir de la topografía en el software QGIS, los cuales luego fueron exportados al software Slide.6.0 para verificar las condiciones actuales de estabilidad en el sector.

6.5.1.1. Modelo estático

- **Talud 1**

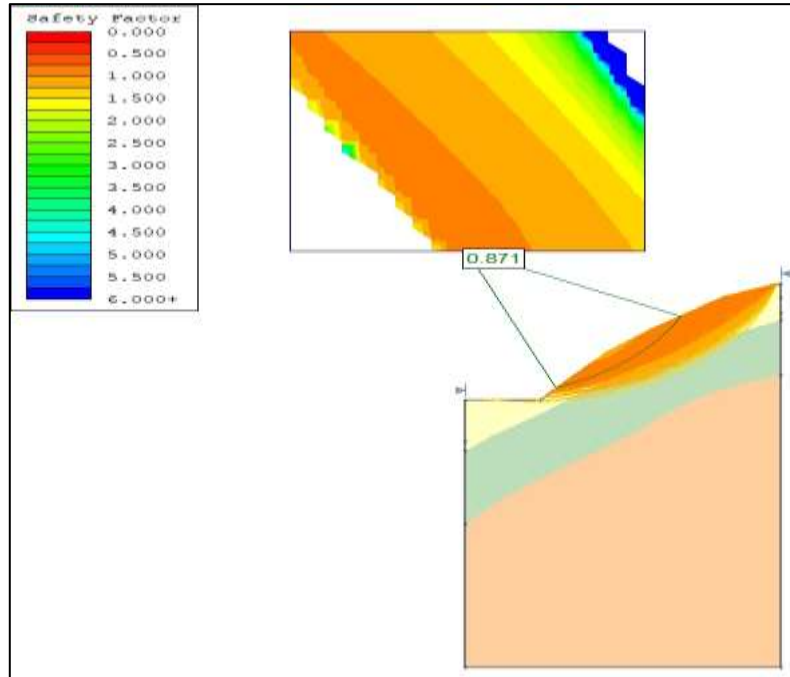
En la tabla 48 se muestra los parámetros de análisis de estabilidad del talud

Tabla 48
Parámetros geotécnicos del talud 1

Parámetros geotécnicos del talud				
Litología	Color	Peso Especifico	Cohesión	Angulo de Fricción
Limos con alta plasticidad		17.89	3.5	33
Arcillas		15.95	0	38
Andesita media meteorizada		28	4468	19

En la figura 67 se presenta el factor de seguridad en condiciones normales, aplicando rotura circular, se obtuvo un valor de 0.871, lo que indica que se encuentra en una condición inestable; dicho talud se encuentra con un alto grado de meteorización.

Figura 67
Factor de Seguridad del talud 1



Al aplicar la ecuación del talud infinito para obtener el F_s se normales se comprueba que:




$$F_s = \frac{c}{\gamma * h * \cos 2\beta * \tan \beta} * \frac{\tan \theta}{\tan \beta}$$

$$F_s = \frac{3.69}{20.61 * 35 * \cos 2(38) * \tan 38} * \frac{\tan 34}{\tan 38}$$

$F_s = 0.872$ (Estado Inestable)

En la tabla 49 muestra los parámetros de análisis de estabilidad del talud 2

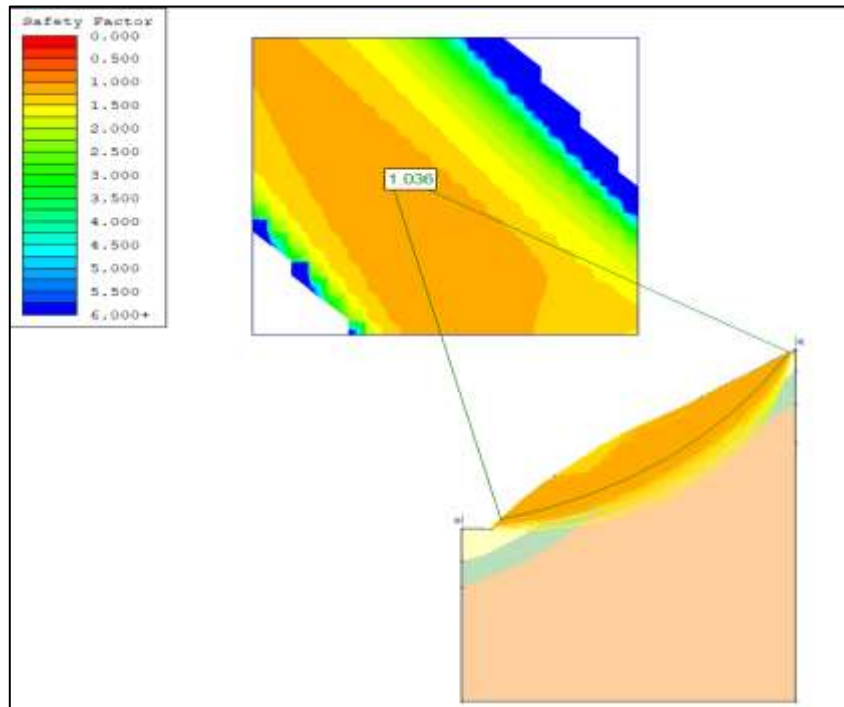
Tabla 49
Parámetros geotécnicos del talud 2

Parámetros geotécnicos del talud				
Litología	Color	Peso Especifico	Cohesión	Angulo de Fricción
Limos		17.89	0	33
Arcillas medias		15.95	3.5	38
Andesita media meteorizada		28	4468	40.2

En la figura 68 se presenta el factor de seguridad en condiciones normales, aplicando rotura circular, obteniendo un resultado de 1.036, indicando que se encuentra en una condición crítico, a su vez dicho talud se encuentra con un grado de meteorización medio.

Figura 68

Factor de Seguridad del talud 2







Al aplicar la ecuación del talud infinito con el objetivo de comprobar la información obtenido por el programa Slide V6 se obtiene $F_s = 1.040$ (Estado Crítico)

- **Talud 3**

En la tabla 50 muestra los parámetros de análisis de estabilidad del talud 3

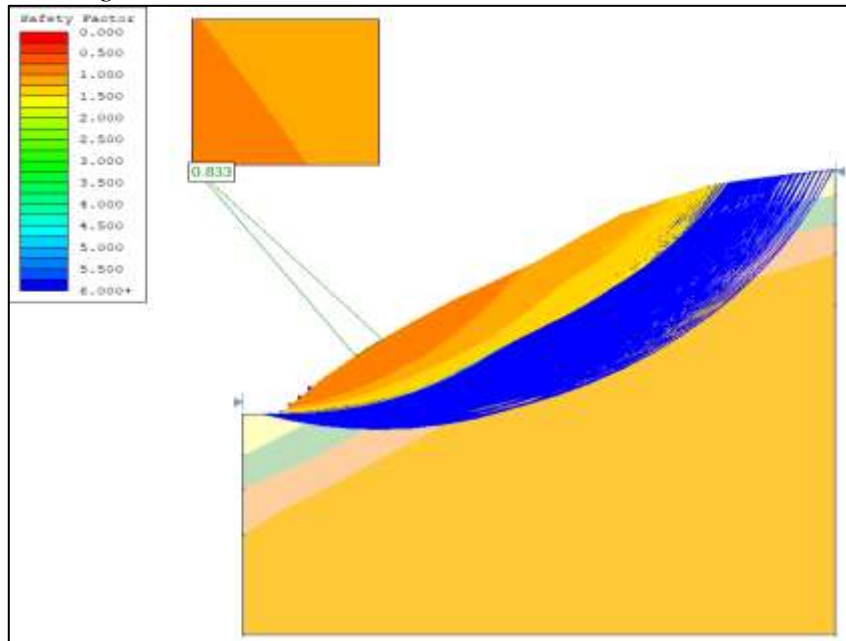
Tabla 50

Parámetros geotécnicos del talud 3

Parámetros geotécnicos del talud				
Litología	Color	Peso Especifico	Cohesión	Angulo de Fricción
Limos con alta plasticidad		17.89	3.85	32
Arcillas		19.32	3.5	39
Roca meteorizada		26	4468	19
Andesita		28	27000	45

En la figura 69 se presenta el factor de seguridad en condiciones normales, aplicando rotura circular, dando como resultado 0.902, lo cual indica que se encuentra en una condición inestable; A su vez dicho talud se encuentra con un alto grado de meteorización.

Figura 69
Factor de Seguridad del talud 3



Al aplicar la ecuación del talud infinito se obtiene $F_s = 0.832$ (Estado Inestable)

6.5.1.2. Modelo Pseudo-estatico

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 51
Valores de la Zona Sísmica del área de estudio

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	Intermedia	Alta	Alta	Alta	Alta	Muy Alta

Área

Población	Parroquia	Cantón	Provincia	Z
Marcabeli	Marcabeli	Marcabeli	El Oro	0.35
Zaruma	Zaruma	Zaruma	El Oro	0.35
Machala	Machala	Machala	El Oro	0.40

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:

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

Considerando que la demanda sísmica para los análisis pseudo-estático 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: $a_{max} = ZF_a$

F_a = 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

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

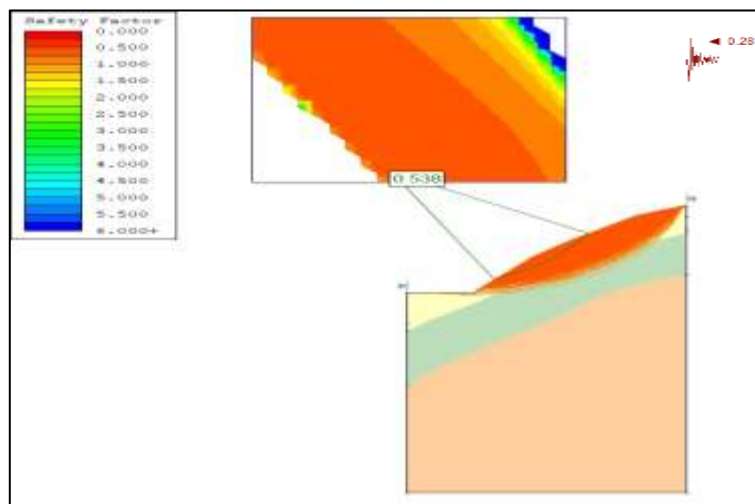
$$K_h = 0.21$$

- **Modelo Pseudo-estático del talud 1**

Para la determinación y el análisis del factor de seguridad se utilizó los mismos modelamientos, pero en este caso se agregó cargas sísmicas horizontales, para el caso del suelo se utilizó 0.28. Mediante el modelo Pseudo-estático, al agregar cargas sísmicas, se obtiene un factor de seguridad de 0.538, el cual se encuentra en una condición inestable.

Figura 70

Factor de Seguridad Talud 1 mediante el modelo pseudo estático

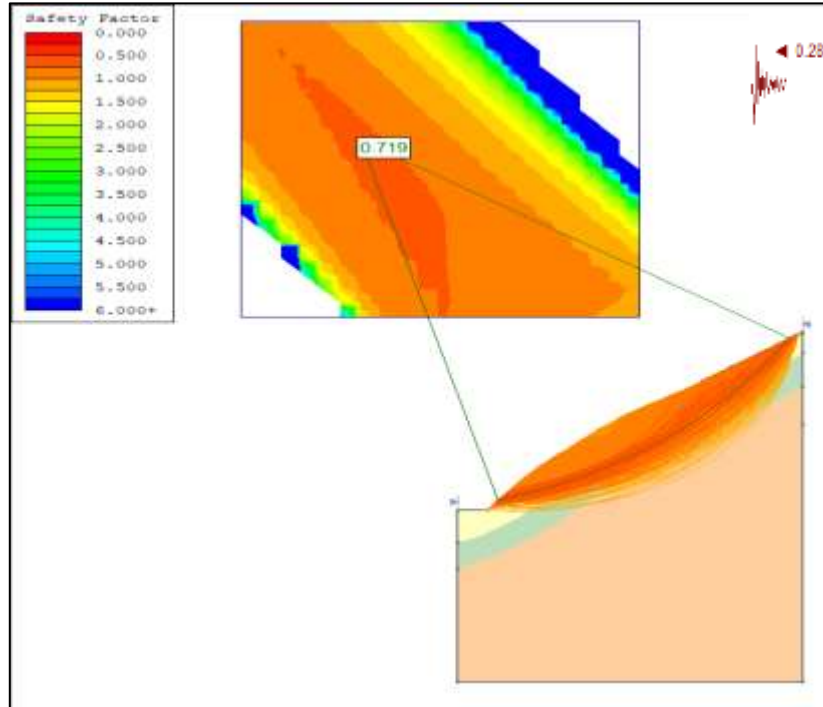


- **Modelo Pseudo estático talud 2**

Luego de haber analizado el factor de seguridad considerando un evento sísmico, en donde se aplica cargas se obtuvo un valor de 0.719 encontrándose dentro de un rango inestable, debido a que dicho evento genera una mayor pérdida de estabilidad del talud

Figura 71

Factor de Seguridad Talud 2 mediante el modelo pseudo estático

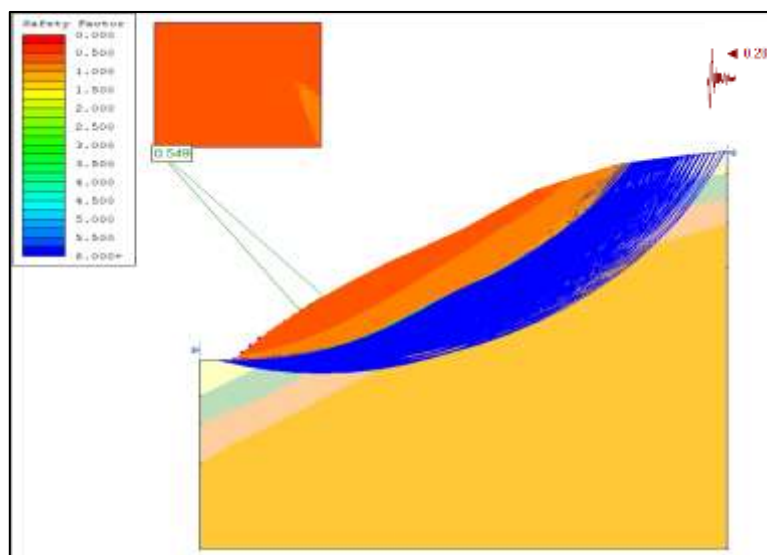


- **Modelo Pseudoestático: Talud 3**

En el deslizamiento 3 conformado por regolito y considerado un evento sísmico, el factor encontrado es de 0.549 encontrándose dentro de un rango inestable, debido a que dicho evento genera una mayor pérdida de estabilidad del talud.

Figura 72

Factor de Seguridad Talud 3 mediante el modelo pseudo estático



6.5.1. Resultados del 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
- $FS 1.0 - 1.5 =$ Critico
- $FS > 1.5 =$ Estable

- **Estático**

En la tabla 52 se representan los valores obtenidos de los cálculos de los factores de seguridad en el talud 1y 2 se obtuvo valores que no superan el factor de seguridad 1, dando como resultado en estado inestable, mientras que el talud 3 se encuentra valores mayores a 1, presentado un estado crítico.

Tabla 52

Resultados obtenidos de los factores de seguridad estáticos

Análisis de estabilidad en suelos condiciones estáticas						
ID	Absc	Método				Condición
		Slide			Formula	
		Bishop	Jambu	Spencer		
Talud 1	0+156	0.871	0.837	0.867	0.872	Inestable
Talud 2	1+389	1.036	0.981	1.044	1.040	Critico
Talud 3	1+580	0.833	0.831	0.832	0.832	Inestable

- **Pseudo-estatico**

En la tabla 53 se presenta los valores obtenidos de los factores analizados aplicando una carga sísmica horizontal para el suelo, dando como resultado, una inestabilidad para los 3 taludes estudiados.

Tabla 53

Resultados obtenidos de los factores de seguridad pseudo estáticos

Análisis de estabilidad en suelos condiciones pseudo estáticas							
ID	Absc	Método				Carga Sísmica	Condición
		Slide					
		Bishop	Jambu	Spencer			
Talud 1	0+156	0.538	0.503	0.549	0.28	Inestable	
Talud 2	1+389	0.546	0.672	0.739		Inestable	

Talud 3	1+580	0.549	0.548	0.548	Inestable
---------	-------	-------	-------	-------	-----------

6.5.2. Medidas de Estabilización de los taludes

- **Sistema de Terraceo**

Dentro de los métodos de estabilización para este tipo de suelos tenemos muros anclados, muros rígidos, sistema de terraceo, anclajes; Dado esto se determinó que el sistema de terraceo es el más idóneo por las características presentes a continuación:

- **Características del sistema**
- Viablemente económico
- Fácil de Implementar
- Efectivo en deslizamientos rotacionales
- Permite construir obras para controlar la erosión
- Efectivo para suelos cohesivos
- Se puede realizarlo con maquinaria del municipio
- La masa removida, puede ser utilizada para relleno en donde ocupe el municipio

➤ **Talud 1**

Para el Talud 1 se aplicó un sistema de terraceo el cual es óptimo para suelos cohesivos, en este caso el talud 1 se realizó un terraceo con un alto de 7m con un ángulo de 32° y un ancho de berma de 2.5 metros, en el cual al correr en el programa se estabilizó como se muestra en la figura a continuación:

Tabla 54
Datos del diseño del Talud




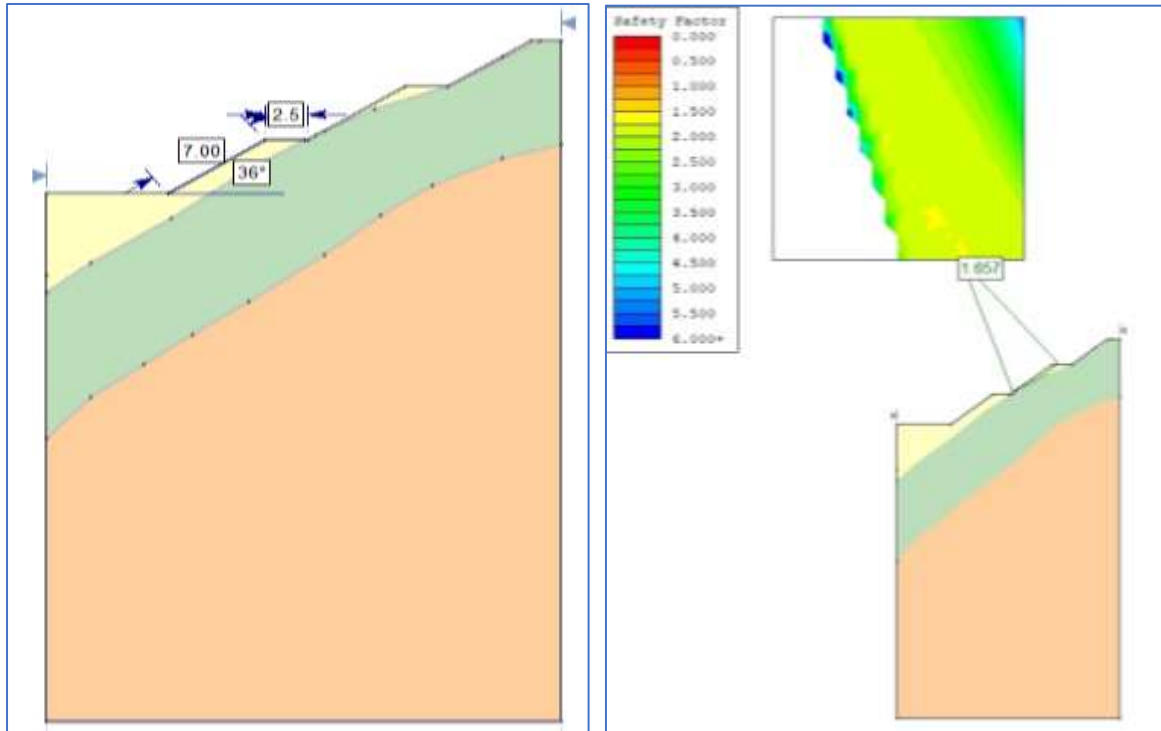
Datos del talud		
Litología	Color	Ancho de la berma
Limos con alta plasticidad		2.5 m
Arcillas		Altura de terraza
Andesita media meteorizada		7 m

Figura 73
Diseño del sistema de terraceo y Estabilización del talud



➤ **Talud 2**

Para el talud 2 se aplicó un sistema de terraceo en la parte de la corona de talud, ya que es donde presenta mayor carga y esta propensa a fallar por lo cual se realizó un ancho de berma de 3 m y las terrazas con altura de 7 m. En la tabla 55 se muestra los datos del talud, y en la figura 74, se muestra a) Dimensiones de la terraza y berma, b) Estabilización del talud en el programa slide6.0.

Tabla 55
Datos del diseño del Talud 2




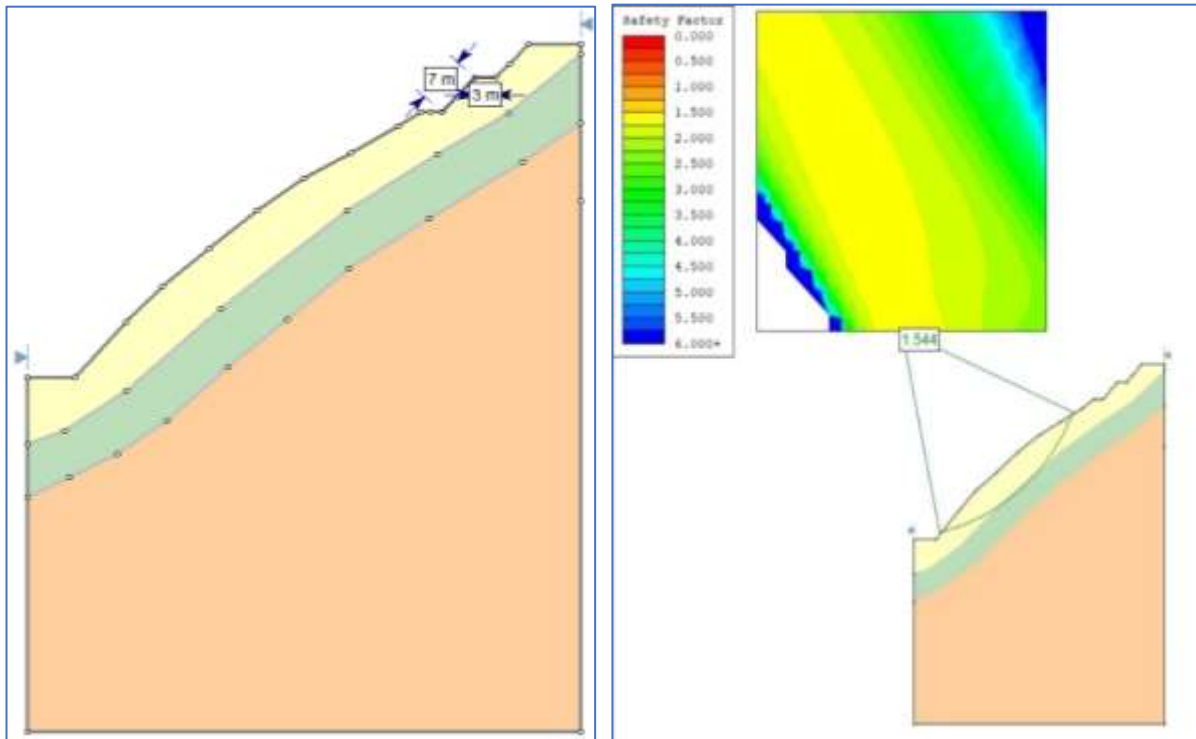
Datos del talud		
Litología	Color	Ancho de la berma
Limos con alta plasticidad		3 m
Arcillas		Altura de terraza
Andesita media meteorizada		7 m

Figura 74
Diseño del sistema de terraceo y Estabilización del talud 2



➤ **Talud 3**

Para el talud 3 se aplicó un sistema de terraceo a lo largo del talud, en donde se realizó terrazas de 7m de altura con un ancho de berma de 3 m. En la tabla 54 se muestra los datos del talud, y en la figura 75, se muestra a) Dimensiones de la terraza y berma, b) Estabilización del talud en el programa slide6.0.

Tabla 56
Datos del diseño del Talud 3





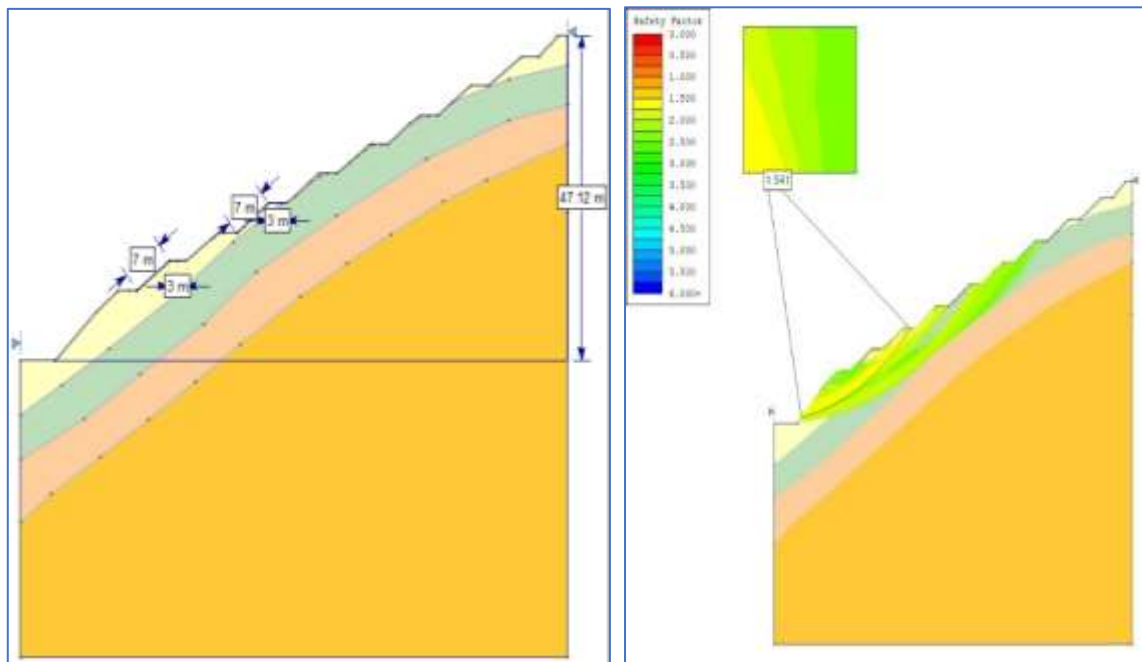
Datos del talud		
Litología	Color	Ancho de la berma
Limos con alta plasticidad		3 m
Arcillas		Altura de terraza
Andesita media meteorizada		7 m
Andesita Sana		

Figura 75
Diseño del sistema de terraceo y Estabilización del talud 3



A continuación, en la tabla 55 se presenta la comparación de los taludes sin estabilizar con los taludes estabilizados por el sistema de terraceo.

Tabla 57
Comparación de los resultados

	Sin medida		Aplicado la medida (Terrazas)			
	Angulo de la Pendiente	Factor de Seguridad	Angulo de la pendiente	Factor de Seguridad	Ancho de la berma	Altura de las terrazas
TALUD 1	43°	0.871	39°	1.657	2.5 m	7 m
TALUD 2	49°	1.032	46°	1.544	3 m	7 m
TALUD 3	44°	0.833	42°	1.541	3 m	7 m

7. Discusión

El tramo de vía Pillacela Roma presenta un relieve con un desnivel de 130 m, con pendientes muy inclinadas. Las cotas oscilan entre 1060 m.s.n.m y 1190 m.s.n.m, también se observa que la mayor cantidad de terreno se encuentra en la categoría de pendientes medias, que corresponde a una inclinación 15-30%, las cuales concuerdan con Ordoñez (2019) quien menciona en su investigación que el lugar de estudio presenta un relieve moderado a fuerte con un rango de 15 a 30%. Sin embargo, también hay una importante cantidad de terreno con pendientes empinadas que superan el 30%.

En la zona de estudio, se encontró la presencia de andesita, la misma que en base a su estado de meteorización y fracturamiento se dividió en 3 zonas litológicas andesita alterada, andesita medianamente alterada y bloques de andesita sana, perteneciente al Eoceno, de la Serie Portovelo. Estos resultados son similares a lo reportado por Pratt et al, (1997), Bonilla (2009), Ordoñez (2019) quienes han mencionado que esta zona está compuesta por andesitas, lavas andesíticas y andesitas basálticas.

En este tipo de entornos, es esencial realizar un análisis detallado de la geología circundante, especialmente en relación con los materiales presentes, como la andesita alterada, que está compuesta por arcillas, limos y arenas; andesita medianamente altera y la andesita sana. Las arcillas, limos, pueden presentar una estabilidad reducida en pendientes pronunciadas, siendo más inestables y propensos a deslizarse.

El ensayo indirecto SEV permitieron interpretar los espesores de las capas de los 3 deslizamientos estudiados. Orellana (1982), manifiesta que los suelos de grano muy fino o fino tienen poca resistividad siendo los mejores conductores de electricidad, a diferencia de los de grano medio, esto se refleja en los ensayos realizados en donde arrojaron resistividades menores a 250 Ω m, con espesores que de 1m a 18 m, mientras que 18 m de profundidad en adelante la resistividad aumenta, deduciendo que pueden pertenecer a rocas fracturadas o meteorizadas, por ende la litología encontrada a profundidad se relaciona con lo mencionado por Arias (2012), el cual hace énfasis que los suelos de grano fino tienen poca resistividad, y los suelos de grano grueso y roca tienen resistividades elevadas.

Una vez realizados los ensayos de penetración estándar en campo y llevado a laboratorio, se obtuvo el índice líquido, plástico y de acuerdo a las clasificaciones de AASTHO Y SUCS en donde se muestran suelos tales como arcillas, limos, arenas, por lo cual encajan en estas clasificaciones puesto que con los ensayos y lo observado en campo se constató la veracidad de estos resultados ya que cumplen las características para poder clasificar dentro del rango de estos tipos de suelos.



En cuanto a la correlación se establece que los suelos presentan una consistencia rígida y tienen una resistencia a la compresión encofinada, Según Gonzáles de Vallejo (2002) indica que estos suelos en estado naturales son estables, pero al momento de aplicar una carga o presenten saturación tienden a colapsar. Por ello los deslizamientos estudiados en época invernal tienden a saturarse y por ende sufren el colapso, mientras que en verano se encuentran estables y no presentan problema de estabilidad.

Según la Norma Ecuatoriana de la Construcción establece que para los taludes en condición estática con agua subterránea normal para diseño debe ser un factor de seguridad de 1.5 y para construcción 1.25, mientras que para taludes en condición pseudo estática con agua subterránea normal y coeficiente sísmico de diseño deben tener un factor de 1.05 para diseño y 1 para construcción. Al modelar la estabilidad en condiciones estáticas y pseudo-estaticos, se obtuvo factores de seguridad que oscilan entre 0.871 a 1.036 lo que nos indica de acuerdo a la Norma Ecuatoria de la Construcción se encuentran en un estado inestable a crítico. Y al modelar con carga sísmica, produjo que disminuyera los resultados de los FS de los taludes, encontrándose en un estado Inestable de acuerdo a la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC).

Se realizó un análisis de la estabilidad de taludes por los autores Bishop (1955), Spencer (1967) y Jambu (1967), en donde se consideró el tipo de falla y el tipo de suelo, Siendo Bishop (1955) el más idóneo, ya que los taludes D1, D2 y D3 presentan un tipo de falla rotacional y están compuestos principalmente por arcillas, limos siendo estos suelos cohesivos; Mientras tanto el método propuesto por Spencer (1967), se enfoca principalmente en estructuras complejas, por ende no es recomendado utilizar en estos tipos de suelo y fallas.

Como resultado del análisis del factor de seguridad, se estableció que el talud D1 compuesto por limos con alta plasticidad, arcillas y andesita medianamente alterada se presenta en estado inestable lo cual indica que la inclinación del talud es demasiado pronunciada para las propiedades de los materiales en cuestión, por otro lado, el talud D2 compuesto por limos, arcillas medias y andesitas medianamente alteradas se encuentra en estado crítico, indicando que la pendiente es muy elevada para este tipo de material y finalmente el talud D3 formado por limos, arcillas, andesita meteorizada y andesita sana se presenta en un estado inestable, debido a la pendiente pronunciada.

Finalmente, los 3 taludes requieren la implementación de medidas correctivas con el fin de lograr su estabilización efectiva, Dado esto se aplicó un sistema de terraceo tomando en consideración lo mencionado por Bermeo (2019), que para analizar la mejor medida se debe



considerar aspectos sociales, económicos y principalmente que sean aplicados a la naturaleza del problema.

Según Suarez (2011), el sistema de terraceo debe tener algunos aspectos en consideración, para suelos cohesivos conviene tener un ancho de berma de 2 a 3 m y una altura de 7 a 10 m, por ende el talud D1, tiene un ancho de berma de 2,5 m y una altura de 7 m, logrando estabilizarlo; Para el segundo talud y tercer talud se aplicó el mismo sistema antes mencionado, con un ancho de berma de 3 m y una altura de 7 m, alcanzando el Fs estable y a su vez cumpliendo con la Norma Ecuatoriana de Construcción.



8. Conclusiones

- La topografía de la zona de estudio es irregular, abarcando un área de 83 ha, sirviendo para la obtención de pendientes ligeramente inclinadas con un porcentaje de 1,40% siendo esta la menor, con 8,26% pendientes fuertemente inclinadas, extendiéndose a lo largo de toda la zona de estudio, abarcando la mayor parte de la zona de estudio se encuentra las pendientes muy inclinadas con un 81.10% y finalmente con 9.21% se tiene pendientes empinadas. Con respecto a las geoformas encontradas fueron: colinas bajas, medias, altas y montañas bajas.
- Geológicamente la vía de estudio se encuentra dentro de la Unidad Portovelo donde predominan las andesitas, lavas andesíticas. Localmente se pudo evidenciar andesitas en un estado de meteorización alto producto de la disgregación de la roca madre, seguidamente se encontró una andesita en estado de meteorización medio, ubicado en la parte Este y oeste de la vía, se clasifica por su grado de meteorización medio, y finalmente se encontró bloques de roca de andesita sana, aflorando en la superficie.
- Se realizó un total de 3 ensayos de sondeo eléctrico vertical (SEVS), dando como resultado que en la primera línea se obtuvieron suelos limosos y arcillosos con una resistividad 147 y 240 Ωm que van desde 1m a 18 m de espesor, de 18m en adelante aumento la resistividad, perteneciendo a rocas fracturadas o meteorizadas de la unidad Portovelo; Para la segunda línea al igual que la primera, se obtuvieron suelos arcillosos y limosos con una resistividad que va desde los 36 a los 250 Ωm , y con una resistividad mayor de 1500 Ωm , que corresponde a rocas andesitas fracturadas de la unidad Portovelo; En la última línea se obtuvo 3 capas, la primera con una resistividad menor a los 150 Ωm , perteneciendo a limos y arenas, la segunda capa con una resistividad mayor a los 500 Ωm se obtuvo una roca volcánica meteorizada y finalmente con una resistividad mayor a los 10000 Ωm , la cual pertenece a una andesita sana.
- Los suelos encontrados en los ensayos de penetración estándar corresponden a: arcillas con plasticidad media (CL), limos de alta plasticidad (MH), limos de baja plasticidad (ML), limo de baja plasticidad arenoso (SC). Para los suelos granulares, los cuales están presentes en menor proporción sobre todo en sondeo 4 que fue realizado alado de la vía por ende corresponde a Grava Limosa (GM), Arena mal graduada con limo (SP SM).



- Por otro lado se realizaron un total de 3 ensayos de corte directo, distribuidos en los 3 deslizamientos estudiados, Para el D-01(arcillas con plasticidad media) se obtuvo un ángulo fricción de 29.13° y una cohesión de 1.21 kN/m^2 , para el D-02(arcillas limosas de alta plasticidad) se determinó un ángulo de fricción de 22° y una cohesión de 0 kN/m^2 , y para D-03(limos con alta plasticidad) se obtuvo un ángulo de fricción de 27.7° y una cohesión de 3.85 kN/m^2 .
- Las características físico mecánico de los materiales permitieron determinar que los suelos en su mayoría son arcillosos-limosos con un bajo cambio de volumen y un potencial expansivo medio, con las líneas SEV se determinó que el primer sondeo está compuesta por capas de arcillas, limos y roca volcánica alterada; el segundo SEV presenta capas de arcillas limosas, limos y una capa de roca volcánica altera, y finalmente en el SEV 3 se obtuvo capas de limos, arenas limosas, roca alterada y roca sana(andesita).
- Se determinó la estabilidad de los 3 taludes estudiados en condiciones normales, en donde el D1 y el D2 ubicados en las abscisas 0+156 y 1+580 respectivamente, indican un estado inestable mientras que para el D2 ubicado en la abscisa 1+389 se halla en una condición crítico, estos suelos por naturaleza presentan factores de seguridad bajos producto del alto grado de meteorización, a su vez ninguno de los 3 taludes cumple la norma Ecuatoria de Construcción. Y por último dentro del análisis pseudo estático el factor de seguridad de los taludes disminuyen y no cumplen con la norma ecuatoriana de la construcción.
- Finalmente, se diseñó una medida correctiva dando como resultado factores de seguridad mayores a 1.5, por lo cual se concluye que esta medida ha sido eficiente y precisa.



unl

Universidad
Nacional
de Loja

9. Recomendaciones

- Los datos y resultados obtenidos en esta investigación pueden servir para futuros estudios de la vía, ya sea ampliación de la misma, estabilización de los taludes, los cuales permitirán para un mejor desarrollo de las parroquias y del cantón
- En cuanto a los ensayos de penetración estándar, corte directo y sondeos eléctricos verticales, se recomienda aumentar el número de estos, para tener un enfoque más amplio de la zona de estudio.
- En cuanto al ensayo de corte directo se recomiendan realizar calicatas más profundas, ya que la superficie de falla se encuentra a una mayor profundidad.
- Buscar otros métodos de exploración tanto geofísica como geotécnica, tales como tomografías, refracción sísmica, etc, para obtener una información más a detalle tanto de la geología, geomorfología de la zona.
- Debido a que los deslizamientos están en un estado crítico se recomienda realizar obras de mitigación inmediatas.
- En el D1 y D2 se debe mantener en un monitoreo constante ya que en épocas lluviosas estos puntos más críticos de la zona están propensos a fallar.
- En los taludes antes mencionados, se recomienda que continuamente se realice obras de limpieza evitando que obstaculicen la vía, siendo un problema eminente en épocas de lluvia.



10. Bibliografía

- Alcántara Ayala, L. (2000). Landslides: ¿deslizamientos o movimientos del terreno? Definición, clasificaciones y terminología. *Investigaciones Geográficas*, 1(41).
<https://doi.org/10.14350/rig.59101>
- ASTM-D-421. (2007). *Standard Practice for Dry Preparation of Soil Samples for Particle-Size Analysis and Determination of Soil Constants*.
- ASTM-D-422. (2007a). *Standard Test Method for Particle-Size Analysis of Soils*.
- ASTM-D-422. (2007b). *Standard Test Method for Particle-Size Analysis of Soils*.
- ASTM-D1586. (1999a). *Standard Test Method for Standard Penetration Test (SPT)*
- ASTM-D1586. (1999b). *Standard Test Method for Standard Penetration Test (SPT)*
- ASTM-D-2487. (2006a). *Standard Practice for Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System)*
- ASTM-D-2487. (2006b). *Standard Practice for Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System)*
- Arellano, J. (2010). Universidad Nacional Autónoma de México.
<http://usuarios.geofisica.unam.mx/gvazquez/yacimientosELIA/zonadesplegar/Clases/Clase%2010%20Pliegues.pdf>
- Braja M, Das. (2011). *Fundamentos de ingeniería de cimentaciones*. Séptima edición. ISBN: 987-607-481-823-9.
- Carmona, July. (2014). *Estudio de resultados ensayo de Penetración Estándar (Spt) para el Factor De Corrección (Cn) y el Ángulo de Fricción (ϕ) del Suelo usando diferentes tipos de correlaciones*. Universidad Católica de Colombia. Bogotá
- Cosenza, A. (2006). *El Sondeo Eléctrico Vertical como metodología geofísica en el estudio de capasacuíferas en la finca ‘El Baúl’*, Santa Lucía Cotzumalguapa. [Tesis de Grado, Universidad de San Carlos de Guatemala].
https://ecfm.usac.edu.gt/sites/default/files/2016-08/1998-11157%20ANA%20BEATRIZ%20COSENZA%20MURALLES%20EL%20SONDEO%20ELECTRICO%20_0.pdf
- Díaz, J. S. (2009). *Deslizamientos - Análisis geotécnico*. (1ra ed). División de Publicaciones UIS.
- Duque Escobar, G. (2020). *Manual de Geología para Ingenieros*. Manizales, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- Duque, Gonzalo. (2016). *Manual de Geología para Ingenieros*. Universidad Nacional de



Colombia. Manizales.

F.C.E.F.N. (2004). Métodos de levantamientos topográficos. Argentina: UNSJ.

González de Vallejo, L. I., Ferrer, M., Ortuño, L., & Oteo, C. (2002). *Ingeniería Geológica*. Pearson Educación.

Gómez, I., Mercedes, V., & Ordoñez, N. (2005). *Geomorfología aplicada a Levantamientos Edafológicos y Zonificación física de Tierras*. (2da ed). (Instituto Geográfico Agustín Codazzi. <http://biblioteca.igac.gov.co/janium/Documentos/1-00778.pdf>

Graterol, R. (2011). *Pasos a seguir en la Investigación de Campo Importancia de la recolección de datos*. Universidad de Los Andes. <https://jofillop.files.wordpress.com/2011/03/metodos-de-investigacion.pdf>

Griem. (2020). *Apuntes Geología*. <https://www.geovirtual2.cl/geologiageneral/ggcap11.htm>.

Instituto geológico y minero de España. (1987). Riesgos geológicos.

Lopera, J., Ramírez, C., Zuluaga, M., & Ortiz, J. (2010). *El Método Analítico*. *Nómadas Critical Journal of Social and Juridical Sciences*, 1. <https://www.redalyc.org/pdf/181/18112179017.pdf>

Ministerio del Ambiente. (2013). *Modelo de Unidades Geomorfológicas para la representación cartográfica de ecosistemas del Ecuador continental*. Quito: MAE. <http://app.sni.gob.ec/snmlink/sni/PDOT/NIVEL%20NACIONAL/MAE/ECOSISTEMAS/DOCUMENTOS/Geofformas.pdf>

Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda. (2015a). *Norma Ecuatoriana de la Construcción - Geotécnica y Cimentaciones*.

Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda. (2015b). *Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC-SE-DS)*.

Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador. (2013). *Norma Ecuatoriana Vial - NEVI 12 - MTOP. (Vol. 1)*.

Mexicano, S. G. (22 de 3 de 2017). *SGM*. <https://www.sgm.gob.mx/Web/MuseoVirtual/Rocas/Introduccion-rocas.html>

Navarro, S. (2008). *Topografía II*. Nicaragua: UNI-Norte

Norberto E. (1984). *Cartas Topográficas, su interpretación y uso en suelos*. Argentina

Patricio., F. C. (20 de 03 de 2020). *Cuorse hero*. <https://www.coursehero.com/file/97247547/296-Art%C3%ADculo-881-1-10-20200418pdf>



PLAZA, S., & L., R. C. (07 de Enero de 2013). *Scielo*.
https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-915X2013000100003#:~:text=El%20m%C3%A9todo%20propuesto%20por%20Bishop,de%20las%20fuerzas%20entre%20dovelas.

Red Sismológica Nacional. (24 de enero de 2019). *Universidad de Costa Rica*. Obtenido de RSN UCR-ICE: <https://rsn.ucr.ac.cr/documentos/educativos/geologia/244-que-esuna>

Rincón, M., Vargas, W., & González, C. (2017). *Topografía: conceptos y aplicaciones*. (1a ed.). Bogotá: Ecoe Ediciones Ltda.

Santamaría J. & Sanz T. (2005), *Manual de prácticas de topografía y cartografía*, España: Universidad de La Rioja.

Santana A. & Mosquera I. (2005). *Planimetría*. Universidad del Quindío. Colombia

Suárez, Jaime. (2009). *Deslizamientos*. Volumen 1. Colombia

Yanez, D. (2019). *Método descriptivo: características, etapas y ejemplos*.
<https://www.lifeder.com/metodo-descriptivo/>





11. Anexos

Anexo 1. Ficha de Afloramientos

Código del afloramiento:			Perfil litológico del afloramiento		
Nombre del Proyecto:					
Responsable:			Nº de Afloramiento		
Cantón:			Tipo de Afloramiento		
Parroquia:			Estado de meteorización		
Sector:			Angulo de inclinación		
Coordenadas UTM-DATUM WGS84			Formación Geológica		
X:	Y:	Z:	Datos estructurales		
Dimensiones	Ancho	Alto	Rumbo		
	6.		Buzamiento		
Fecha:			D. de Buzamiento		
Descripción del Material					
Material					
Color					
Alteración					
Descripción					
Fotografía					

Anexo 2. Descripción de Afloramientos

Código del afloramiento: TM1			Perfil litológico del afloramiento			
Nombre del Proyecto: Caracterización geológica geotécnica de la vía Zaruma – Roma, tramo Pillacela-roma, cantón Zaruma, provincia de el Oro.						
Responsable: Jimmy Narvárez			N° de Afloramiento		1	
Cantón: Zaruma			Tipo de Afloramiento		Antrópico	
Parroquia: Zaruma			Estado de meteorización		Alto	
Sector: Pillacela			Angulo de inclinación			
Coordenadas UTM-DATUM WGS84			Formación Geológica		Serie Portovelo	
X: 655355	Y: 9592634	Z: 1247	Datos estructurales			
Dimensiones		Ancho	Alto	Rumbo		
		6.3 m	7,5 m	Buzamiento		
Fecha: 09/07/2022			D. de Buzamiento			
Descripción del Material						
Material	Andesita meterizada					
Color	Amarillenta y Rojiza					
Alteración	Presencia de oxidos					
Descripción	Este afloramiento se encuentra al borde la vía, se encuentra conformado por una capa de 0,25 cm de material orgánico, seguidamente se encuentra una capa de arcilla rojiza, de color amarillento, dicho afloramiento tiene presencia de agua, con una granulometría que varía de fina a muy fina.					
Fotografía						
						

Código del afloramiento: TM2			Perfil litológico del afloramiento			
Nombre del Proyecto: Caracterización geológica geotécnica de la vía Zaruma – Roma, tramo Pillacela-roma, cantón Zaruma, provincia de el Oro.						
Responsable: Jimmy Narváez			N° de Afloramiento	2		
Cantón: Zaruma			Tipo de Afloramiento	Antrópico		
Parroquia: Zaruma			Estado de meteorización	Medio		
Sector: Pillacela			Angulo de inclinación			
Coordenadas UTM-DATUM WGS84			Formación Geológica	Serie Portovelo		
X: 655412	Y: 9592701	Z: 1255	Datos estructurales			
Dimensiones	Ancho	Alto	Rumbo			
	36,3 m	24,3 m	Buzamiento			
Fecha: 09/07/2022			D. de Buzamiento			
Descripción del Material						
Material	Andesita Meteorizada					
Color	Amarillenta y Rojiza					
Alteración	Presencia de hierro					
Descripción	El afloramiento esta conformado, en la parte superior consta de una capa de 0,25 m de material orgánico, otra capa conformada por arcilla rojiza con intercalaciones de limo de color café amarillento, este deslizamiento se ve afectado por humedad, a su vez en la parte central del afloramiento se encuentra poco de vegetación y en la parte baja se observa material desprendido.					
Fotografía						
						

Código del afloramiento: TM3			Perfil litológico del afloramiento		
Nombre del Proyecto: Caracterización geológica geotécnica de la vía Zaruma – Roma, tramo Pillacela-roma, cantón Zaruma, provincia de el Oro.					
Responsable: Jimmy Narváez			N° de Afloramiento	3	
Cantón: Zaruma			Tipo de Afloramiento	Antrópico	
Parroquia: Zaruma			Estado de meteorización	Medio	
Sector: Pillacela			Angulo de inclinación		
Coordenadas UTM-DATUM WGS84			Formación Geológica	Serie Portovelo	
X: 655412	Y: 9592799	Z: 1250	Datos estructurales		
Dimensiones	Ancho	Alto	Rumbo		
	21 m	11,2 m	Buzamiento		
Fecha: 09/07/2022			D. de Buzamiento		
Descripción del Material					
Material	Arcilla Rojiza				
Color	Rojizo				
Alteración	Presencia de hierro				
Descripción	En este afloramiento se puede observar en la parte superior una capa de cobertura vegetal, seguidamente tenemos arcilla rojiza, y en la parte baja del afloramiento se puede observar andesita, cabe destacar está aflorando en superficie en forma de bloque.				

Fotografía




Código del afloramiento: TM4			Perfil litológico del afloramiento		
Nombre del Proyecto: Caracterización geológica geotécnica de la vía Zaruma – Roma, tramo Pillacela-roma, cantón Zaruma, provincia de el Oro.					
Responsable: Jimmy Narváez			N° de Afloramiento	4	
Cantón: Zaruma			Tipo de Afloramiento	Antrópico	
Parroquia: Zaruma			Estado de meteorización	Medio	
Sector: Pillacela			Angulo de inclinación		
Coordenadas UTM-DATUM WGS84			Formación Geológica	Serie Portovelo	
X: 6552740	Y: 9593114	Z: 1213	Datos estructurales		
Dimensiones	Ancho	Alto	Rumbo		
	2 m	1,9 m	Buzamiento		
Fecha: 09/07/2022			D. de Buzamiento		
Descripción del Material					
Material	Andesita				
Color	Azul Oscuro				
Alteración					
Descripción	Se puede constatar el afloro de la andesita en forma de bloque, en la parte superior y a la derecha se puede observar presencia de hiervas y matorrales.				

Fotografía




Código del afloramiento: TM5			Perfil litológico del afloramiento			
Nombre del Proyecto: Caracterización geológica geotécnica de la vía Zaruma – Roma, tramo Pillacela-roma, cantón Zaruma, provincia de el Oro.						
Responsable: Jimmy Narváez			N° de Afloramiento	5		
Cantón: Zaruma			Tipo de Afloramiento	Antrópico		
Parroquia: Zaruma			Estado de meteorización	Medio		
Sector: Pillacela			Angulo de inclinación			
Coordenadas UTM-DATUM WGS84			Formación Geológica	Serie Portovelo		
X: 655404	Y: 9592980	Z: 1231	Datos estructurales			
Dimensiones	Ancho	Alto	Rumbo			
	95 m	38 m	Buzamiento			
Fecha: 09/07/2022			D. de Buzamiento			
Descripción del Material						
Material	Andesita Meteorizada					
Color	Amarillenta a Rojiza					
Alteración						
Descripción	El afloramiento de tipo antrópico, se puede evidenciar en la parte superior la presencia de cobertura vegetal, esta conformado principalmente por limos arcillosos, con una plasticidad media.					
Fotografía						
						

Código del afloramiento: TM6			Perfil litológico del afloramiento			
Nombre del Proyecto: Caracterización geológica geotécnica de la vía Zaruma – Roma, tramo Pillacela-roma, cantón Zaruma, provincia de el Oro.						
Responsable: Jimmy Narváez			N° de Afloramiento		6	
Cantón: Zaruma			Tipo de Afloramiento		Antrópico	
Parroquia: Zaruma			Estado de meteorización		Medio	
Sector: Pillacela			Angulo de inclinación			
Coordenadas UTM-DATUM WGS84			Formación Geológica		Serie Portovelo	
X: 655512	Y: 9591030	Z: 1214	Datos estructurales			
Dimensiones	Ancho		Rumbo			
	5.3 m		Buzamiento			
Fecha: 09/07/2022			D. de Buzamiento			
Descripción del Material						
Material	Andesita Meteorizada					
Color	Amarillenta y Rojiza					
Alteración	Presencia de hierro					
Descripción	Este afloramiento se encuentra al borde la vía, es de origen antrópico, está conformado por limos no consolidados, alterados, como fragmentos de roca y granos minerales de cuarzo con una oxidación orgánica					
Fotografía						
						

Código del afloramiento: TM7			Perfil litológico del afloramiento		
Nombre del Proyecto: Caracterización geológica geotécnica de la vía Zaruma – Roma, tramo Pillacela-roma, cantón Zaruma, provincia de el Oro.					
Responsable: Jimmy Narváez			N° de Afloramiento	7	
Cantón: Zaruma			Tipo de Afloramiento	Antrópico	
Parroquia: Zaruma			Estado de meteorización	Medio	
Sector: Pillacela			Angulo de inclinación		
Coordenadas UTM-DATUM WGS84			Formación Geológica	Serie Portovelo	
X: 655270	Y: 9593127	Z: 1207	Datos estructurales		
Dimensiones	Ancho	Alto	Rumbo		
	8.75 m	3.65 m	Buzamiento		
Fecha: 09/07/2022			D. de Buzamiento		
Descripción del Material					
Material	Andesita meteorizada				
Color	Amarillenta y Rojiza				
Alteración	Presencia de óxidos				
Descripción	Afloramiento de origen antrópico, está conformado por arcillas limosas, alterados, como fragmentos de roca y granos minerales de cuarzo				

Fotografía



Código del afloramiento: TM8			Perfil litológico del afloramiento			
Nombre del Proyecto: Caracterización geológica geotécnica de la vía Zaruma – Roma, tramo Pillacela-roma, cantón Zaruma, provincia de el Oro.						
Responsable: Jimmy Narváez			N° de Afloramiento	8		
Cantón: Zaruma			Tipo de Afloramiento	Antrópico		
Parroquia: Zaruma			Estado de meteorización	Medio		
Sector: Pillacela			Angulo de inclinación			
Coordenadas UTM-DATUM WGS84			Formación Geológica	Serie Portovelo		
X: 655348	Y: 9593549	Z: 1073	Datos estructurales			
Dimensiones	Ancho	Alto	Rumbo			
	2.55 m	2.10 m	Buzamiento			
Fecha: 09/07/2022			D. de Buzamiento			
Descripción del Material						
Material	Andesita					
Color	Café oscuro					
Alteración	Presencia de hierro					
Descripción	Este afloramiento es de tipo antrópico, conformado por andesita fracturada con una textura de grano de media a gruesa.					
Fotografía						
						




UNL


Universidad Nacional de Loja

Código del afloramiento: TM9			Perfil litológico del afloramiento			
Nombre del Proyecto: Caracterización geológica geotécnica de la vía Zaruma – Roma, tramo Pillacela-roma, cantón Zaruma, provincia de el Oro.						
Responsable: Jimmy Narváez			N° de Afloramiento	9		
Cantón: Zaruma			Tipo de Afloramiento	Antrópico		
Parroquia: Zaruma			Estado de meteorización	Medio		
Sector: Pillacela			Angulo de inclinación			
Coordenadas UTM-DATUM WGS84			Formación Geológica	Serie Portovelo		
X: 655369	Y: 9593918	Z: 1138	Datos estructurales			
Dimensiones	Ancho	Alto	Rumbo			
	2 m	1,9 m	Buzamiento			
Fecha: 09/07/2022			D. de Buzamiento			
Descripción del Material						
Material	Andesita					
Color	Café claro					
Alteración						
Descripción	El afloramiento de tipo antrópico, esta confirmado por andesita fracturada, esta roca se encuentra en un estado de meteorización y disgregación media, los granos de rocas van de 1 a 12 cm y están conformados principalmente por minerales tales como plagioclasas en mayor proporción, y cuarzos en menor proporción.					

Fotografía



Código del afloramiento: TM10			Perfil litológico del afloramiento			
Nombre del Proyecto: Caracterización geológica geotécnica de la vía Zaruma – Roma, tramo Pillacela-roma, cantón Zaruma, provincia de el Oro.						
Responsable: Jimmy Narváez			N° de Afloramiento	10		
Cantón: Zaruma			Tipo de Afloramiento	Antrópico		
Parroquia: Zaruma			Estado de meteorización	Medio		
Sector: Pillacela			Angulo de inclinación			
Coordenadas UTM-DATUM WGS84			Formación Geológica	Serie Portovelo		
X: 655386	Y: 9593990	Z: 1073	Datos estructurales			
Dimensiones	Ancho	Alto	Rumbo			
	5.2 m	6.30 m	Buzamiento			
Fecha: 09/07/2022			D. de Buzamiento			
Descripción del Material						
Material	Andesita					
Color	Café oscuro					
Alteración	Presencia de hierro					
Descripción	Afloramiento de origen antrópico, conformado principalmente por andesita fractura la cual evidencia en la parte superior del afloramiento, mientras que en la parte medio y inferior se evidencia andesita convertida en suelo, la cual esta conformada principalmente por una matriz arcillosa limosa.					
Fotografía						
 <p style="text-align: center;">Andesita fracturada</p> <p style="text-align: center;">Arcilla-Limosa</p>						

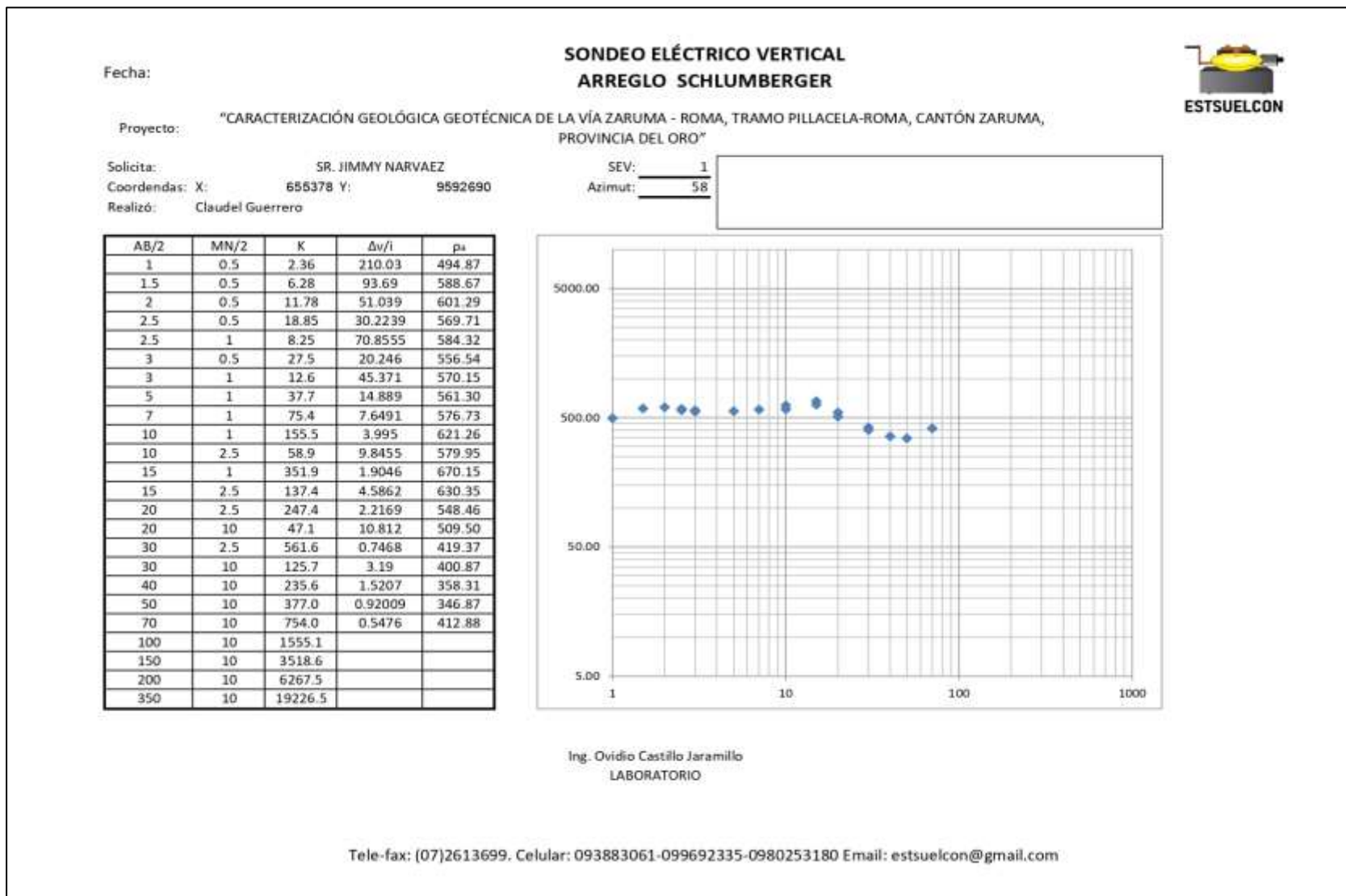
Código del afloramiento: TM11			Perfil litológico del afloramiento			
Nombre del Proyecto: Caracterización geológica geotécnica de la vía Zaruma – Roma, tramo Pillacela-roma, cantón Zaruma, provincia de el Oro.						
Responsable: Jimmy Narváez			N° de Afloramiento	11		
Cantón: Zaruma			Tipo de Afloramiento	Antrópico		
Parroquia: Zaruma			Estado de meteorización	Medio		
Sector: Pillacela			Angulo de inclinación			
Coordenadas UTM-DATUM WGS84			Formación Geológica	Serie Portovelo		
X: 655382	Y: 9593918	Z: 1138	Datos estructurales			
Dimensiones	Ancho	Alto	Rumbo			
	6 m	5 m	Buzamiento			
Fecha: 09/07/2022			D. de Buzamiento			
Descripción del Material						
Material	Andesita					
Color	Azul Oscuro					
Alteración						
Descripción	En este afloramiento se puede observar una andesita sana florando en la superficie, en la parte superior se encuentra la cobertura vegetal, cuenta con una textura porfiritica, con granos finos y con presencia de cuarzos y plagioclasas en mayor proporción.					
Fotografía						
						



Anexo 3. Ficha de Inventario de deslizamientos

INVENTARIO DE DESLIZAMIENTOS															
INSTITUCIÓN: _____			FECHA: _____			INSTITUTO: _____			CIUDAD: _____						
DIRECCIÓN: _____			PROYECTO: _____			POTENCIAL: _____			Escala: _____						
COORDENADAS: _____			MAPA: _____			POTENCIAL: _____			Escala: _____						
REFERENCIA GEOGRÁFICA: _____															
ACTIVIDAD DEL MOVIMIENTO				GEOLOGÍA Y ESTRATIGRAFÍA											
VELOCIDAD DE OCURRENCIA DE: Mes - AÑO Anotación: _____ 2018 Total (valor): _____				ESTADO <input type="checkbox"/> Activo <input type="checkbox"/> Reactivado <input type="checkbox"/> Latente <input type="checkbox"/> Extinto <input type="checkbox"/> Inactivo		ESTILO <input type="checkbox"/> Único <input type="checkbox"/> Sacudido <input type="checkbox"/> Múltiple		DISTRIBUCIÓN <input type="checkbox"/> Rectangular <input type="checkbox"/> Triangular <input type="checkbox"/> Elongada <input type="checkbox"/> Irregular		DESCRIPCIÓN Breve redacción del movimiento con otro grado de severidad: _____		ESTRUCTURA ORIENTACIÓN: _____ INCLINACIÓN: _____		ESPECIFICACIONES Tipo: _____ Clase: _____ Sub-clase: _____	
TIPO DE MOVIMIENTO				MATERIAL				OTRAS CARACTERÍSTICAS							
C <input type="checkbox"/> Caida E <input type="checkbox"/> Volcanismo A <input type="checkbox"/> Deslizamiento rotacional S <input type="checkbox"/> Deslizamiento traslacional F <input type="checkbox"/> Proyección lateral C <input type="checkbox"/> Rotación A <input type="checkbox"/> Colapso O <input type="checkbox"/> Flujos				MOLESTIA DEL SUELO Roca <input type="checkbox"/> 10 Suelo <input type="checkbox"/> 70 Densidad <input type="checkbox"/> 20				VELOCIDAD <input type="checkbox"/> Muy rápida (< 10 min) <input type="checkbox"/> Muy rápida (1-10 horas) <input type="checkbox"/> Rápida (1-1 día) <input type="checkbox"/> Moderada (1-1 semana) <input type="checkbox"/> Lenta (1-1 mes) <input type="checkbox"/> Muy lenta (1-1 año) <input type="checkbox"/> Ext. Lenta (1-10 años)							
PLASTICIDAD <input type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja <input type="checkbox"/> No plástica				CLASIFICACIÓN DEL MOVIMIENTO Sistema de clasificación: _____ Sistema: _____ NOMBRE DEL MOVIMIENTO: PLEDO											
GENERAL				MORFOMETRÍA				DETALLE DEL TERRENO							
Distancia de altura coronas a punta (m) _____ Longitud horizontal coronas a punta (m) _____ Faltamiento (%) _____ Pendiente de talud en pie de talud (°) _____ Pendiente de talud en PZD - talud (°) _____ Distancia del espejo a talud (°) _____ Ancho del talud (°) _____				Ancho de la masa desplazada (m) _____ Ancho de la superficie de ruptura (m) _____ Longitud de la masa desplazada (m) _____ Longitud de la superficie de ruptura (m) _____ Espesor de la masa desplazada (m) _____ Perforabilidad de superficie de ruptura (m) _____ Longitud total (m) _____				Volumen coronado (m ³) _____ Volumen desplazado (m ³) _____ Área total (m ²) _____ Área total afectada (m ²) _____ Base (m) _____				Tipo de suelo: _____ Tipo de cobertura: _____ Tipo de vegetación: _____ Tipo de actividad: _____			
COBERTURA Y USO DEL SUELO Tipo de Cobertura: _____ Tipo de vegetación: _____ Tipo de actividad: _____															
PAISAJE Número de rocas: _____ Número de huecos: _____ Número de deslizamientos: _____				RELEVANTE Tipo: _____ Unidad de medida: _____ Valor S: _____				RELEVANTE Tipo: _____ Unidad de medida: _____ Valor S: _____							
Conversión para unidades de talud: DL: Dado leer, DR: Dado redondear, DA: Dado aprox, DP: Dado por igual, ND: No especificado															
ESQUEMA EN PLANTA						ESQUEMA EN PERFIL									

Anexo 4. Sondeos Eléctricos Verticales



**SONDEO ELÉCTRICO VERTICAL
ARREGLO SCHLUMBERGER**



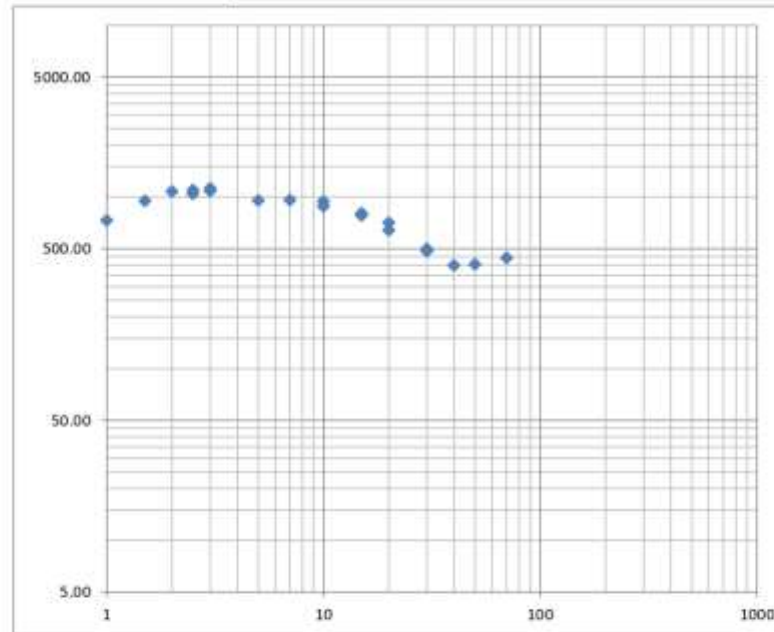
Fecha:

Proyecto: "CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA GEOTÉCNICA DE LA VÍA ZARUMA - ROMA, TRAMO PILLACELA-ROMA, CANTÓN ZARUMA, PROVINCIA DEL ORO"

Solicita: SR. JIMMY NARVAEZ
Coordenadas: X: 655296 Y: 9593633
Realizó: Claudel Guerrero

SEV: 2
Azimut: 8

AB/2	MN/2	K	$\Delta v/i$	ρ_a
1	0.5	2.36	310.39	731.34
1.5	0.5	6.28	151.09	949.33
2	0.5	11.78	91.472	1077.63
2.5	0.5	18.85	58.284	1098.63
2.5	1	8.25	126.85	1046.09
3	0.5	27.5	40.836	1122.54
3	1	12.6	86.396	1085.68
5	1	37.7	25.358	955.97
7	1	75.4	12.755	961.70
10	1	155.5	6.0654	943.22
10	2.5	58.9	15.011	884.22
15	1	351.9	2.223	782.18
15	2.5	137.4	5.8692	806.69
20	2.5	247.4	2.864	708.55
20	10	47.1	13.592	640.51
30	2.5	561.6	0.88751	498.39
30	10	125.7	3.8523	484.09
40	10	235.6	1.6964	399.70
50	10	377.0	1.0762	405.72
70	10	754.0	0.58717	442.72
100	10	1555.1		
150	10	3518.6		
200	10	6267.5		
350	10	19226.5		



Ing. Ovidio Castillo Jaramillo
LABORATORIO

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

Fecha:

SONDEO ELÉCTRICO VERTICAL ARREGLO SCHLUMBERGER

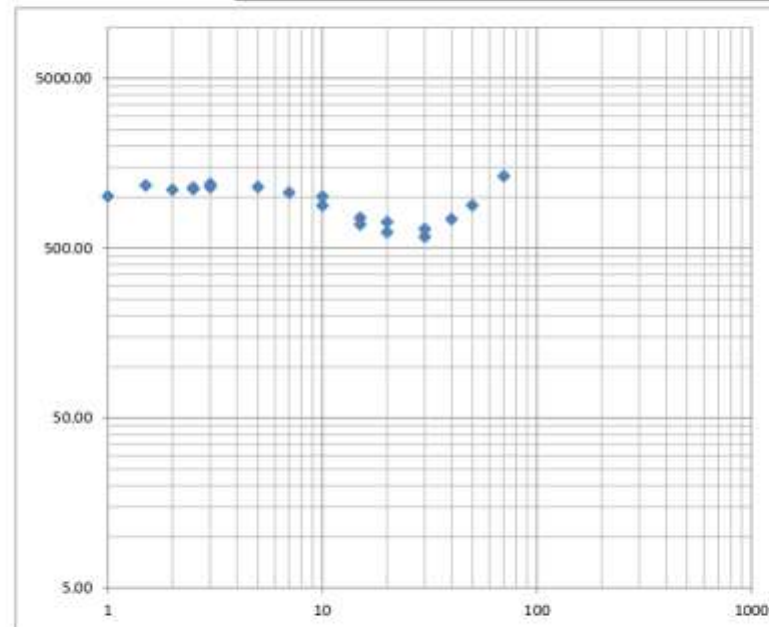


Proyecto: "CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA GEOTÉCNICA DE LA VÍA ZARUMA - ROMA, TRAMO PILLACELA-ROMA, CANTÓN ZARUMA, PROVINCIA DEL ORO"

Solicita: SR. JIMMY NARVAEZ
Coordenadas: X: 655346 Y: 9693804
Realizó: Claudel Guerrero

SEV: 3
Azimut: 64

AB/2	MN/2	K	$\Delta v/l$	ρ_a
1	0.5	2.36	214.020	1008.55
1.5	0.5	6.28	93.23	1171.50
2	0.5	11.78	46.915	1105.41
2.5	0.5	18.85	29.521	1112.92
2.5	1	8.25	68.813	1134.96
3	0.5	27.5	20.792	1143.10
3	1	12.6	47.552	1195.11
5	1	37.7	15.179	1144.47
7	1	75.4	7.0444	1062.27
10	1	155.5	2.867	891.69
10	2.5	58.9	8.537	1005.74
15	1	351.9	1.07044	753.29
15	2.5	137.4	2.5091	689.72
20	2.5	247.4	1.2537	620.33
20	10	47.1	7.5565	712.18
30	2.5	561.6	0.51979	583.79
30	10	125.7	2.5794	648.27
40	10	235.6	1.5716	740.60
50	10	377.0	1.1848	893.32
70	10	754.0	0.88068	1328.03
100	10	1555.1		
150	10	3518.6		
200	10	6267.5		
350	10	19226.5		



Ing. Ovidio Castillo Jaramillo
LABORATORIO

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

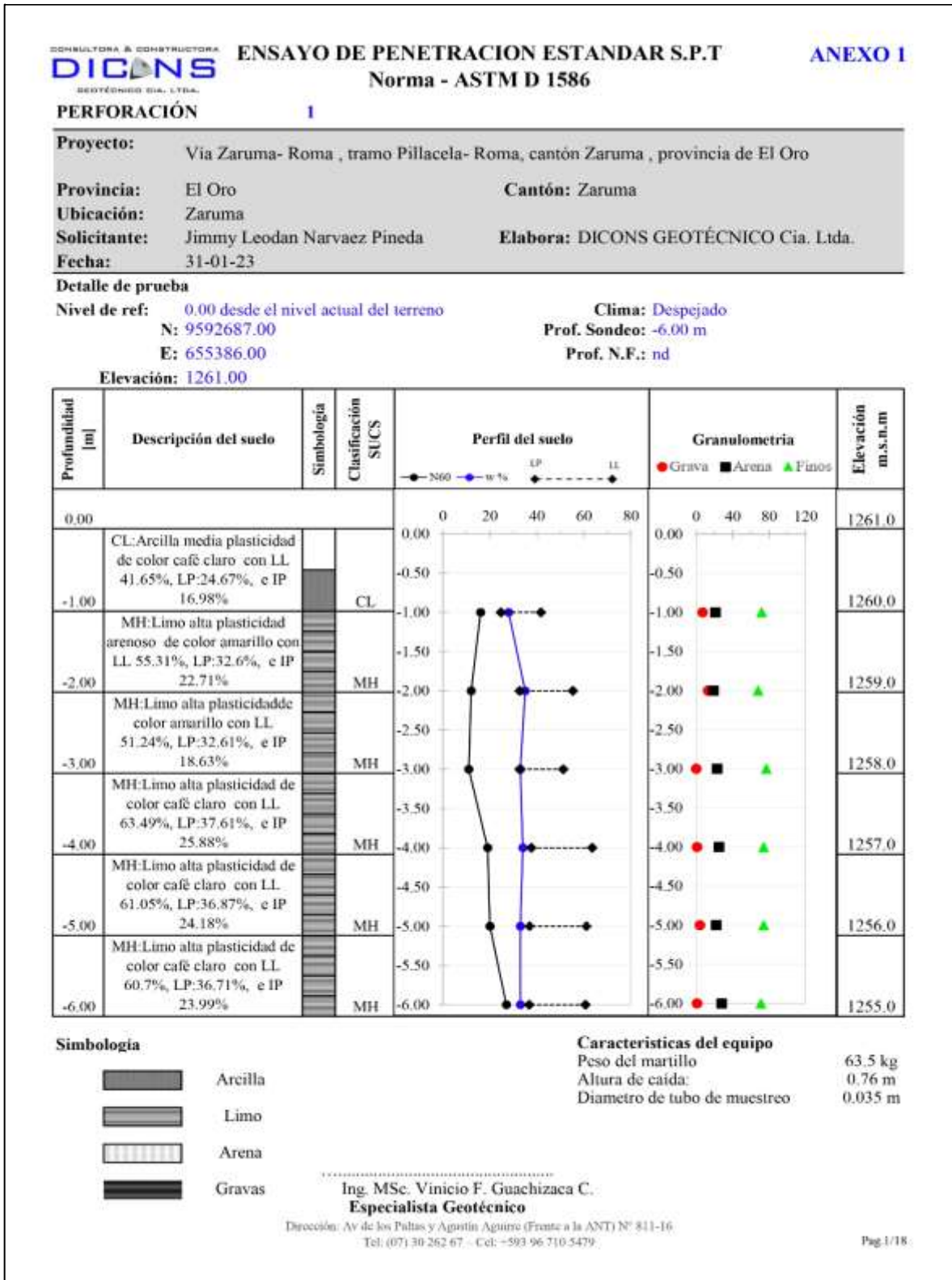


UNL

Universidad Nacional de Loja

Caracterización Geológica Geotécnica de la vía Zaruma – Roma, Tramo Pillacela-Roma, Cantón Zaruma, Provincia de el Oro

Anexo 5. Ensayo de Penetración Estándar





UNL

Universidad Nacional de Loja



CLASIFICACIÓN DEL SUELO Norma - ASTM D 2487

ANEXO 4

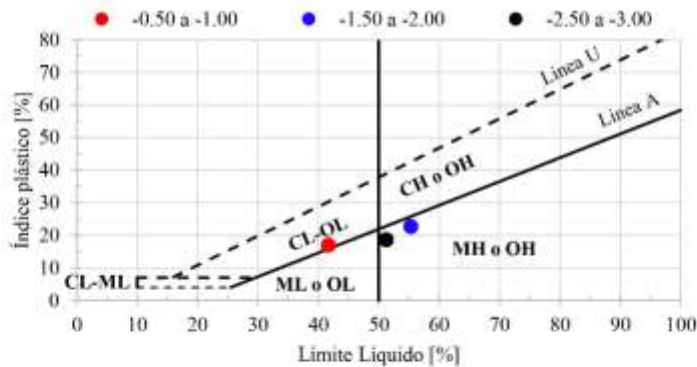
PERFORACIÓN 1

Proyecto:	Vía Zaruma- Roma , tramo Pillacela- Roma, cantón Zaruma , provincia de El Oro		
Provincia:	El Oro	Cantón:	Zaruma
Ubicación:	Zaruma		
Solicitante:	Jimmy Leodan Narvaez Pineda	Elabora:	DICONS GEOTÉCNICO Cia. Ltda.
Fecha:	31-01-23		

Sistema Unificado de Clasificación de Suelos - SUCS

Parámetros	-0.50 a -1.00	-1.50 a -2.00	-2.50 a -3.00
Límite líquido w_L (%)	41.65	55.31	51.24
Límite plástico w_p (%)	24.67	32.60	32.61
Índice de plasticidad (IP)	16.98	22.71	18.63
Pasa tamiz N° 4 (5mm)	93.00	87.00	100.00
Pasa tamiz N° 40 (0.425mm)	81.00	78.00	92.00
Pasa tamiz N° 200 (0.075 mm)	72.00	68.00	77.00
% Grava =	7.00	13.00	0.00
% Arena =	21.00	19.00	23.00
% Finos =	72.00	68.00	77.00
Cu			
Cc			
Tipo de suelo	CL	MH	MH

Arcilla media plasticidad
Limo alta plasticidad arenoso
Limo alta plasticidad



Ing. MSc. Vinicio F. Guachizaca C.
Especialista Geotécnico

Dirección: Av de los Palmas y Agustín Aguirre (Frente a la ANT) N° 811-16
Tel: (07) 30 262 67 – Cel: +593 96 710 5479



UNL

Universidad Nacional de Loja



CLASIFICACIÓN DEL SUELO Norma - ASTM D 2487

ANEXO 4.1

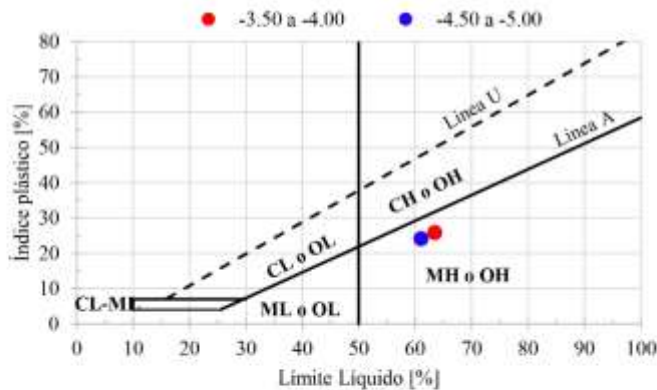
PERFORACIÓN: 1

Proyecto:	Vía Zaruma- Roma , tramo Pillacela- Roma, cantón Zaruma , provincia de El Oro		
Provincia:	El Oro	Cantón:	Zaruma
Ubicación:	Zaruma		
Solicitante:	Jimmy Leodan Narvaez Pineda	Elabora:	DICONS GEOTÉCNICO Cia. Ltda.
Fecha:	31-01-23		

Sistema Unificado de Clasificación de Suelos - SUCS

Parámetros	-3.50 a -4.00	-4.50 a -5.00	-5.50 a -6.00
Límite líquido w_L (%)	63.49	61.05	60.70
Límite plástico w_p (%)	37.61	36.87	36.71
Índice de plasticidad (IP)	25.88	24.18	23.99
Pasa tamiz N° 4 (5mm)	99.00	96.00	99.00
Pasa tamiz N° 40 (0.425mm)	92.00	88.00	92.00
Pasa tamiz N° 200 (0.075 mm)	74.00	74.00	71.00
% Grava =	1.00	4.00	1.00
% Arena =	25.00	22.00	28.00
% Finos =	74.00	74.00	71.00
Cu			
Cc			
Tipo de suelo	MH	MH	MH

Limo alta plasticidad
Limo alta plasticidad
Limo alta plasticidad



Ing. MSc. Vinicio F. Guachizaca C.
Especialista Geotécnico

Dirección: Av de los Paltas y Agustín Aguirre (Frente a la ANT) N° 811-16
Tel: (07) 30 262 67 – Cel: +593 96 710 5479

Proyecto: Vía Zaruma- Roma , tramo Pillacela- Roma, cantón Zaruma , provincia de El Oro
Provincia: El Oro **Cantón:** Zaruma
Ubicación: Zaruma
Solicitante: Jimmy Leodan Narvaez Pineda **Elabora:** DICONS GEOTÉCNICO Cia. Ltda.
Fecha: 31-01-23

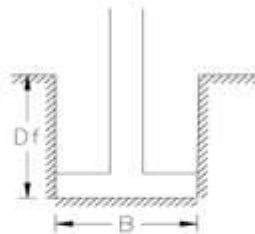
SONDEO # 1

Tipo de suelo: **Cohesivo**
Teoría de capacidad de carga : **Fórmula polinómica Ph**
Nivel freático: **ND**

Descripción	Símbolo	Valor	Unidad
Altura de desplante	Df	1.50	m
Ancho de zapata	B	1.50	m
Longitud de zapata	L	1.50	m
Profundidad de ponderación	$2B + Df$	4.50	m
Angulo de fricción	φ'	0.00	°
Angulo de fricción	ϕ	0.00	°
Cohesión	c'	57.89	kPa
Peso específico del terreno	γ	18.74	kN/m ³
	N_{sondeo}	13.00	

Descripción	Símbolo	c	q	γ
Factores de capacidad de carga	N	5.14	0.00	0.00
Cof. Forma de la cimentación	s	1.00	1.00	0.60
Cof. Profundidad de apoyo	d	1.00	1.00	1.00
Cof. Inclinación de cargas	i	1.00	1.00	1.00
Cof. Taludes cercanos	g	1.00	1.00	1.00

Resultados			
Presión de hundimiento	q_u	297.55	kPa
Factor de seguridad	FS	3.00	
Capacidad admisible	Q_{adm}	99.18	kPa



Tipo de zapata aislada B= 1.50 m



UNL

Universidad Nacional de Loja

Caracterización Geológica Geotécnica de la vía Zaruma – Roma, Tramo Pillacela-Roma, Cantón Zaruma, Provincia de el Oro

CONSEJORA & CONSTRUCTORA
DICONS
GEOTÉCNICO CIA. LTDA.

ENSAYO DE PENETRACION ESTANDAR S.P.T
Norma - ASTM D 1586

ANEXO 1

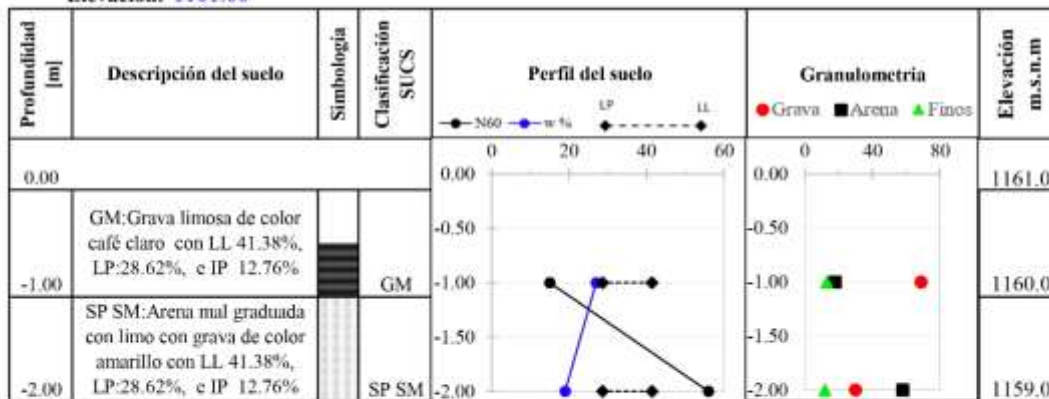
PERFORACIÓN 2

Proyecto: Vía Zaruma- Roma , tramo Pillacela- Roma, cantón Zaruma , provincia de El Oro
Provincia: El Oro **Cantón:** Zaruma
Ubicación: Zaruma
Solicitante: Jimmy Leodan Narvaez Pineda **Elabora:** DICONS GEOTÉCNICO Cia. Ltda.
Fecha: 31-01-23

Detalle de prueba

Nivel de ref: 0.00 desde el nivel actual del terreno
N: 9593583.00
E: 655373.00
Clima: Nublado
Prof. Sondeo: -2.00 m
Prof. N.F.: nd

Elevación: 1161.00



Simbología

- Arcilla
- Limo
- Arena
- Gravas

Características del equipo

Peso del martillo 63.5 kg
Altura de caída: 0.76 m
Diámetro de tubo de muestreo 0.035 m

Ing. MSc. Vinicio F. Guachizaca C.
Especialista Geotécnico

Dirección: Av de los Paltos y Agustín Aguirre (Frente a la ANT) N° 811-16
Tel: (07) 30 262 67 - Cel: +593 96 710 5479

Pág. 1/9



UNL

Universidad Nacional de Loja

CONSEJORA & CONSTRUCTORA DICONS GEOTÉCNICO CIA. LTDA.

CLASIFICACIÓN DEL SUELO Norma - ASTM D 2487

ANEXO 4

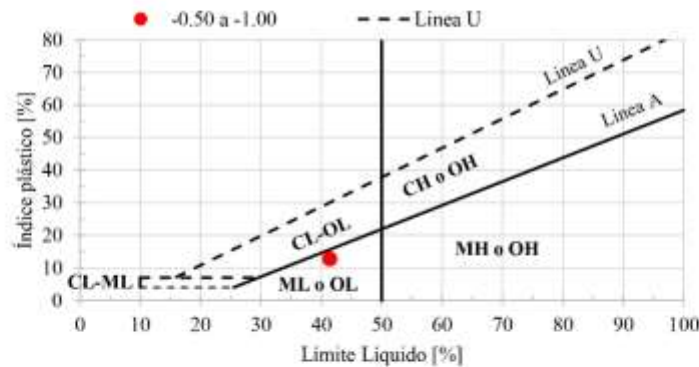
PERFORACIÓN 2

Proyecto:	Vía Zaruma- Roma , tramo Pillacela- Roma, cantón Zaruma , provincia de El Oro		
Provincia:	El Oro	Cantón:	Zaruma
Ubicación:	Zaruma		
Solicitante:	Jimmy Leodan Narvaez Pineda	Elabora:	DICONS GEOTÉCNICO Cia. Ltda.
Fecha:	31-01-23		

Sistema Unificado de Clasificación de Suelos - SUCS

Parámetros	-0.50 a -1.00	-1.50 a -2.00
Límite líquido w_L (%)	41.38	41.38
Límite plástico w_p (%)	28.62	28.62
Índice de plasticidad (IP)	12.76	12.76
Pasa tamiz N° 4 (5mm)	31.00	70.00
Pasa tamiz N° 40 (0.425mm)	20.00	29.00
Pasa tamiz N° 200 (0.075 mm)	13.00	12.00
% Grava =	69.00	30.00
% Arena =	18.00	58.00
% Finos =	13.00	12.00
Cu		
Cc		
Tipo de suelo	GM	SP SM

Grava limosa
Arena mal graduada con limo con grava



Ing. MSc. Vinicio F. Guachizaca C.
Especialista Geotécnico

Dirección: Av de los Paltas y Agustín Aguirre (Frente a la ANT) N° 811-16/
Tel: (07) 30 262 67 – Cel: +593 96 710 5479

Proyecto: Vía Zaruma- Roma , tramo Pillacela- Roma, cantón Zaruma , provincia de El Oro
Provincia: El Oro **Cantón:** Zaruma
Ubicación: Zaruma
Solicitante: Jimmy Leodan Narvaez Pineda **Elabora:** DICONS GEOTÉCNICO Cia. Ltda.
Fecha: 31-01-23

SONDEO # 2

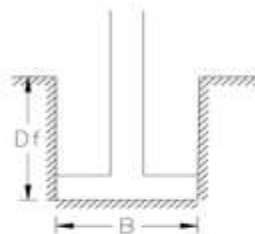
Tipo de suelo: **Cohesivo**
Teoría de capacidad de carga : **Fórmula polinómica Ph**
Nivel freático: **ND**

Descripción	Símbolo	Valor	Unidad
Altura de desplante	Df	1.50	m
Ancho de zapata	B	1.50	m
Longitud de zapata	L	1.50	m
Profundidad de ponderación	$2B + Df$	4.50	m
Angulo de fricción	φ'	0.00	$^{\circ}$
Angulo de fricción	ϕ	0.00	$^{\circ}$
Cohesión	c'	66.66	kPa
Peso específico del terreno	γ	19.00	kN/m^3
	N_{sdo}	15.00	

Descripción	Símbolo	e	q	γ
Factores de capacidad de carga	N	5.14	0.00	0.00
Cof. Forma de la cimentación	s	1.00	1.00	0.60
Cof. Profundidad de apoyo	d	1.00	1.00	1.00
Cof. Inclinación de cargas	i	1.00	1.00	1.00
Cof. Taludes cercanos	g	1.00	1.00	1.00

Resultados

Presión de hundimiento	q_u	342.63	kPa
Factor de seguridad	FS	3.00	
Capacidad admisible	Q_{adm}	114.21	kPa



Tipo de zapata aislada $B= 1.50 m$



UNL

Universidad Nacional de Loja

Caracterización Geológica Geotécnica de la vía Zaruma – Roma, Tramo Pillacela-Roma, Cantón Zaruma, Provincia de el Oro

CONSEJORA & CONSTRUCTORA
DICONS
GEOTÉCNICO CIA. LTDA.

ENSAYO DE PENETRACION ESTANDAR S.P.T
Norma - ASTM D 1586

ANEXO 1

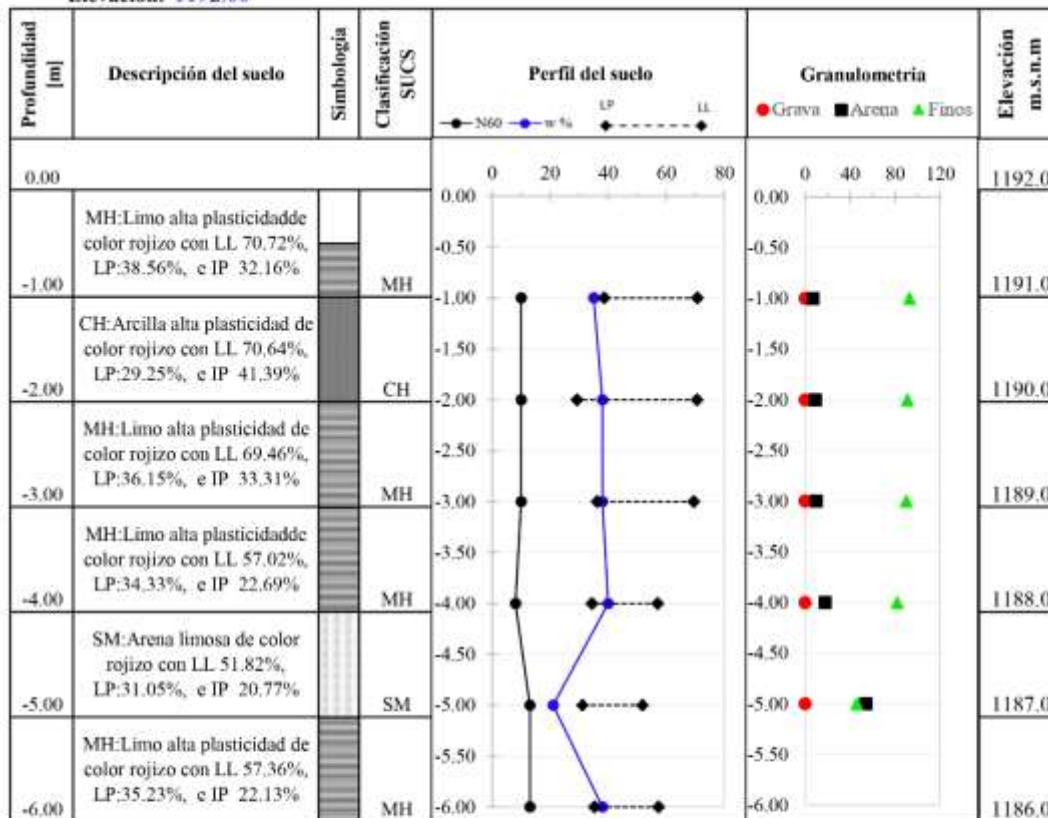
PERFORACIÓN 1

Proyecto:	Vía Zaruma- Roma , tramo Pillacela- Roma, cantón Zaruma , provincia de El Oro		
Provincia:	El Oro	Cantón:	Zaruma
Ubicación:	Zaruma		
Solicitante:	Jimmy Leodan Narvaez Pineda	Elabora:	DICONS GEOTÉCNICO Cia. Ltda.
Fecha:	31-01-23		

Detalle de prueba

Nivel de ref:	0.00 desde el nivel actual del terreno	Clima:	Despejado
N:	9593847.00	Prof. Sondeo:	-6.00 m
E:	655302.00	Prof. N.F.:	nd

Elevación: 1192.00



Simbología

- [Hatched] Arcilla
- [Hatched] Limo
- [Hatched] Arena
- [Hatched] Gravas

Características del equipo

Peso del martillo	63.5 kg
Altura de caída:	0.76 m
Diametro de tubo de muestreo	0.035 m

Ing. MSc. Vinicio F. Guachizaca C.
Especialista Geotécnico

Dirección: Av de los Paltas y Agustín Aguirre (Frente a la ANT) N° 811-16
Tel: (07) 30 262 67 - Cel: -593 96 710 5479

Pag.1/18



UNL

Universidad Nacional de Loja



CLASIFICACIÓN DEL SUELO Norma - ASTM D 2487

ANEXO 4

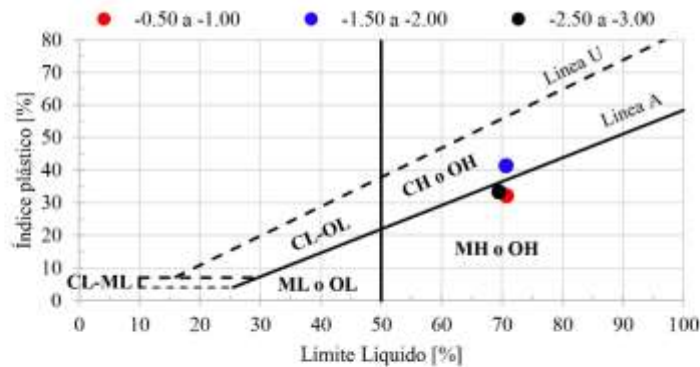
PERFORACIÓN I

Proyecto:	Vía Zaruma- Roma , tramo Pillacela- Roma, cantón Zaruma , provincia de El Oro		
Provincia:	El Oro	Cantón:	Zaruma
Ubicación:	Zaruma		
Solicitante:	Jimmy Leodan Narvaez Pineda	Elabora:	DICONS GEOTÉCNICO Cia. Ltda.
Fecha:	31-01-23		

Sistema Unificado de Clasificación de Suelos - SUCS

Parámetros	-0.50 a -1.00	-1.50 a -2.00	-2.50 a -3.00
Límite líquido w_L (%)	70.72	70.64	69.46
Límite plástico w_p (%)	38.56	29.25	36.15
Índice de plasticidad (IP)	32.16	41.39	33.31
Pasa tamiz Nº 4 (5mm)	100.00	100.00	100.00
Pasa tamiz Nº 40 (0.425mm)	98.00	99.00	99.00
Pasa tamiz Nº 200 (0.075 mm)	93.00	91.00	90.00
% Grava =	0.00	0.00	0.00
% Arena =	7.00	9.00	10.00
% Finos =	93.00	91.00	90.00
Cu			
Cc			
Tipo de suelo	MH	CH	MH

Limo alta plasticidad
Arcilla alta plasticidad
Limo alta plasticidad



Ing. MSc. Vinicio F. Guachizaca C.
Especialista Geotécnico

Dirección: Av de los Paltas y Agustín Aguirre (Frente a la ANT) N° 811-16
Tel: (07) 30 262 67 – Cel: +593 96 710 5479



UNL

Universidad Nacional de Loja



CLASIFICACIÓN DEL SUELO Norma - ASTM D 2487

ANEXO 4.1

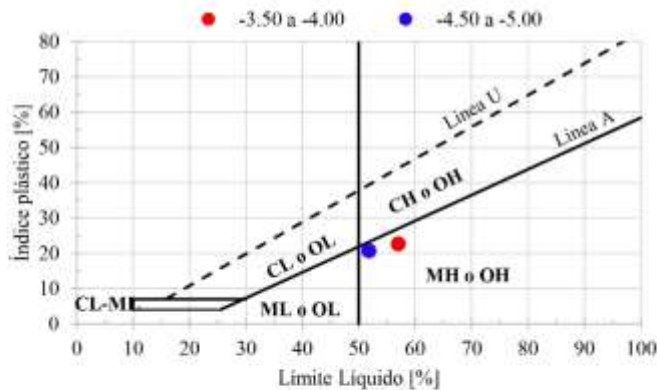
PERFORACIÓN: 1

Proyecto:	Vía Zaruma- Roma , tramo Pillacela- Roma, cantón Zaruma , provincia de El Oro		
Provincia:	El Oro	Cantón:	Zaruma
Ubicación:	Zaruma		
Solicitante:	Jimmy Leodan Narvaez Pineda	Elabora:	DICONS GEOTÉCNICO Cia. Ltda.
Fecha:	31-01-23		

Sistema Unificado de Clasificación de Suelos - SUCS

Parámetros	-3.50 a -4.00	-4.50 a -5.00	-5.50 a -6.00
Límite líquido w_L (%)	57.02	51.82	57.36
Límite plástico w_p (%)	34.33	31.05	35.23
Índice de plasticidad (IP)	22.69	20.77	22.13
Pasa tamiz N° 4 (5mm)	100.00	100.00	99.00
Pasa tamiz N° 40 (0.425mm)	97.00	80.00	92.00
Pasa tamiz N° 200 (0.075 mm)	82.00	46.00	74.00
% Grava =	0.00	0.00	1.00
% Arena =	18.00	54.00	25.00
% Finos =	82.00	46.00	74.00
Cu			
Cc			
Tipo de suelo	MH	SM	MH

Limo alta plasticidad
Arena limosa
Limo alta plasticidad



Ing. MSc. Vinicio F. Guachizaca C.
Especialista Geotécnico

Dirección: Av de los Paltas y Agustín Aguirre (Frente a la ANT) N° 811-16
Tel: (07) 30 262 67 – Cel: +593 96 710 5479

Proyecto: Vía Zaruma- Roma , tramo Pillacela- Roma, cantón Zaruma , provincia de El Oro
Provincia: El Oro **Cantón:** Zaruma
Ubicación: Zaruma
Solicitante: Jimmy Leodan Narvaez Pineda **Elabora:** DICONS GEOTÉCNICO Cia. Ltda.
Fecha: 31-01-23

SONDEO # 1

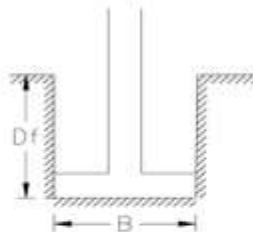
Tipo de suelo: **Cohesivo**
Teoría de capacidad de carga : **Fórmula polinómica Ph**
Nivel freático: **ND**

Descripción	Símbolo	Valor	Unidad
Altura de desplante	Df	1.50	m
Ancho de zapata	B	1.50	m
Longitud de zapata	L	1.50	m
Profundidad de ponderación	$2B + Df$	4.50	m
Angulo de fricción	φ'	0.00	$^{\circ}$
Angulo de fricción	ϕ	0.00	$^{\circ}$
Cohesión	c'	44.92	kPa
Peso específico del terreno	γ	17.67	kN/m^3
	N_{sdo}	10.00	

Descripción	Símbolo	e	q	γ
Factores de capacidad de carga	N	5.14	0.00	0.00
Cof. Forma de la cimentación	s	1.00	1.00	0.60
Cof. Profundidad de apoyo	d	1.00	1.00	1.00
Cof. Inclinación de cargas	i	1.00	1.00	1.00
Cof. Taludes cercanos	g	1.00	1.00	1.00

Resultados

Presión de hundimiento	q_u	230.89	kPa
Factor de seguridad	FS	3.00	
Capacidad admisible	Q_{adm}	76.96	kPa



Tipo de zapata aislada $B= 1.50 m$



UNL

Universidad Nacional de Loja

Caracterización Geológica Geotécnica de la vía Zaruma – Roma, Tramo Pillacela-Roma, Cantón Zaruma, Provincia de el Oro

CONSULTORA & CONSTRUCTORA
DICONS
GEOTÉCNICO CIA. LTDA.

ENSAYO DE PENETRACION ESTANDAR S.P.T
Norma - ASTM D 1586

ANEXO 1

PERFORACIÓN 4

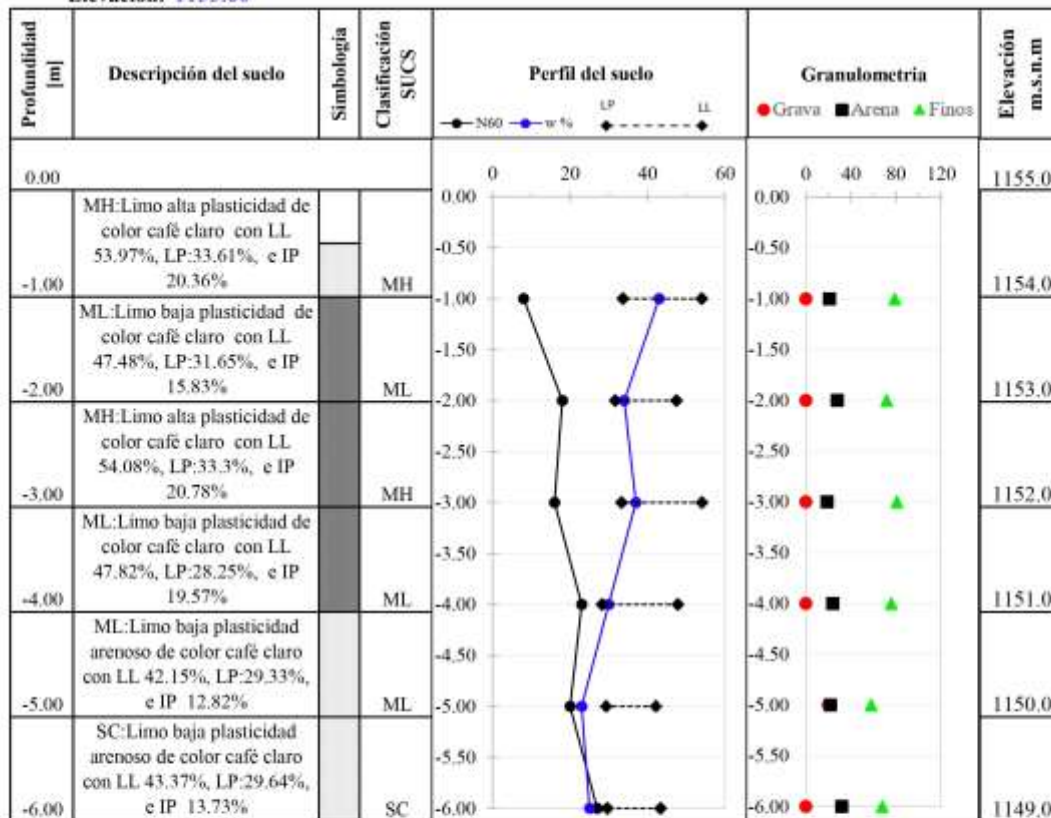
Proyecto:	Vía Zaruma- Roma , tramo Pillacela- Roma, cantón Zaruma , provincia de El Oro		
Provincia:	El Oro	Cantón:	Zaruma
Ubicación:	Zaruma		
Solicitante:	Jimmy Leodan Narvaez Pineda	Elabora:	DICONS GEOTÉCNICO Cia. Ltda.
Fecha:	31-01-23		

Detalle de prueba

Nivel de ref: 0.00 desde el nivel actual del terreno
N: 9593806.00
E: 655342.00

Clima: Despejado
Prof. Sondeo: -6.00 m
Prof. N.F.: nd

Elevación: 1155.00



Simbología

- Arcilla
- Limo
- Arena
- Gravas

Características del equipo

Peso del martillo: 63.5 kg
Altura de caída: 0.76 m
Diámetro de tubo de muestreo: 0.035 m

Ing. MSc. Vinicio F. Guachizaca C.
Especialista Geotécnico

Dirección: Av de los Paltos y Agustín Aguirre (Frente a la ANT) N° 811-16
Tel: (07) 30 262 67 – Cel: +593 96 710 5479



UNL

Universidad Nacional de Loja

CONSEJORA & CONSTRUCTORA DICONS GEOTÉCNICO CIA. LTDA.

CLASIFICACIÓN DEL SUELO Norma - ASTM D 2487

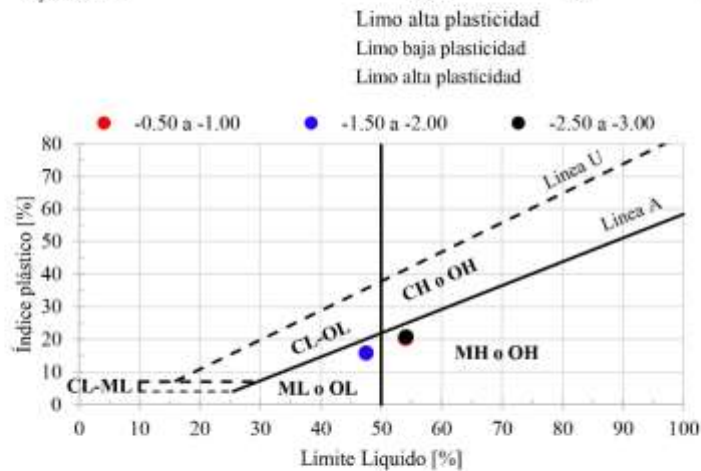
ANEXO 4

PERFORACIÓN 4

Table with project details: Proyecto, Provincia, Ubicación, Solicitante, Fecha, Cantón, and Elabora.

Sistema Unificado de Clasificación de Suelos - SUCS

Table with soil parameters: Parámetros, -0.50 a -1.00, -1.50 a -2.00, -2.50 a -3.00. Includes rows for liquid limit, plastic limit, plasticity index, sieve analysis, and soil type.



Ing. MSc. Vinicio F. Guachizaca C. Especialista Geotécnico

Dirección: Av de los Paltas y Agustín Aguirre (Frente a la ANT) N° 811-16 Tel: (07) 30 262 67 – Cel: +593 96 710 5479



UNL

Universidad Nacional de Loja

CONSEJORA & CONSTRUCTORA
DICONS
GEOTÉCNICO CIA. LTDA.

CLASIFICACIÓN DEL SUELO

Norma - ASTM D 2487

ANEXO 4.1

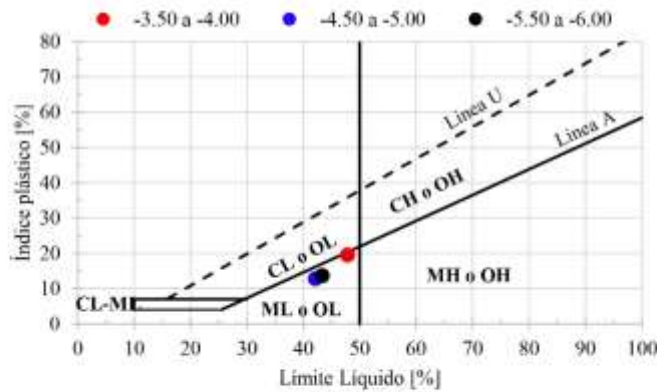
PERFORACIÓN: **4**

Proyecto:	Vía Zaruma- Roma , tramo Pillacela- Roma, cantón Zaruma , provincia de El Oro		
Provincia:	El Oro	Cantón:	Zaruma
Ubicación:	Zaruma		
Solicitante:	Jimmy Leodan Narvaez Pineda	Elabora:	DICONS GEOTÉCNICO Cia. Ltda.
Fecha:	31-01-23		

Sistema Unificado de Clasificación de Suelos - SUCS

Parámetros	-3.50 a -4.00	-4.50 a -5.00	-5.50 a -6.00
Límite líquido w_L (%)	47.82	42.15	43.37
Límite plástico w_p (%)	28.25	29.33	29.64
Índice de plasticidad (IP)	19.57	12.82	13.73
Pasa tamiz N° 4 (5mm)	100.00	80.00	100.00
Pasa tamiz N° 40 (0.425mm)	96.00	70.00	90.00
Pasa tamiz N° 200 (0.075 mm)	76.00	58.00	68.00
% Grava =	0.00	20.00	0.00
% Arena =	24.00	22.00	32.00
% Finos =	76.00	58.00	68.00
Cu			
Cc			
Tipo de suelo	ML	ML	ML

Limo baja plasticidad
Limo baja plasticidad arenoso
Limo baja plasticidad arenoso



Ing. MSc. Vinicio F. Guachizaca C.
Especialista Geotécnico

Dirección: Av de los Paltas y Agustín Aguirre (Frente a la ANT) N° 811-16/
Tel: (07) 30 262 67 – Cel: +593 96 710 5479

Proyecto: Vía Zaruma- Roma , tramo Pillacela- Roma, cantón Zaruma , provincia de El Oro
Provincia: El Oro **Cantón:** Zaruma
Ubicación: Zaruma
Solicitante: Jimmy Leodan Narvaez Pineda **Elabora:** DICONS GEOTÉCNICO Cia. Ltda.
Fecha: 31-01-23

SONDEO # 4

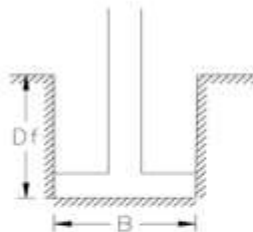
Tipo de suelo: **Cohesivo**
Teoría de capacidad de carga : **Fórmula polinómica Ph**
Nivel freático: **ND**

Descripción	Símbolo	Valor	Unidad
Altura de desplante	Df	1.50	m
Ancho de zapata	B	1.50	m
Longitud de zapata	L	1.50	m
Profundidad de ponderación	$2B + Df$	4.50	m
Angulo de fricción	φ'	0.00	$^{\circ}$
Angulo de fricción	ϕ	0.00	$^{\circ}$
Cohesión	c'	27.08	kPa
Peso específico del terreno	γ	17.45	kN/m^3
	N_{sdsd}	4.00	

Descripción	Símbolo	e	q	γ
Factores de capacidad de carga	N	5.14	0.00	0.00
Cof. Forma de la cimentación	s	1.00	1.00	0.60
Cof. Profundidad de apoyo	d	1.00	1.00	1.00
Cof. Inclinación de cargas	i	1.00	1.00	1.00
Cof. Taludes cercanos	g	1.00	1.00	1.00

Resultados

Presión de hundimiento	q_u	139.19	kPa
Factor de seguridad	FS	3.00	
Capacidad admisible	Q_{adm}	46.40	kPa



Tipo de zapata aislada $B= 1.50 m$



UNL

Universidad
Nacional
de Loja

Caracterización Geológica Geotécnica de la
vía Zaruma – Roma, Tramo Pillacela-Roma, Cantón
Zaruma, Provincia de el Oro

Anexo 6. Ensayo de Corte Directo

CONSULTORA & CONSTRUCTORA
DICONS

ENSAYO DE CORTE DIRECTO NORMA ASTM D 3080

ANEXO 8

Proyecto: Vía Zaruma-Roma , tramo Pillacela- Roma, cantón Zaruma , provincia de El Oro
Provincia: El Oro **Cantón:** Zaruma
Ubicación: Zaruma
Solicitante: Sr. Jimmy Leodan Narvaez Pineda **Elabora:** DiconsGeotécnico Cia. Ltda.
Fecha: 31-01-23

Detalle de prueba	
Muestra:	M1
Ensayo:	1
Norma:	ASTM D 3080
Humedad [%]:	34.03
Carga [kg]:	15.3
Profundidad [m]:	1
Esfuerzo normal aplicado [kPa]:	50.03
Constante de anillo [Kg]:	1.9048
Descripción del suelo:	MH,Limo alta plasticidad gravoso

Datos del ensayo						
Peso anillo:	g	42.87	Altura muestra inicial:	cm	2	Humedad W_{cap} W_{cap+5H} W_{cap+5S}
Peso anillo+muestra:	g	152.28	Altura muestra final:	cm	2	
Peso muestra inicial:	g	109.41	Diámetro:	cm	6.18	33.62 143.79 113.36
Peso muestra final:	g	79.19	Densidad:	g/cm ³	1.824	
			Area:	cm ²	30.00	w%
						38.16

Consolidación		Tiemp. min.	Lect. Anillo carga	Lect. Deform. Horizontal x 0.01mm	Lect. Deform. Vertical x 0.01mm	Deformación unitaria		Deformación [%]		Carga aplicada	Cortante kPa
Tiempo	Deformación					Hor.	Vert.	Hor.	Vert.		
0.0"		0.060	2.500	0.000	0.100	0.0000	0.000	0.000	0.005	1.338	4.376
4"		0.120	4.000	10.000	0.100	0.0016	0.000	0.162	0.005	2.141	7.002
15"		0.240	6.000	20.000	0.100	0.0032	0.000	0.324	0.005	3.211	10.501
34"		0.360	7.000	40.000	0.100	0.0065	0.000	0.647	0.005	3.746	12.251
1 min.		0.450	8.000	60.000	0.100	0.0097	0.000	0.971	0.005	4.281	14.001
2 min. 1/4"		1.000	9.000	100.000	0.200	0.0162	0.000	1.618	0.010	4.816	15.750
4 min.		1.300	11.500	150.000	1.100	0.0243	0.001	2.427	0.055	6.154	20.126
6 min. 1/4"		1.450	12.500	175.000	2.100	0.0283	0.001	2.832	0.105	6.689	21.876
9"		2.000	13.200	200.000	7.200	0.0324	0.004	3.236	0.360	7.064	23.102
12 min. 1/4"		2.300	14.200	300.000	10.800	0.0485	0.005	4.854	0.540	7.599	24.852
16 min.		3.000	15.200	350.000	13.800	0.0566	0.007	5.663	0.690	8.134	26.602
20 min. 1/4"		3.300	15.700	400.000	16.500	0.0647	0.008	6.472	0.825	8.402	27.478
25 mi.		4.000	16.000	450.000	18.700	0.0728	0.009	7.282	0.935	8.563	28.005
36 min.		4.300	16.200	500.000	21.800	0.0809	0.011	8.091	1.090	8.670	28.354
49 min.		5.000	16.200	550.000	24.500	0.0890	0.012	8.900	1.225	8.670	28.354
60 min.		5.300	16.500	600.000	26.500	0.0971	0.013	9.709	1.325	8.830	28.878
80 min.		6.000	16.500	650.000	29.000	0.1052	0.015	10.518	1.450	8.830	28.878
100 min.		6.300	16.200	700.000	30.000	0.1133	0.015	11.327	1.500	8.670	28.354
120 min.		7.000	16.000	750.000	31.800	0.1214	0.016	12.136	1.590	8.563	28.005
180 min.		7.300	16.000	800.000	33.000	0.1294	0.017	12.945	1.650	8.563	28.005
240 min.		8.000	15.900	850.000	34.200	0.1375	0.017	13.754	1.710	8.509	27.828

Dirección: Av de los Paltas y Agustín Aguirre (Frente a la ANT) N° 811-16
Tel: (07) 30 262 67 - Cel: +593 96 710 5479

1/21



UNL

Universidad Nacional de Loja

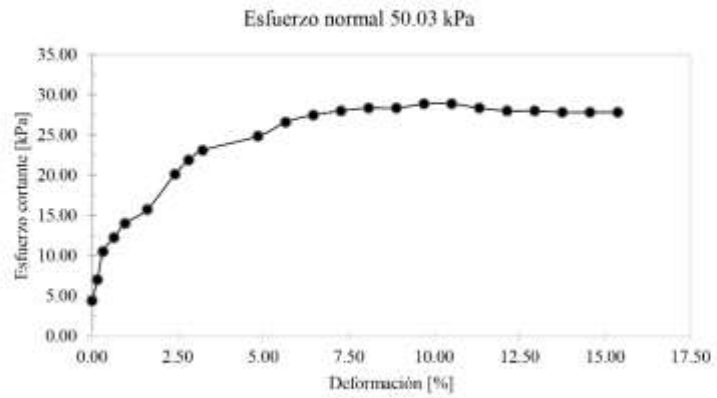
CONSULTORA & CONSTRUCTORA
DICONS

ENSAYO DE CORTE DIRECTO
NORMA ASTM D 3080

ANEXO 8

Proyecto: Vía Zaruma- Roma , tramo Pillacela- Roma, cantón Zaruma , provincia de El Oro
Provincia: El Oro **Cantón:** Zaruma
Ubicación: Zaruma
Solicitante: Sr. Jimmy Leodan Narvaez Pineda **Elabora:** DiconsGeotécnico Cia. Ltda.
Fecha: 31-01-23

300 min.		8.300	15.900	900.000	35.000	0.1456	0.018	14.563	1.750	8.509	27.828
360 min.		9.000	15.900	950.000	35.200	0.1537	0.018	15.372	1.760	8.509	27.828
420 min.											
480 min.											
540 min.											





UNL

Universidad
Nacional
de Loja

Caracterización Geológica Geotécnica de la
vía Zaruma – Roma, Tramo Pillacela-Roma, Cantón
Zaruma, Provincia de el Oro

CONSULTORA & CONSTRUCTORA
DICONS

**ENSAYO DE CORTE DIRECTO
NORMA ASTM D 3080**

ANEXO 8

Proyecto: Vía Zaruma- Roma , tramo Pillacela- Roma, cantón Zaruma , provincia de El Oro
Provincia: El Oro **Cantón:** Zaruma
Ubicación: Zaruma
Solicitante: Sr. Jimmy Leodan Narvaez Pineda **Elabora:** DiconsGeotécnico Cia. Ltda.
Fecha: 31-01-23

Detalle de prueba	
Muestra:	M1
Ensayo:	2
Norma:	ASTM D 3080
Humedad [%]:	34.03
Carga [kg]:	30.6
Profundidad [m]:	1
Esfuerzo normal aplicado [kPa]:	100.1
Constante de anillo [Kg]:	1.9048
Descripción del suelo:	MH,Limo alta plasticidad gravoso

Datos del ensayo						
Peso anillo:	g	42.44	Altura muestra inicial: cm	2	Humedad	
Peso anillo+muestra:	g	155.70	Altura muestra final: cm	2.021	W_{cap}	W_{cap+H}
Peso muestra inicial:	g	113.26	Diámetro: cm	6.18	Area: cm ²	30.00
Peso muestra final:	g	84.09	Densidad: g/cm ³	1.89	W_{cap+H}	117.65
					w%	34.69

Consolidación		Tiemp min.	Lect. Anillo carga	Lect. Deform. Horizontal x 0.01mm	Lect. Deform. Vertical x 0.01mm	Deformación unitaria		Deformación [%]		Carga aplicada	Cortante kPa
Tiempo	Deformación					Hor.	Vert.	Hor.	Vert.		
0.0"		0.060	2.500	0.00	-0.500	0.000	0.000	0.000	-0.025	1.338	4.376
4"		0.120	5.000	10.00	-0.500	0.002	0.000	0.162	-0.025	2.676	8.752
15"		0.240	8.500	20.00	-1.000	0.003	-0.001	0.324	-0.050	4.549	14.877
34"		0.360	11.000	40.00	-1.500	0.006	-0.001	0.647	-0.075	5.887	19.253
1 min.		0.450	13.500	60.00	-1.800	0.010	-0.001	0.971	-0.090	7.225	23.629
2 min. 1/4"		1.000	15.500	100.00	-1.900	0.016	-0.001	1.618	-0.095	8.295	27.128
4 min.		1.300	20.500	150.00	-2.100	0.024	-0.001	2.427	-0.105	10.971	35.880
6 min. 1/4"		1.450	22.500	175.00	-2.100	0.028	-0.001	2.832	-0.105	12.041	39.379
9"		2.000	24.000	200.00	-2.100	0.032	-0.001	3.236	-0.105	12.844	42.005
12 min. 1/4"		2.300	26.800	300.00	-2.100	0.049	-0.001	4.854	-0.105	14.342	46.904
16 min.		3.000	28.800	350.00	-0.900	0.057	0.000	5.663	-0.045	15.413	50.407
20 min. 1/4"		3.300	30.000	400.00	0.500	0.065	0.000	6.472	0.025	16.055	52.506
25 min.		4.000	30.800	450.00	3.800	0.073	0.002	7.282	0.190	16.483	53.906
36 min.		4.300	32.000	500.00	4.700	0.081	0.002	8.091	0.235	17.125	56.006
49 min.		5.000	32.500	550.00	7.900	0.089	0.004	8.900	0.395	17.393	56.882
60 min.		5.300	33.000	600.00	9.300	0.097	0.005	9.709	0.465	17.660	57.755
80 min.		6.000	33.800	650.00	11.900	0.105	0.006	10.518	0.595	18.088	59.155
100 min.		6.300	34.500	700.00	14.000	0.113	0.007	11.327	0.700	18.465	60.382
120 min.		7.000	35.000	750.00	16.400	0.121	0.008	12.136	0.820	18.731	61.258
180 min.		7.300	35.200	800.00	18.500	0.129	0.009	12.945	0.925	18.838	61.608
240 min.		8.000	35.800	850.00	20.500	0.138	0.010	13.754	1.025	19.159	62.658

Dirección: Av de los Palmas y Agustín Aguirre (Frente a la ANT) N° 811-16
Tel: (07) 30 262 67 – Cel: +593 96 710 5479

3/21



UNL

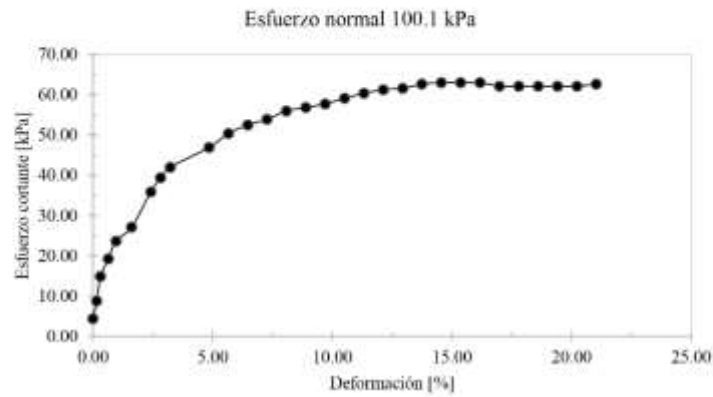
Universidad Nacional de Loja

CONSULTORA & CONSTRUCTORA
DICONS

**ENSAYO DE CORTE DIRECTO
NORMA ASTM D 3080**

ANEXO 8

Proyecto: Vía Zaruma- Roma , tramo Pillacela- Roma, cantón Zaruma , provincia de El Oro											
Provincia: El Oro				Cantón: Zaruma							
Ubicación: Zaruma											
Solicitante: Sr. Jimmy Leodan Narvaez Pineda				Elabora: DiconsGeotécnico Cia. Ltda.							
Fecha: 31-01-23											
300 min.		8.300	36.000	900.00	23.500	0.146	0.012	14.563	1.175	19.266	63.008
360 min.		9.000	36.000	950.00	25.000	0.154	0.013	15.372	1.250	19.266	63.008
420 min.		9.300	36.000	1000.00	27.200	0.162	0.014	16.181	1.360	19.266	63.008
480 min.		10.000	35.500	1050.00	29.500	0.170	0.015	16.990	1.475	18.998	62.131
540 min.		10.300	35.500	1100.00	31.500	0.178	0.016	17.799	1.575	18.998	62.131
600 min.		11.000	35.500	1150.00	34.500	0.186	0.017	18.608	1.725	18.998	62.131
660 min.		11.300	35.500	1200.00	36.700	0.194	0.018	19.417	1.835	18.998	62.131
720 min.		12.000	35.500	1250.00	38.500	0.202	0.019	20.227	1.925	18.998	62.131
		12.300	35.800	1300.00	41.200	0.210	0.021	21.036	2.060	19.159	62.658





UNL

Universidad
Nacional
de Loja

Caracterización Geológica Geotécnica de la
vía Zaruma – Roma, Tramo Pillacela-Roma, Cantón
Zaruma, Provincia de el Oro

CONSULTORA & CONSTRUCTORA
DICONS

**ENSAYO DE CORTE DIRECTO
NORMA ASTM D 3080**

ANEXO 8

Proyecto: Vía Zaruma- Roma , tramo Pillacela- Roma, cantón Zaruma , provincia de El Oro

Provincia: El Oro

Cantón: Zaruma

Ubicación: Zaruma

Solicitante: Sr. Jimmy Leodan Narvaez Pineda

Elabora: DiconsGeotécnico Cia. Ltda.

Fecha: 31-01-23

Detalle de prueba

Muestra: M1

Ensayo: 3

Norma: ASTM D 3080

Humedad [%]: 34.03

Carga [kg]: 61.2

Profundidad [m]: 1

Esfuerzo normal aplicado [kPa]: 200.1

Constante de anillo [Kg]: 1.9048

Descripción del suelo: MH,Limo alta plasticidad gravoso

Datos del ensayo

Peso anillo:	g	42.33	Altura muestra inicial:	cm	2	Humedad		
Peso anillo+muestra:	g	152.4	Altura muestra final:	cm	1.996	W_{cap}	W_{cap+8t}	W_{cap+8s}
Peso muestra inicial:	g	110.07	Diámetro:	cm	6.18	Area:	cm ²	30.00
Peso muestra final:	g	82.37	Densidad:	g/cm ³	1.790	34.33	144.09	116.47
						w%		33.63

Consolidación		Tiemp min.	Lect. Anillo carga	Lect. Deform. Horizontal x 0.01mm	Lect. Deform. Vertical x 0.01mm	Deformación unitaria		Deformación [%]		Carga aplicada	Cortante kPa
Tiempo	Deformación					Hor.	Vert.	Hor.	Vert.		
0.0"		0.060	3.000	0.000	-0.800	0.000	0.000	0.000	-0.040	1.605	5.249
4"		0.120	6.000	10.000	-0.800	0.002	0.000	0.162	-0.040	3.211	10.501
15"		0.240	9.000	20.000	-1.000	0.003	-0.001	0.324	-0.050	4.816	15.750
34"		0.360	12.800	40.000	-2.200	0.006	-0.001	0.647	-0.110	6.850	22.402
1 min.		0.450	15.000	60.000	-3.000	0.010	-0.002	0.971	-0.150	8.027	26.252
2 min. 1/4"		1.000	18.500	100.000	-4.000	0.016	-0.002	1.618	-0.200	9.900	32.377
4 min.		1.300	24.800	150.000	-5.800	0.024	-0.003	2.427	-0.290	13.272	43.405
6 min. 1/4"		1.450	29.800	175.000	-6.800	0.028	-0.003	2.832	-0.340	15.948	52.156
9"		2.000	31.200	200.000	-7.000	0.032	-0.004	3.236	-0.350	16.697	54.606
12 min. 1/4"		2.300	35.800	300.000	-8.000	0.049	-0.004	4.854	-0.400	19.159	62.658
16 min.		3.000	40.500	350.000	-8.500	0.057	-0.004	5.663	-0.425	21.674	70.883
20 min. 1/4"		3.300	44.500	400.000	-9.000	0.065	-0.005	6.472	-0.450	23.815	77.885
25 mi.		4.000	48.500	450.000	-9.100	0.073	-0.005	7.282	-0.455	25.955	84.883
36 min.		4.300	51.000	500.000	-9.200	0.081	-0.005	8.091	-0.460	27.293	89.259
49 min.		5.000	53.500	550.000	-9.200	0.089	-0.005	8.900	-0.460	28.631	93.635
60 min.		5.300	55.800	600.000	-9.200	0.097	-0.005	9.709	-0.460	29.862	97.661
80 min.		6.000	57.500	650.000	-9.200	0.105	-0.005	10.518	-0.460	30.681	100.339
100 min.		6.300	59.200	700.000	-9.200	0.113	-0.005	11.327	-0.460	31.681	103.610
120 min.		7.000	60.500	750.000	-9.200	0.121	-0.005	12.136	-0.460	32.377	105.886
180 min.		7.300	61.500	800.000	-9.200	0.129	-0.005	12.945	-0.460	32.912	107.636

Dirección: Av de los Palmas y Agustín Aguirre (Frente a la ANTI) N° 811-16
Tel: (07) 30 262 67 – Cel: +593 96 710 5479

5/21



UNL

Universidad Nacional de Loja

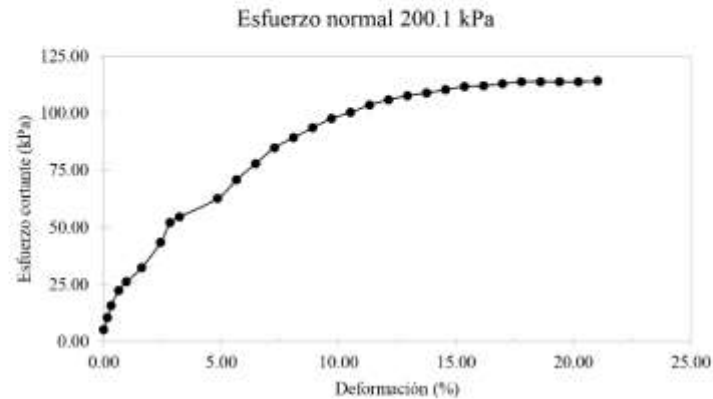
CONSULTORA & CONSTRUCTORA
DICONS

ENSAYO DE CORTE DIRECTO
NORMA ASTM D 3080

ANEXO 8

Proyecto: Vía Zaruma- Roma , tramo Pillacela- Roma, cantón Zaruma , provincia de El Oro
Provincia: El Oro **Cantón:** Zaruma
Ubicación: Zaruma
Solicitante: Sr. Jimmy Leodan Narvaez Pineda **Elabora:** DiconsGeotécnico Cia. Ltda.
Fecha: 31-01-23

240 min.		8.000	62.200	850.000	-9.200	0.138	-0.005	13.754	-0.460	33.287	108.862
300 min.		8.300	63.000	900.000	-9.200	0.146	-0.005	14.563	-0.460	33.715	110.262
360 min.		9.000	63.800	950.000	-9.200	0.154	-0.005	15.372	-0.460	34.143	111.662
420 min.		9.300	64.000	1000.000	-9.200	0.162	-0.005	16.181	-0.460	34.250	112.012
480 min.		10.000	64.500	1050.000	-8.100	0.170	-0.004	16.990	-0.405	34.518	112.888
540 min.		10.300	65.000	1100.000	-8.100	0.178	-0.004	17.799	-0.405	34.785	113.761
600 min.		11.000	65.000	1150.000	-7.800	0.186	-0.004	18.608	-0.390	34.785	113.761
660 min.		11.300	65.000	1200.000	-7.500	0.194	-0.004	19.417	-0.375	34.785	113.761
720 min.		12.000	65.000	1250.000	-7.500	0.202	-0.004	20.227	-0.375	34.785	113.761
		12.300	65.200	1300.000	-7.500	0.210	-0.004	21.036	-0.375	34.892	114.111





UNL

Universidad Nacional de Loja

CONSULTORA & CONSTRUCTORA
DICONS

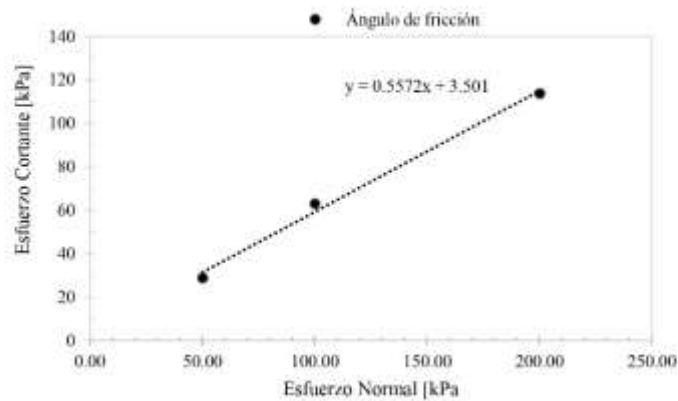
**ENSAYO DE CORTE DIRECTO
NORMA ASTM D 3080**

ANEXO 8

Proyecto:	Vía Zaruma- Roma , tramo Pillacela- Roma, cantón Zaruma , provincia de El Oro		
Provincia:	El Oro	Cantón:	Zaruma
Ubicación:	Zaruma		
Solicitante:	Sr. Jimmy Leodan Narvaez Pineda	Elabora:	DiconsGeotécnico Cía. Ltda.
Fecha:	31-01-23		

Resultados Talud I

Nro. Ensayo	Esfuerzos [kPa]	
	X	Y
	Normal	Cortante
1	50.03	28.878
2	100.06	63.008
3	200.12	113.761



Descripción	Símbolo	Valor	Und.
Ángulo de fricción	ϕ	29.13	°
Cohesión	c	3.50	kPa

Ing. MSc. Vinicio F. Guachizaca C.
Especialista Geotécnico



UNL

Universidad
Nacional
de Loja

Caracterización Geológica Geotécnica de la
vía Zaruma – Roma, Tramo Pillacela-Roma, Cantón
Zaruma, Provincia de el Oro

CONSULTORA & CONSTRUCTORA
DICONS

**ENSAYO DE CORTE DIRECTO
NORMA ASTM D 3080**

ANEXO 8.1

Proyecto: Vía Zaruma- Roma , tramo Pillacela- Roma, cantón Zaruma , provincia de El Oro
Provincia: El Oro **Cantón:** Zaruma
Ubicación: Zaruma
Solicitante: Sr. Jimmy Leodan Narvaez Pineda **Elabora:** DiconsGeotécnico Cia. Ltda.
Fecha: 31-01-23

Detalle de prueba	
Muestra:	2
Ensayo:	1
Norma:	ASTM D 3080
Humedad [%]:	48,49
Carga [kg]:	15.3
Profundidad [m]:	1
Esfuerzo normal aplicado [kPa]:	50.031
Constante de anillo [Kg]:	1.9048
Descripción del suelo:	GP GM, Grava mal graduada con limo

Datos del ensayo						
Peso anillo:	g	42.87	Altura muestra inicial: cm	2	Humedad	
Peso anillo+muestra:	g	140.47	Altura muestra final: cm	1.993	W_{cap}	W_{cap+su}
Peso muestra inicial:	g	97.60	Diámetro: cm	6.18	Area: cm ²	W_{cap+ss}
Peso muestra final:	g	62.78	Densidad: g/cm ³	1.627	30.00	w%
						33.65 131.57 96.64 55.45

Consolidación		Tiemp min.	Lect. Anillo carga	Lect. Deform. Horizontal x 0.01mm	Lect. Deform. Vertical x 0.01mm	Deformación unitaria		Deformación [%]		Carga aplicada	Cortant e kPa
Tiempo	Deformación					Hor.	Vert.	Hor.	Vert.		
0.0"		0.060	0.800	0.000	-0.300	0.0000	0.000	0.000	-0.015	0.428	1.400
4"		0.120	1.300	10.000	-0.300	0.0016	0.000	0.162	-0.015	0.696	2.276
15"		0.240	2.000	20.000	-0.300	0.0032	0.000	0.324	-0.015	1.070	3.499
34"		0.360	2.700	40.000	-0.300	0.0065	0.000	0.647	-0.015	1.445	4.726
1 min.		0.450	3.400	60.000	-0.300	0.0097	0.000	0.971	-0.015	1.820	5.952
2 min. 1/4"		1.000	4.200	100.000	-0.300	0.0162	0.000	1.618	-0.015	2.248	7.352
4 min.		1.300	4.900	150.000	-0.300	0.0243	0.000	2.427	-0.015	2.622	8.575
6 min. 1/4"		1.450	5.200	175.000	-0.300	0.0283	0.000	2.832	-0.025	2.783	9.102
9"		2.000	5.600	200.000	-0.800	0.0324	0.000	3.236	-0.040	2.997	9.801
12 min. 1/4"		2.300	6.100	300.000	-1.500	0.0485	-0.001	4.854	-0.075	3.264	10.675
16 min.		3.000	6.400	350.000	-2.100	0.0566	-0.001	5.663	-0.105	3.425	11.201
20 min. 1/4"		3.300	6.600	400.000	-2.800	0.0647	-0.001	6.472	-0.140	3.532	11.551
25 mi.		4.000	6.900	450.000	-3.300	0.0728	-0.002	7.282	-0.166	3.693	12.078
36 min.		4.300	7.200	500.000	-4.000	0.0809	-0.002	8.091	-0.201	3.853	12.601
49 min.		5.000	7.600	550.000	-5.000	0.0890	-0.003	8.900	-0.251	4.067	13.301
60 min.		5.300	7.900	600.000	-5.500	0.0971	-0.003	9.709	-0.276	4.228	13.827
80 min.		6.000	8.200	650.000	-6.500	0.1052	-0.003	10.518	-0.326	4.388	14.351
100 min.		6.300	8.400	700.000	-7.500	0.1133	-0.004	11.327	-0.376	4.495	14.700
120 min.		7.000	8.700	750.000	-8.200	0.1214	-0.004	12.136	-0.411	4.656	15.227
180 min.		7.300	8.900	800.000	-9.000	0.1294	-0.005	12.945	-0.452	4.763	15.577
240 min.		8.000	9.000	850.000	-9.900	0.1375	-0.005	13.754	-0.497	4.816	15.750

Dirección: Av de los Paltas y Agustín Aguirre (Frente a la ANT) N° 811-16
Tel: (07) 30 262 67 – Cel: +593 96 710 5479

8/21



UNL

Universidad Nacional de Loja

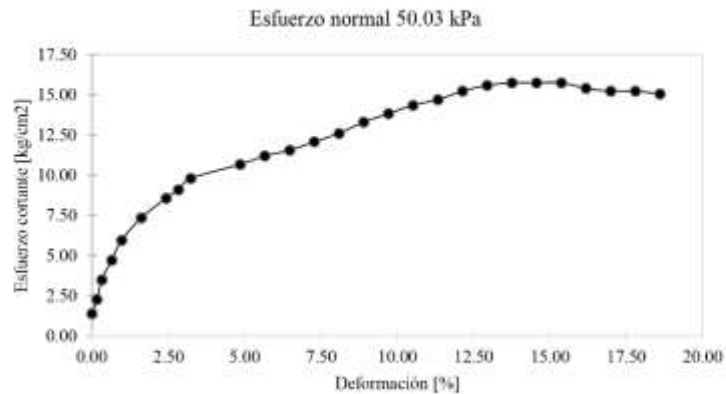
CONSULTORA & CONSTRUCTORA
DICONS

**ENSAYO DE CORTE DIRECTO
NORMA ASTM D 3080**

ANEXO 8.1

Proyecto: Vía Zaruma- Roma , tramo Pillacela- Roma, cantón Zaruma , provincia de El Oro
Provincia: El Oro **Cantón:** Zaruma
Ubicación: Zaruma
Solicitante: Sr. Jimmy Leodan Narvaez Pineda **Elabora:** DiconsGeotécnico Cia. Ltda.
Fecha: 31-01-23

300 min.		8.300	9.000	900.000	-10.800	0.1456	-0.005	14.563	-0.542	4.816	15.750
360 min.		9.000	9.000	950.000	-11.700	0.1537	-0.006	15.372	-0.587	4.816	15.750
420 min.		9.300	8.800	1000.000	-12.500	0.1618	-0.006	16.181	-0.627	4.709	15.400
480 min.		10.000	8.700	1050.000	-13.200	0.1699	-0.007	16.990	-0.662	4.656	15.227
540 min.		10.300	8.700	1100.000	-14.000	0.1780	-0.007	17.799	-0.702	4.656	15.227
600 min.		11.000	8.600	1150.000	-14.800	0.1861	-0.007	18.608	-0.743	4.602	15.050





UNL

Universidad
Nacional
de Loja

Caracterización Geológica Geotécnica de la
vía Zaruma – Roma, Tramo Pillacela-Roma, Cantón
Zaruma, Provincia de el Oro

CONSULTORA & CONSTRUCTORA
DICONS

**ENSAYO DE CORTE DIRECTO
NORMA ASTM D 3080**

ANEXO 8.1

Proyecto: Vía Zaruma- Roma , tramo Pillacela- Roma, cantón Zaruma , provincia de El Oro
Provincia: El Oro **Cantón:** Zaruma
Ubicación: Zaruma
Solicitante: Sr. Jimmy Leodan Narvaez Pineda **Elabora:** DiconsGeotécnico Cia. Ltda.
Fecha: 31-01-23

Detalle de prueba	
Muestra:	2
Ensayo:	2
Norma:	ASTM D 3080
Humedad [%]:	41.62
Carga [kg]:	30.06
Profundidad [m]:	1
Esfuerzo normal aplicado [kPa]:	100.06
Constante de anillo [Kg]:	1.9048
Descripción del suelo:	GP GM, Grava mal graduada con limo

Datos del ensayo							
Peso anillo:	g	42.44	Altura muestra inicial:	cm	2	Humedad	
Peso anillo+muestra:	g	140.36	Altura muestra final:	cm	1.988	W_{cap}	W_{cap+su}
Peso muestra inicial:	g	97.92	Diámetro:	cm	6.18	Area: cm^2	W_{cap+ss}
Peso muestra final:	g	64.18	Densidad:	g/cm^3	1.63	30.00	w%
							33.37 131.99 98.01 52.57

Consolidación		Tiemp min.	Lect. Anillo carga	Lect. Deform. Horizontal x 0.01mm	Lect. Deform. Vertical x 0.01mm	Deformación unitaria		Deformación [%]		Carga aplicada	Cortant e kPa
Tiempo	Deformación					Hor.	Vert.	Hor.	Vert.		
0.0"		0.06	1.000	0.00	0.100	0.000	0.000	0.000	0.005	0.535	1.750
4"		0.12	3.000	10.00	1.000	0.002	0.001	0.162	0.050	1.605	5.249
15"		0.24	4.700	20.00	1.300	0.003	0.001	0.324	0.065	2.515	8.225
34"		0.36	6.200	40.00	2.500	0.006	0.001	0.647	0.125	3.318	10.851
1 min.		0.45	7.300	60.00	3.000	0.010	0.002	0.971	0.151	3.907	12.777
2 min. 1/4"		1.00	9.000	100.00	3.500	0.016	0.002	1.618	0.176	4.816	15.750
4 min.		1.30	11.800	150.00	4.000	0.024	0.002	2.427	0.201	6.315	20.653
6 min. 1/4"		1.45	13.000	175.00	4.200	0.028	0.002	2.832	0.211	6.957	22.752
9"		2.00	14.100	200.00	4.200	0.032	0.002	3.236	0.211	7.546	24.679
12 min. 1/4"		2.30	15.500	300.00	-3.800	0.049	-0.002	4.854	-0.191	8.295	27.128
16 min.		3.00	16.700	350.00	-1.300	0.057	-0.001	5.663	-0.065	8.937	29.228
20 min. 1/4"		3.30	17.100	400.00	-2.000	0.065	-0.001	6.472	-0.100	9.151	29.928
25 mi.		4.00	17.900	450.00	2.000	0.073	0.001	7.282	0.100	9.579	31.327
36 min.		4.30	18.200	500.00	3.000	0.081	0.002	8.091	0.151	9.740	31.854
49 min.		5.00	18.300	550.00	4.500	0.089	0.002	8.900	0.226	9.793	32.027
60 min.		5.30	18.400	600.00	6.000	0.097	0.003	9.709	0.301	9.847	32.204
80 min.		6.00	18.500	650.00	8.000	0.105	0.004	10.518	0.401	9.900	32.377
100 min.		6.30	18.400	700.00	9.300	0.113	0.005	11.327	0.467	9.847	32.204
120 min.		7.00	18.500	750.00	10.800	0.121	0.005	12.136	0.542	9.900	32.377
180 min.		7.30	18.600	800.00	12.100	0.129	0.006	12.945	0.607	9.954	32.554
240 min.		8.00	18.400	850.00	13.500	0.138	0.007	13.754	0.677	9.847	32.204

Dirección: Av de los Palmas y Agustín Aguirre (Frente a la ANT) N° 811-16
Tel: (07) 30 262 67 – Cel: +593 96 710 3479

10/21



UNL

Universidad Nacional de Loja

CONSULTORA & CONSTRUCTORA
DICONS

ENSAYO DE CORTE DIRECTO
NORMA ASTM D 3080

ANEXO 8.1

Proyecto: Vía Zaruma- Roma , tramo Pillacela- Roma, cantón Zaruma , provincia de El Oro

Provincia: El Oro

Cantón: Zaruma

Ubicación: Zaruma

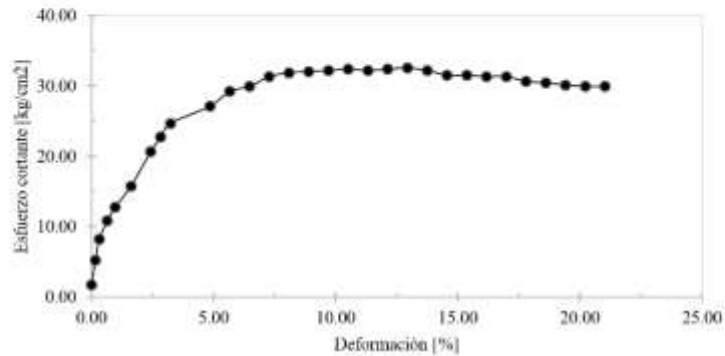
Solicitante: Sr. Jimmy Leodan Narvaez Pineda

Elabora: DiconsGeotécnico Cia. Ltda.

Fecha: 31-01-23

300 min.		8.30	18.000	900.00	15.900	0.146	0.008	14.563	0.798	9.633	31.504
360 min.		9.00	18.000	950.00	18.000	0.154	0.009	15.372	0.903	9.633	31.504
420 min.		9.30	17.900	1000.00	21.100	0.162	0.011	16.181	1.059	9.579	31.327
480 min.		10.00	17.900	1050.00	23.000	0.170	0.012	16.990	1.154	9.579	31.327
540 min.		10.30	17.500	1100.00	25.100	0.178	0.013	17.799	1.259	9.365	30.627
600 min.		11.00	17.400	1150.00	27.800	0.186	0.014	18.608	1.395	9.312	30.454
660 min.		11.30	17.200	1200.00	29.200	0.194	0.015	19.417	1.465	9.205	30.104
720 min.		12.00	17.100	1250.00	30.800	0.202	0.015	20.227	1.545	9.151	29.928
		12.30	17.100	1300.00	31.400	0.210	0.016	21.036	1.576	9.151	29.928

Esfuerzo normal 100.1 kPa





UNL

Universidad Nacional de Loja

Caracterización Geológica Geotécnica de la vía Zaruma – Roma, Tramo Pillacela-Roma, Cantón Zaruma, Provincia de El Oro

CONSULTORA & CONSTRUCTORA
DICONS

**ENSAYO DE CORTE DIRECTO
NORMA ASTM D 3080**

ANEXO 8.1

Proyecto: Vía Zaruma-Roma , tramo Pillacela- Roma, cantón Zaruma , provincia de El Oro
Provincia: El Oro **Cantón:** Zaruma
Ubicación: Zaruma
Solicitante: Sr. Jimmy Leodan Narvaez Pineda **Elabora:** DiconsGeotécnico Cia. Ltda.
Fecha: 31-01-23

Detalle de prueba	
Muestra: 2	
Ensayo: 3	
Norma: ASTM D 3080	
Humedad [%]: 48.49	
Carga [kg]: 61.2	
Profundidad [m]: 1	
Esfuerzo normal aplicado [kPa]: 200.12	
Constante de anillo [Kg]: 1.9048	
Descripción del suelo: GP GM, Grava mal graduada con limo	

Datos del ensayo						
Peso anillo:	g	42.33	Altura muestra inicial: cm	2	Humedad	
Peso anillo+muestra:	g	138.39	Altura muestra final: cm	1.975	W_{cap}	W_{cap+5H}
Peso muestra inicial:	g	96.06	Diámetro: cm	6.18	Area: cm ²	W_{cap+5S}
Peso muestra final:	g	64.75	Densidad: g/cm ³	1.601	30.00	w%
						48.35

Consolidación		Tiemp. min.	Lect. Anillo carga	Lect. Deform. Horizontal x 0.01mm	Lect. Deform. Vertical x 0.01mm	Deformación unitaria		Deformación [%]		Carga aplicada	Cortante kPa
Tiempo	Deformación					Hor.	Vert.	Hor.	Vert.		
0.0"		0.060	2.800	0.000	-0.100	0.000	0.000	0.000	-0.005	1.498	4.899
4"		0.120	4.000	10.000	-0.100	0.002	0.000	0.162	-0.005	2.141	7.002
15"		0.240	5.700	20.000	-1.800	0.003	-0.001	0.324	-0.090	3.050	9.975
34"		0.360	10.800	40.000	-3.800	0.006	-0.002	0.647	-0.191	5.780	18.903
1 min.		0.450	12.900	60.000	-5.500	0.010	-0.003	0.971	-0.276	6.904	22.579
2 min. 1/4"		1.000	16.100	100.000	-7.800	0.016	-0.004	1.618	-0.391	8.616	28.178
4 min.		1.300	21.200	150.000	-12.100	0.024	-0.006	2.427	-0.607	11.345	37.103
6 min. 1/4"		1.450	24.000	175.000	-15.000	0.028	-0.008	2.832	-0.753	12.844	42.005
9"		2.000	26.100	200.000	-16.500	0.032	-0.008	3.236	-0.828	13.968	45.681
12 min. 1/4"		2.300	29.300	300.000	-19.500	0.049	-0.010	4.854	-0.978	15.680	51.280
16 min.		3.000	33.000	350.000	-23.800	0.057	-0.012	5.663	-1.194	17.660	57.755
20 min. 1/4"		3.300	36.000	400.000	-26.500	0.065	-0.013	6.472	-1.330	19.266	63.008
25 min.		4.000	38.700	450.000	-29.500	0.073	-0.015	7.282	-1.480	20.711	67.733
36 min.		4.300	40.600	500.000	-34.300	0.081	-0.017	8.091	-1.721	21.727	71.056
49 min.		5.000	42.100	550.000	-36.800	0.089	-0.018	8.900	-1.846	22.530	73.682
60 min.		5.300	43.700	600.000	-38.900	0.097	-0.020	9.709	-1.952	23.386	76.482
80 min.		6.000	45.000	650.000	-40.700	0.105	-0.020	10.518	-2.042	24.082	78.758
100 min.		6.300	46.000	700.000	-42.000	0.113	-0.021	11.327	-2.107	24.617	80.508
120 min.		7.000	47.000	750.000	-43.500	0.121	-0.022	12.136	-2.183	25.152	82.257
180 min.		7.300	47.800	800.000	-44.500	0.129	-0.022	12.945	-2.233	25.581	83.660
240 min.		8.000	48.400	850.000	-44.500	0.138	-0.022	13.754	-2.233	25.902	84.710

Dirección: Av de los Palmas y Agustín Aguirre (Frente a la ANT) N° 811-16
Tel: (07) 30 262 67 – Cel: +593 96 710 5479

12/21



UNL

Universidad Nacional de Loja

CONSULTORA & CONSTRUCTORA
DICONS

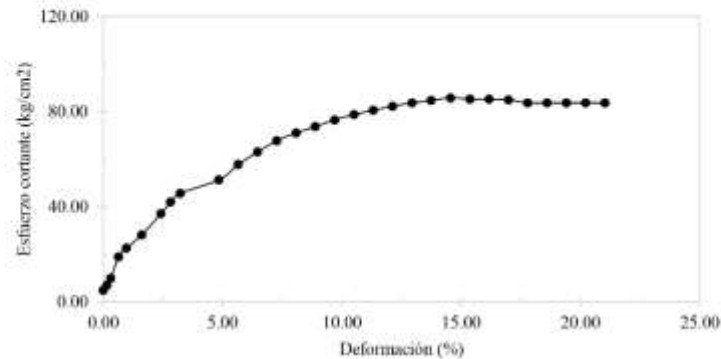
**ENSAYO DE CORTE DIRECTO
NORMA ASTM D 3080**

ANEXO 8.1

Proyecto: Vía Zaruma- Roma , tramo Pillacela- Roma, cantón Zaruma , provincia de El Oro
Provincia: El Oro **Cantón:** Zaruma
Ubicación: Zaruma
Solicitante: Sr. Jimmy Leodan Narvaez Pineda **Elabora:** DiconsGeotécnico Cia. Ltda.
Fecha: 31-01-23

300 min.		8.300	49.000	900.000	-45.500	0.146	-0.023	14.563	-2.283	26.223	85.760
360 min.		9.000	48.700	950.000	-46.200	0.154	-0.023	15.372	-2.318	26.062	85.233
420 min.		9.300	48.700	1000.000	-46.900	0.162	-0.024	16.181	-2.353	26.062	85.233
480 min.		10.000	48.500	1050.000	-47.500	0.170	-0.024	16.990	-2.383	25.955	84.883
540 min.		10.300	47.800	1100.000	-47.900	0.178	-0.024	17.799	-2.403	25.581	83.660
600 min.		11.000	47.800	1150.000	-48.300	0.186	-0.024	18.608	-2.423	25.581	83.660
660 min.		11.300	47.800	1200.000	-48.800	0.194	-0.024	19.417	-2.449	25.581	83.660
720 min.		12.000	47.800	1250.000	-49.000	0.202	-0.025	20.227	-2.459	25.581	83.660
		12.300	47.800	1300.000	-50.000	0.210	-0.025	21.036	-2.509	25.581	83.660

Esfuerzo normal 200.1 kPa





UNL

Universidad Nacional de Loja

CONSULTORA & CONSTRUCTORA
DICONS

**ENSAYO DE CORTE DIRECTO
NORMA ASTM D 3080**

ANEXO 8.1

Proyecto: Vía Zaruma- Roma , tramo Pillacela- Roma, cantón Zaruma , provincia de El Oro

Provincia: El Oro **Cantón:** Zaruma

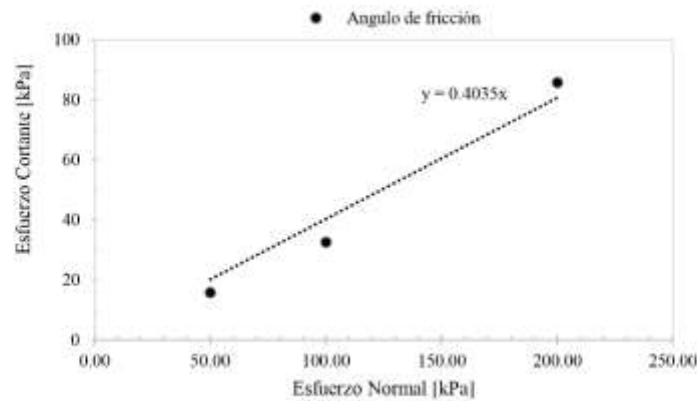
Ubicación: Zaruma

Solicitante: Sr. Jimmy Leodan Narvaez Pineda **Elabora:** DiconsGeotécnico Cia. Ltda.

Fecha: 31-01-23

Resultados Talud 2

Nro. Ensayo	Esfuerzos [kPa]	
	X	Y
	Normal	Cortante
1	50.03	15.750
2	100.1	32.554
3	200.12	85.760



Descripción	Simbolo	Valor	Und.
Angulo de fricción	ϕ	22.0	$^{\circ}$
Cohesión	c	0.00	kPa

Ing. MSc. Vinicio F. Guachizaca C.
Especialista Geotécnico



UNL

Universidad Nacional de Loja

Caracterización Geológica Geotécnica de la vía Zaruma – Roma, Tramo Pillacela-Roma, Cantón Zaruma, Provincia de el Oro

CONSULTORA & CONSTRUCTORA
DICONS

**ENSAYO DE CORTE DIRECTO
NORMA ASTM D 3080**

ANEXO 8.2

Proyecto: Vía Zaruma- Roma , tramo Pillacela- Roma, cantón Zaruma , provincia de El Oro
Provincia: El Oro **Cantón:** Zaruma
Ubicación: Zaruma
Solicitante: Sr. Jimmy Leodan Narvaez Pineda **Elabora:** DiconsGeotécnico Cia. Ltda.
Fecha: 31-01-23

Detalle de prueba
Muestra: 3
Ensayo: 1
Norma: ASTM D 3080
Humedad [%]: 40.01
Carga [kg]: 15.3
Profundidad [m]: 1
Esfuerzo normal aplicado [kPa]: 50,031
Constante de anillo [Kg]: 1.9048
Descripción del suelo: GP GM, Grava mal graduada con limo

Datos del ensayo						
Peso anillo:	g	42.87	Altura muestra inicial:	cm	2	Humedad W _{cap} W _{cap+su} W _{cap+ss}
Peso anillo+muestra:	g	137.96	Altura muestra final:	cm	1.999	
Peso muestra inicial:	g	95.09	Diámetro:	cm	6.18	33.62 130.31 99.07
Peso muestra final:	g	64.37	Densidad:	g/cm ³	1.585	
			Area:	cm ²	30.00	w%
						47.73

Consolidación		Tiemp min.	Lect. Anillo carga	Lect. Deform. Horizontal x 0.01mm	Lect. Deform. Vertical x 0.01mm	Deformación unitaria		Deformación [%]		Carga aplicada	Cortante kPa
Tiempo	Deformación					Hor.	Vert.	Hor.	Vert.		
0.0"		0.060	0.200	0.000	-0.100	0.0000	0.000	0.000	-0.005	0.107	0.350
4"		0.120	0.700	10.000	-0.100	0.0016	0.000	0.162	-0.005	0.375	1.226
15"		0.240	2.700	20.000	-0.200	0.0032	0.000	0.324	-0.010	1.445	4.726
34"		0.360	3.000	40.000	-0.700	0.0065	0.000	0.647	-0.035	1.605	5.249
1 min.		0.450	3.900	60.000	-1.100	0.0097	-0.001	0.971	-0.055	2.087	6.825
2 min. 1/4"		1.000	4.900	100.000	-1.500	0.0162	-0.001	1.618	-0.075	2.622	8.575
4 min.		1.300	6.100	150.000	-2.100	0.0243	-0.001	2.427	-0.105	3.264	10.675
6 min. 1/4"		1.450	7.000	175.000	-2.300	0.0283	-0.001	2.832	-0.115	3.746	12.251
9"		2.000	7.400	200.000	-2.300	0.0324	-0.001	3.236	-0.115	3.960	12.951
12 min. 1/4"		2.300	8.400	300.000	-2.300	0.0485	-0.001	4.854	-0.115	4.495	14.700
16 min.		3.000	9.800	350.000	-2.300	0.0566	-0.001	5.663	-0.115	5.245	17.153
20 min. 1/4"		3.300	10.600	400.000	-2.300	0.0647	-0.001	6.472	-0.115	5.673	18.553
25 mi.		4.000	11.800	450.000	-2.300	0.0728	-0.001	7.282	-0.115	6.315	20.653
36 min.		4.300	12.600	500.000	-2.300	0.0809	-0.001	8.091	-0.115	6.743	22.052
49 min.		5.000	13.100	550.000	-1.500	0.0890	-0.001	8.900	-0.075	7.011	22.929
60 min.		5.300	13.900	600.000	-0.700	0.0971	0.000	9.709	-0.035	7.439	24.329
80 min.		6.000	14.200	650.000	0.000	0.1052	0.000	10.518	0.000	7.599	24.852
100 min.		6.300	14.500	700.000	0.500	0.1133	0.000	11.327	0.025	7.760	25.378
120 min.		7.000	14.100	750.000	2.500	0.1214	0.001	12.136	0.125	7.546	24.679
180 min.		7.300	13.800	800.000	2.800	0.1294	0.001	12.945	0.140	7.385	24.152
240 min.		8.000	13.400	850.000	4.200	0.1375	0.002	13.754	0.210	7.171	23.452

Dirección: Av de los Palmas y Agustín Aguirre (Frente a la ANTI) N° 811-16
Tel: (07) 30 262 67 – Cel: +593 96 710 3479

15/21



UNL

Universidad Nacional de Loja

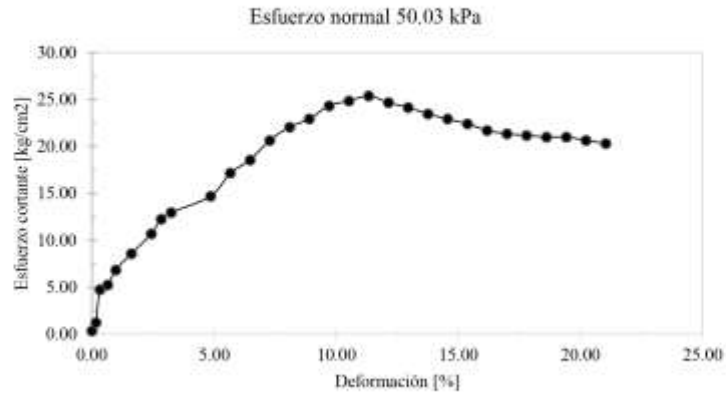
CONSULTORA & CONSTRUCTORA
DICONS

**ENSAYO DE CORTE DIRECTO
NORMA ASTM D 3080**

ANEXO 8.2

Proyecto: Vía Zaruma- Roma , tramo Pillacela- Roma, cantón Zaruma , provincia de El Oro
Provincia: El Oro **Cantón:** Zaruma
Ubicación: Zaruma
Solicitante: Sr. Jimmy Leodan Narvaez Pineda **Elabora:** DiconsGeotécnico Cia. Ltda.
Fecha: 31-01-23

300 min.		8.300	13.100	900.000	4.200	0.1456	0.002	14.563	0.210	7.011	22.929
360 min.		9.000	12.800	950.000	4.200	0.1537	0.002	15.372	0.210	6.850	22.402
420 min.		9.300	12.400	1000.000	4.000	0.1618	0.002	16.181	0.200	6.636	21.702
480 min.		10.000	12.200	1050.000	3.500	0.1699	0.002	16.990	0.175	6.529	21.353
540 min.		10.300	12.100	1100.000	2.500	0.1780	0.001	17.799	0.125	6.475	21.176
600 min.		11.000	12.000	1150.000	1.800	0.1861	0.001	18.608	0.090	6.422	21.003
660 min.		11.300	12.000	1200.000	1.000	0.1942	0.001	19.417	0.050	6.422	21.003
720 min.		12.000	11.800	1250.000	0.200	0.2023	0.000	20.227	0.010	6.315	20.653
		12.300	11.600	1300.000	-1.200	0.2104	-0.001	21.036	-0.060	6.208	20.303





UNL

Universidad
Nacional
de Loja

Caracterización Geológica Geotécnica de la
vía Zaruma – Roma, Tramo Pillacela-Roma, Cantón
Zaruma, Provincia de el Oro

CONSULTORA & CONSTRUCTORA
DICONS

**ENSAYO DE CORTE DIRECTO
NORMA ASTM D 3080**

ANEXO 8.2

Proyecto: Vía Zaruma- Roma , tramo Pillacela- Roma, cantón Zaruma , provincia de El Oro
Provincia: El Oro **Cantón:** Zaruma
Ubicación: Zaruma
Solicitante: Sr. Jimmy Leodan Narvaez Pineda **Elabora:** DiconsGeotécnico Cia. Ltda.
Fecha: 31-01-23

Detalle de prueba	
Muestra:	3
Ensayo:	2
Norma:	ASTM D 3080
Humedad [%]:	40.01
Carga [kg]:	30.06
Profundidad [m]:	1
Esfuerzo normal aplicado [kPa]:	100.06
Constante de anillo [Kg]:	1.9048
Descripción del suelo:	GP GM, Grava mal graduada con limo

Datos del ensayo						
Peso anillo:	g	42.44	Altura muestra inicial:	cm	2	Humedad W _{cap} W _{cap+su} W _{cap+ss}
Peso anillo+muestra:	g	139.03	Altura muestra final:	cm	1.972	
Peso muestra inicial:	g	96.59	Diámetro:	cm	6.18	Area: cm ² 30.00
Peso muestra final:	g	67.45	Densidad:	g/cm ³	1.61	w% 43.21

Consolidación		Tiemp min.	Lect. Anillo carga	Lect. Deform. Horizontal x 0.01mm	Lect. Deform. Vertical x 0.01mm	Deformación unitaria		Deformación [%]		Carga aplicada	Cortant e kPa
Tiempo	Deformación					Hor.	Vert.	Hor.	Vert.		
0.0"		0.06	1.900	0.00	-0.600	0.000	0.000	0.000	-0.030	1.017	3.326
4"		0.12	3.300	10.00	-2.000	0.002	-0.001	0.162	-0.100	1.766	5.776
15"		0.24	5.000	20.00	-4.800	0.003	-0.002	0.324	-0.240	2.676	8.752
34"		0.36	6.900	40.00	-7.000	0.006	-0.004	0.647	-0.350	3.693	12.078
1 min.		0.45	8.000	60.00	-9.000	0.010	-0.005	0.971	-0.450	4.281	14.001
2 min. 1/4"		1.00	10.000	100.00	-12.000	0.016	-0.006	1.618	-0.600	5.352	17.503
4 min.		1.30	13.500	150.00	-17.000	0.024	-0.009	2.427	-0.850	7.225	23.629
6 min. 1/4"		1.45	17.100	175.00	-20.500	0.028	-0.010	2.832	-1.026	9.151	29.928
9"		2.00	20.300	200.00	-23.500	0.032	-0.012	3.236	-1.176	10.864	35.530
12 min. 1/4"		2.30	23.100	300.00	-26.500	0.049	-0.013	4.854	-1.326	12.362	40.429
16 min.		3.00	25.800	350.00	-28.900	0.057	-0.014	5.663	-1.446	13.807	45.155
20 min. 1/4"		3.30	27.700	400.00	-31.000	0.065	-0.016	6.472	-1.551	14.824	48.481
25 mi.		4.00	29.700	450.00	-33.300	0.073	-0.017	7.282	-1.666	15.894	51.980
36 min.		4.30	30.900	500.00	-35.800	0.081	-0.018	8.091	-1.791	16.536	54.079
49 min.		5.00	31.800	550.00	-37.800	0.089	-0.019	8.900	-1.891	17.018	55.656
60 min.		5.30	32.700	600.00	-40.000	0.097	-0.020	9.709	-2.001	17.500	57.232
80 min.		6.00	33.100	650.00	-42.000	0.105	-0.021	10.518	-2.101	17.714	57.932
100 min.		6.30	34.000	700.00	-44.000	0.113	-0.022	11.327	-2.201	18.195	59.505
120 min.		7.00	34.300	750.00	-46.200	0.121	-0.023	12.136	-2.311	18.731	61.258
180 min.		7.30	35.000	800.00	-48.000	0.129	-0.024	12.945	-2.401	19.052	62.308
240 min.		8.00	35.600	850.00	-49.800	0.138	-0.025	13.754	-2.491	19.212	62.831

Dirección: Av de los Paltus y Agustín Aguirre (Frente a la ANT) N° 811-16
Tel: (07) 30 262 67 – Cel: +593 96 710 3479

17/21



UNL

Universidad
Nacional
de Loja

CONSULTORA & CONSTRUCTORA
DICONS

ENSAYO DE CORTE DIRECTO
NORMA ASTM D 3080

ANEXO 8.2

Proyecto: Vía Zaruma- Roma , tramo Pillacela- Roma, cantón Zaruma , provincia de El Oro

Provincia: El Oro

Cantón: Zaruma

Ubicación: Zaruma

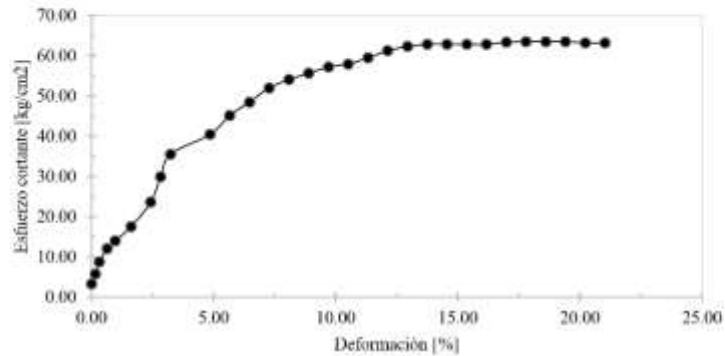
Solicitante: Sr. Jimmy Leodan Narvaez Pineda

Elabora: DiconsGeotécnico Cía. Ltda.

Fecha: 31-01-23

300 min.		8.30	35.900	900.00	-51.000	0.146	-0.026	14.563	-2.551	19.212	62.831
360 min.		9.00	35.900	950.00	-52.500	0.154	-0.026	15.372	-2.626	19.212	62.831
420 min.		9.30	35.900	1000.00	-53.000	0.162	-0.027	16.181	-2.651	19.212	62.831
480 min.		10.00	36.200	1050.00	-54.000	0.170	-0.027	16.990	-2.701	19.373	63.358
540 min.		10.30	36.300	1100.00	-55.000	0.178	-0.028	17.799	-2.751	19.426	63.531
600 min.		11.00	36.300	1150.00	-55.300	0.186	-0.028	18.608	-2.766	19.426	63.531
660 min.		11.30	36.300	1200.00	-56.000	0.194	-0.028	19.417	-2.801	19.426	63.531
720 min.		12.00	36.100	1250.00	-56.200	0.202	-0.028	20.227	-2.811	19.319	63.181
		12.30	36.100	1300.00	-56.600	0.210	-0.028	21.036	-2.831	19.319	63.181

Esfuerzo normal 100.1 kPa





UNL

Universidad
Nacional
de Loja

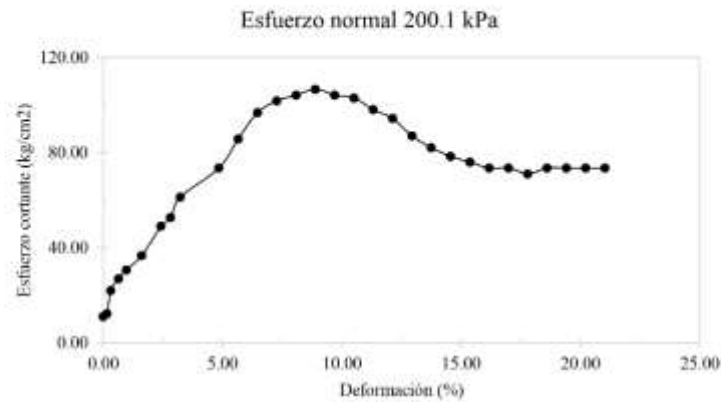
CONSULTORA & CONSTRUCTORA
DICONS

**ENSAYO DE CORTE DIRECTO
NORMA ASTM D 3080**

ANEXO 8.2

Proyecto: Vía Zaruma- Roma , tramo Pillacela- Roma, cantón Zaruma , provincia de El Oro
Provincia: El Oro **Cantón:** Zaruma
Ubicación: Zaruma
Solicitante: Sr. Jimmy Leodan Narvaez Pineda **Elabora:** DiconsGeotécnico Cia. Ltda.
Fecha: 31-01-23

300 min.		8.300	44.800	900.000	20.800	0.146	0.010	14.563	1.041	23.975	78.408
360 min.		9.000	43.400	950.000	20.500	0.154	0.010	15.372	1.026	23.226	75.959
420 min.		9.300	42.000	1000.000	20.000	0.162	0.010	16.181	1.001	22.477	73.509
480 min.		10.000	42.000	1050.000	19.200	0.170	0.010	16.990	0.960	22.477	73.509
540 min.		10.300	40.600	1100.000	18.800	0.178	0.009	17.799	0.940	21.727	71.056
600 min.		11.000	42.000	1150.000	18.000	0.186	0.009	18.608	0.900	22.477	73.509
660 min.		11.300	42.000	1200.000	18.000	0.194	0.009	19.417	0.900	22.477	73.509
720 min.		12.000	42.000	1250.000	17.500	0.202	0.009	20.227	0.875	22.477	73.509
		12.300	42.000	1300.000	17.000	0.210	0.009	21.036	0.850	22.477	73.509





UNL

Universidad Nacional de Loja

CONSULTORA & CONSTRUCTORA
DICONS

**ENSAYO DE CORTE DIRECTO
NORMA ASTM D 3080**

ANEXO 8.2

Proyecto: Vía Zaruma- Roma , tramo Pillacela- Roma, cantón Zaruma , provincia de El Oro

Provincia: El Oro **Cantón:** Zaruma

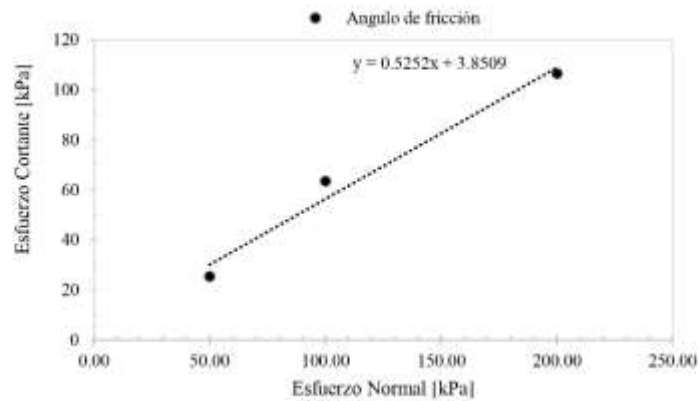
Ubicación: Zaruma

Solicitante: Sr. Jimmy Leodan Narvaez Pineda **Elabora:** DiconsGeotécnico Cia. Ltda.

Fecha: 31-01-23

Resultados Talud 3

Nro. Ensayo	Esfuerzos [kPa]	
	X	Y
	Normal	Cortante
1	50.03	25.378
2	100.1	63.531
3	200.12	106.586



Descripción	Simbolo	Valor	Und.
Angulo de fricción	ϕ	27,7	°
Cohesión	c	3.85	kPa

Ing. MSc. Vinicio F. Guachizaca C.
Especialista Geotécnico



Anexo 7. Mapas Temáticos de la Zona de estudio

Anexo. 7.1: Topografía del tramo de la vía Pillacela-Roma (Absc 1+00-2+097)

Anexo. 7.2: Pendientes del tramo de la vía Pillacela-Roma (Absc 1+00-2+097)

Anexo. 7.3: Geología Regional del tramo de la vía Pillacela-Roma (Absc 1+00-2+097)

Anexo. 7.4: Geología Local del tramo de la vía Pillacela-Roma (Absc 1+00-2+097)

Anexo. 7.5: Características Geotécnicas del Talud 1

Anexo. 7.6: Características Geotécnicas del Talud 2

Anexo. 7.7: Características Geotécnicas del Talud 3



UNL

Universidad
Nacional
de Loja

Caracterización Geológica Geotécnica de la
vía Zaruma – Roma, Tramo Pillacela-Roma, Cantón
Zaruma, Provincia de el Oro

Anexo 8. Certificado de traducción de Resumen

Loja, 25 de enero de 2024

Lic. Mgs.

Cinthy Julisa Infante Requeses

**LICENCIADA EN CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN MENCIÓN IDOMA
INGLÉS**

CERTIFICA:

Que en calidad de Licenciada en Ciencias de la educación mención idioma Inglés realicé la traducción textual del resumen del trabajo de titulación denominado: **“Caracterización Geológica Geotécnica de la vía Zaruma – Roma, Tramo Pillacela-Roma, Cantón Zaruma, Provincia de el Oro”** solicitado por la Sr. JIMMY LEODAN NARVAEZ PINEDA, con C.I.: 1106159120, egresado de la carrera de Ingeniería en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial, de la Universidad Nacional de Loja.

Lo certifico en honor a la verdad, facultando al portador del presente documento, hacer uso legal pertinente.

Cinthy Julisa Infante Requeses

**LICENCIADA EN CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN MENCIÓN IDIOMA
INGLÉS**

C.I.: 0706650108

Nº de registro:1008-2016-17-52476