



Universidad
Nacional
de Loja

Universidad Nacional de Loja

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

Carrera de ingeniería en geología ambiental y Ordenamiento Territorial

CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA GEOTÉCNICA DEL BARRIO BELÉN BAJO, PARROQUIA MALACATOS, CANTÓN Y PROVINCIA DE LOJA

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

Autor

Alexander Mauricio Herrera Veintimilla

Director

Ing. Fernando Javier Rengel Jiménez Mg. Sc

Loja -Ecuador
2024



Certificación

Loja, 27 de febrero del 2024

Ing. Fernando Javier Rengel Jiménez, Mg. Sc

DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

CERTIFICO:

Que he revisado y orientado todo el proceso de elaboración del Trabajo de Titulación denominado: **CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA-GEOTÉCNICA DEL BARRIO BELÉN BAJO, PARROQUIA MALACATOS, CANTÓN Y PROVINCIA DE LOJA**, previo a la obtención del título de **Ingeniero en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial**, de la autoría del estudiante **Alexander Mauricio Herrera Veintimilla**, con **cédula de identidad N° 1106018698**, una vez que el trabajo cumple con todos los requisitos exigidos por la Universidad Nacional de Loja para el efecto, autorizo la presentación del mismo para su respectiva sustentación y defensa.



Firmado electrónicamente por:
**FERNANDO JAVIER
RENGEL JIMENEZ**

Ing. Fernando Javier Rengel Jiménez, Mg. Sc

DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN



Autoría

Yo, **Alexander Mauricio Herrera Veintimilla**, declaro ser autor del presente Trabajo de Titulación y eximo expresamente 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.



Firmado electrónicamente por:
**ALEXANDER MAURICIO
HERRERA
VEINTIMILLA**

Firma

Cedula de Identidad: 1106018698

Fecha: 27/02/2024

Correo Electrónico: alexander.herrera@unl.edu.ec

Teléfono: 0981752317



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, **Alexander Mauricio Herrera Veintimilla**, declaro ser autor del Trabajo de Titulación denominado: **CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA GEOTÉCNICA DE BARRIO BELÉN BAJO, PARROQUIA MALACATOS, CANTÓN Y PROVINCIA DE LOJA**, como requisito para optar por el 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 Digital Institucional.

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

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

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, a los veintisiete días del mes de febrero dos mil veinticuatro.



Firmado electrónicamente por:
**ALEXANDER MAURICIO
HERRERA
VEINTIMILLA**

Firma

Autor: Alexander Mauricio Herrera Veintimilla

Cedula de Identidad: 1106018698

Dirección: Malacatos, calles Emiliano Ortega y Alejandro Bravo

Correo Electrónico: alexander.herrera@unl.edu.ec

Teléfono: 0981752317

DATOS COMPLEMENTARIOS:

Director de trabajo de Titulación: Ing. Fernando Javier Rengel Jiménez, Mg. Sc.



Dedicatoria

Dedico la presente investigación con mucho amor a Dios, por brindarme la fuerza y voluntad para seguir adelante, ya que sin su apoyo nada sería posible.

De manera especial a mi familia Nayeli y Liam, a mis padres Mario, Blanca y a mis hermanos Elsa, Luis, Lucia, José, Maricela y Karlita, a quienes amo con todo el corazón y estoy eternamente agradecido por todos los sacrificios y apoyo brindado en todo mi proceso de formación académica.

Alexander Mauricio Herrera Veintimilla



Agradecimiento

En primer lugar, a Dios, por guiarme y conducirme por el camino correcto, por motivarme a seguir adelante persiguiendo mis sueños, por permitirme ver cumplir mis objetivos junto a mis seres queridos.

Con mucho amor agradezco a mi Familia Nayeli y Liam, a mis padres y hermanos por ser las personas que me impulsan a seguir adelante, por estar siempre presentes en los buenos y malos momentos brindándome su apoyo incondicional, por sus consejos los cuales me han ayudado a forjarme de buenos valores y crecer como persona, por enseñarme que a pesar de los momentos difíciles llegan días mejores.

A la Universidad Nacional de Loja, por permitirme haber formado parte de esta gloriosa institución para mi formación académica profesional. Al GAD parroquial de Malacatos y directiva del barrio Belén, en especial a la Sra. Mercy Salazar por toda la información brindada en el transcurso del desarrollo de mi trabajo de titulación.

A los docentes de la Carrera de Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial, quienes con entrega, cariño y manera desinteresada nos brindaron su apoyo e impartieron sus conocimientos para nuestra formación. De forma especial agradezco al Ing. Fernando Javier Rengel Jiménez por el apoyo, orientación y observaciones brindadas, lo cual permitió culminar satisfactoriamente mi trabajo de titulación.

Finalmente agradezco sinceramente a todas aquellas personas que formaron parte de mi etapa universitaria de manera especial a Cristhian Castillo, Alejandro Cuenca Y Carlos Gálvez, ya que su compañía en todo este proceso me ha dejado grandes e inolvidables momentos.

Alexander Mauricio Herrera Veintimilla



Índice de Contenidos

Portada	i
Certificación	ii
Autoría	iii
Carta de autorización	iv
Dedicatoria	v
Agradecimiento	vi
Índice de Contenidos	vii
Índice de tablas	x
Índice de figuras	xii
Índice de anexos	xv
1. Título	1
2. Resumen	2
Abstract.....	3
3. Introducción	4
4. Marco Teórico	6
4.1 Topografía.....	6
4.3 Escala	7
4.4 Planimetría	7
4.5 Curvas de Nivel.....	7
4.6 Poligonal Topográfica.....	8
4.7 Fotointerpretación	8
4.8 Drones	9
4.9 Aplicación de drones en topografía	9
4.10 Ortofoto.....	9
4.11 Geomorfología	10
4.12 Mapa Topográfico.....	10
4.13 Geología.....	11
4.14 Clasificación general de las rocas	11
4.14.1 Rocas sedimentarias	12
4.14.2 Rocas metamórficas.	12
4.14.3 Rocas Ígneas.	12
4.15 Mapeo Geológico.....	13
4.16 Geología Estructural	13
4.16.1 Pliegues.	14



4.16.2 Fallas.....	14
4.17 Rumbo y Buzamiento	15
4.18 Hidrogeología	15
4.18.1 Nivel Freático.....	16
4.19 Geotecnia	16
4.20 Caracterización geotécnica	17
4.21 Métodos de exploración de suelos	17
4.22 Métodos Directos	17
4.22.1 Ensayo de penetración Estándar.....	18
4.23 Métodos Indirectos.....	19
4.23.1 Prospección geofísica.....	20
4.23.2 Sondeos eléctricos verticales (SEV's).....	20
4.24 Mecánica de suelos	22
4.25 Ensayos de mecánica de suelos.....	22
4.25.1 Ensayo Granulométrico.....	22
4.25.2 Límites de Atterberg.....	23
4.25.3 Limite Liquido (LL).....	23
4.25.4 Limite Plástico (LP).....	24
4.25.5 Índice de plasticidad (PI).....	24
4.26 Clasificación de suelos.....	24
4.26.1 Clasificación de suelos SUCS.....	24
4.26.2 Clasificación de suelos AASHTO.....	26
5 Metodología	28
5.1 Ubicación Geográfica.....	28
5.2 Acceso.....	29
5.3 Descripción Biofísica del Área de Estudio	29
5.3.1 Clima.....	29
5.3.2 Hidrografía.....	30
5.3.3 Flora y Fauna.....	30
5.3.4 Marco Socioeconómico.....	31
5.4 Geología Regional	31
5.5 Materiales.....	35
5.6 Metodología para el primer objetivo.....	36
5.6.1 Topografía.....	36
5.6.2 Pendientes.....	40
5.6.3 Uso actual del Suelo.....	40



5.6.4 Geomorfología.....	41
5.7 Metodología para el segundo Objetivo	43
5.8 Metodología para el Tercer Objetivo	47
5.8.1 Exploración Geotécnica.....	47
5.9 Mapa de Zonificación Geotecnica	54
6 Resultados	56
6.1 Topografía.....	56
6.2 Pendientes	58
6.3 Uso Actual del Suelo	59
6.4 Geomorfología	63
6.5 Diagnostico	66
6.6 Geología Local.....	69
6.7 Geología Estructural	74
6.8 Contactos Litológicos	76
6.9 Sondeos Eléctricos Verticales (S.E.V).....	78
6.10 Ensayo de Penetración Estándar (S.P.T).....	86
6.10.1 Cargas (Carga admisible “qadm”).	92
6.10.2 SPT VS Humedad.....	95
6.10.3 Consistencia Relativa (CR).....	97
6.10.4 Índice de Liquidez (IL).....	98
6.11 Correlación de los SEVs.....	99
6.12 Correlación de los SPTs.....	100
6.13 Zonificación Geotécnica	102
7 Discusión	104
8 Conclusiones	108
9 Recomendaciones	110
10 Bibliografía	111
11 Anexos	113



Índice de Tablas:

Tabla 1. Valores típicos de resistividad	20
Tabla 2. Límites de separación del tamaño del suelo.....	23
Tabla 3. Clasificación de suelos y mezclas de suelo y agregados.....	27
Tabla 4. Coordenadas de ubicación del deslizamiento UTM WGS-84 Zona 17S.....	28
Tabla 5. Síntesis litoestratigráfica de la cuenca Malacatos – Vilcabamba.....	34
Tabla 6. Materiales y equipos a utilizar para desarrollar la investigación	35
Tabla 7. Coordenadas de los puntos GCP ubicados en campo	37
Tabla 8. Clasificación de las pendientes	40
Tabla 9. Leyenda temática Nivel I, II Y III MAE-MAGAP-CLIRSEN - Cobertura y uso de la tierra, (2015).....	41
Tabla 10. Ficha técnica para descripción de Afloramientos	44
Tabla 11. Ficha técnica para descripción de Afloramientos	45
Tabla 12. Coordenadas de afloramientos y calicatas geológicas UTM/WGS84/17S	46
Tabla 13. Ubicación geográfica de los SEVs.....	47
Tabla 14. Ficha para levantamiento de datos en campo.....	49
Tabla 15. Ubicación geográfica de los SPTs	50
Tabla 16. Normas empleadas para cada ensayo	52
Tabla 17. Compacidad relativa de la arena	52
Tabla 18. Resistencia de los suelos cohesivos	53
Tabla 19. Consistencia relativa del suelo.....	53
Tabla 20. Comportamiento del suelo en función del IL.....	54
Tabla 21. Criterios para determinar el cambio de volumen.....	54
Tabla 22. Criterios para determinar el potencial expansivo.....	54
Tabla 23. Valores nominales de capacidad de carga para suelos y rocas	55
Tabla 24. Rango de Pendientes.....	58
Tabla 25. Uso actual del Suelo.....	63
Tabla 26. Unidades Geomorfológicas.....	66
Tabla 27. Litología de la Zona de Estudio	74
Tabla 28. Coordenadas del contacto entre la (F. Msd) y los (Qc).....	77
Tabla 29. Coordenadas del contacto entre la (F. Msd) y los (F. Msrf).....	78
Tabla 30. Datos de campo y valores calculados para el SEV N.º 1	78
Tabla 31. Corte Geoeléctrico del SEV N.º 1	79
Tabla 32. Datos de campo y valores calculados para el SEV N.º 2	80
Tabla 33. Corte Geoeléctrico del SEV N.º 2.....	81
Tabla 34. Datos de campo y valores calculados para el SEV N.º 3	81
Tabla 35. Corte Geoeléctrico del SEV N.º 3.....	82
Tabla 36. Datos de campo y valores calculados para el SEV N.º 4.....	83
Tabla 37. Corte Geoeléctrico del SEV N.º 4.....	84
Tabla 38. Datos de campo y valores calculados para el SEV N.º 5	84
Tabla 39. Corte Geoeléctrico del SEV N.º 5.....	85
Tabla 40. Datos del SPT 1	86
Tabla 41. Datos del SPT 2	87
Tabla 42. Datos del SPT 3	89
Tabla 43. Datos del SPT 4	90
Tabla 44. Datos del SPT 5	91
Tabla 45. Resultados obtenidos en base a la consistencia relativa.....	97



Tabla 46. Resultados obtenidos a partir del Índice de Liquidez	98
Tabla 47. Resultados de zonificación geotécnica de 1 a 3 m de profundidad.....	102



Índice de Figuras:

Figura 1. La escala grafica superior representa una escala numérica de 1:10000; mientras que la inferior 1:1000	7
Figura 2. Representación de curvas de nivel	8
Figura 3. Representación gráfica de poligonal (cerrada; abierta)	8
Figura 4. A) Fotografía de un dron de ala fija; B) Dron de ala rotatoria modelo Phantom	9
Figura 5. A) Mosaico de imágenes georreferenciadas; B) modelo digital del terreno	10
Figura 6. Esquema del ciclo general de las rocas	12
Figura 7. Predominio de los tipos de rocas en la corteza terrestre	13
Figura 8. Diagrama de los principales tipos de estratos plegados	14
Figura 9. A la izquierda (falla normal); en el centro (Falla Inversa); a la derecha (falla de desgarre)	15
Figura 10. Elementos de yacencia de un estrato (Rumbo y buzamiento)	15
Figura 11. Distribución del agua subterránea	16
Figura 12. la izquierda “Esquema SPT”; a la derecha “características del sacamuestras partido”	18
Figura 13. Interpretación de datos SPT tomando en cuenta la profundidad	19
Figura 14. Medida de resistividades del terreno mediante métodos eléctricos “SEVs”	21
Figura 15. En la parte superior se muestra la configuración Schlumberger y en la parte inferior la configuración	22
Figura 16. Estados de consistencia de los suelos	23
Figura 17. Prueba del límite liquido	24
Figura 18. Carta de plasticidad	25
Figura 19. Ubicación geográfica de la zona de estudio	28
Figura 20. Ubicación geográfica de la zona de estudio	29
Figura 21. Temperatura media mensual (°C)	30
Figura 22. Precipitación media mensual (mm)	30
Figura 23. Columna estratigráfica de la cuenca sedimentaria Malacatos-Vilcabamba	34
Figura 24. Geología Regional de la Zona de estudio	35
Figura 25. Esquema metodológico para determinar el área de afectación directa	36
Figura 26. GPS diferencial A) Punto Base-nivelación de trípode; B) Ubicación de la Base	37
Figura 27. Distribución de los puntos GCP	38
Figura 28. Registro de puntos GCP dentro del área	38
Figura 29. GNSS LJEC- UTPL	39
Figura 30. Hillshade del área de estudio	42
Figura 31. Esquema metodológico empleado para la generación del mapa geomorfológico	43
Figura 32. A) Descripción de Afloramientos; B) Toma de datos estructurales	44
Figura 33. A) Excavación de calicatas; B) Levantamiento de información de las calicatas	45
Figura 34. Ubicación geográfica de afloramientos y calicatas	46
Figura 35. Distribución de los Sevs dentro del Área de estudio	47
Figura 36. A) Equipo de resistividad eléctrica SAS-4000; B) Lectura de datos Insitu	48
Figura 37. Distribución de los SPTs	50
Figura 38. A) Ubicación del Equipo SPT; B) Etiquetado y toma de muestras	51
Figura 39. Datos técnicos estandarizados para el ensayo SPT	51
Figura 40. A) Contenido de Humedad; B) Granulometría; C) límites de a atterberg	52
Figura 41. A) Terrenos presentes en las zonas más bajas; B) Terrenos presentes en las zonas más altas	56
Figura 42. Mapa topográfico de la zona de estudio	57
Figura 43. Perfil topográfico A-A”	57



Figura 44. Perfil topográfico B-B”	58
Figura 45. Pendientes del Área de estudio	59
Figura 46. Vegetación herbácea y arbustiva	59
Figura 47. Cuerpo de Agua	60
Figura 48. Tierra Agropecuaria.....	61
Figura 49. Zona antrópica	61
Figura 50. Área sin cobertura vegetal	62
Figura 51. Uso de suelos del Área de estudio	62
Figura 52. Relieve colinado medio	63
Figura 53. Deposito Coluvio-Aluvial Antiguo	64
Figura 55. Deposito Aluvial.....	65
Figura 55. Geomorfología del área de estudio	65
Figura 56. Cultivo de Achira-Barrio Belén.....	66
Figura 57. Zonas de escurrimiento natural hacia el barrio Belén	67
Figura 58. A la Izquierda (aguas provenientes de la irrigación y fosas sépticas); A la derecha (fosa séptica colapsada)	68
Figura 59. Daños en viviendas; Coordenadas UTM/WGS84/17S “X:694811.72; Y: 9535944.58”	68
Figura 60. Litología del afloramiento Nro. 2 dentro de la formación Santo Domingo (Msd)	69
Figura 61. Litología del afloramiento Nro. 8 dentro de la formación San Francisco (Msfr)	70
Figura 62. A la izquierda, afloramiento formado por limolitas y areniscas; A la derecha afloramiento formado por areniscas con un lente de conglomerado.	71
Figura 63. A la izquierda-Presencia de litoclastos volcánicos en la calicata 1; A la derecha litología de la calicata 7-se observa nivel freático a 2m de profundidad.	71
Figura 64. A la izquierda-Presencia de material arcillo arenoso con intercalaciones de sulfato de calcio alterado en la calicata 4; A la derecha litología de la calicata 2-se observa nivel freático a 2m de profundidad.	72
Figura 65. Material Aluvial producto de la quebrada Pillaraca	72
Figura 66. Geología de la zona de estudio	73
Figura 67. Perfil geológico A-A”	73
Figura 68. Perfil geológico B-B”	74
Figura 69. Sistema de fallas que limitan el norte de la cuenca sedimentaria de Malacatos-Vilcabamba	75
Figura 70. Pliegue volcado presente lutitas y areniscas de la Fm. Santo Domingo. La.....	76
Figura 71. Contacto litológico entre la Formación Santo Domingo y el Depósito coluvio-aluvial antiguo.	76
Figura 72. Contacto litológico entre la formación Santo Domingo y la formación San Francisco.	77
Figura 73. Curva de resistividad del sondeo eléctrico vertical N.º 1.	79
Figura 74. Curva de resistividad del sondeo eléctrico vertical N.º 2	80
Figura 75. Curva de resistividad del sondeo eléctrico vertical N.º 3.	82
Figura 76. Curva de resistividad del sondeo eléctrico vertical N.º 4.	83
Figura 77. Curva de resistividad del sondeo eléctrico vertical N.º 5.	85
Figura 78. Perfil Estratigráfico del SPT 1	86
Figura 79. Perfil Estratigráfico del SPT 2	87
Figura 80. Perfil Estratigráfico del SPT 3	88
Figura 81. Perfil Estratigráfico del SPT 4	90
Figura 82. Perfil Estratigráfico del SPT 5	91
Figura 83. Carga admisible del SPT1	92
Figura 84. Carga admisible del SPT2	93



Figura 85. Carga admisible del SPT3	93
Figura 86. Carga admisible del SPT4	94
Figura 87. Carga admisible del SPT5	94
Figura 88. Contenido de humedad para el SPT1	95
Figura 89. Contenido de humedad para el SPT2	95
Figura 90. Contenido de humedad para el SPT3	96
Figura 91. Contenido de humedad para el SPT4	96
Figura 92. Contenido de humedad para el SPT1	97
Figura 93. Correlación de los SEVs 1,2 y 3-sentido N-S	99
Figura 94. Correlación de los SEVs 5,2 y 4-sentido E-W	99
Figura 95. Correlación de los SPTs 1,2 y 3-sentido N-S	100
Figura 96. Correlación de los SPTs 4,2 y 5-sentido W-E.....	101
Figura 97. Zonificación geotécnica del área de estudio.....	102



Índice de Anexos:

Anexo 1. Informe de calidad de los puntos según “Leica Geosystems AG”	113
Anexo 2. Reporte de procesamiento de datos	114
Anexo 3. Fichas de descripción de afloramientos y calicatas.....	123
Anexo 4. Mapa Topográfico	138
Anexo 5. Mapa de pendientes.....	138
Anexo 6. Mapa de uso actual del suelo	138
Anexo 7. Mapa de Geomorfología	138
Anexo 8. Mapa Geológico Local.....	138
Anexo 9. Resultados de Ensayos SPTs.....	138
Anexo 10. Resultados de Clasificación de suelos para los ensayos SPT	143
Anexo 11. Mapa de Zonificación Geotécnica	178
Anexo 12. Certificado de traducción del Resumen al idioma Ingles.....	179



1. Título

CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA GEOTÉCNICA DEL BARRIO BELÉN BAJO, PARROQUIA MALACATOS, CANTÓN Y PROVINCIA DE LOJA



2. Resumen

La presente investigación CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA – GEOTÉCNICA DEL BARRIO BELÉN BAJO, PARROQUIA MALACATOS, CANTÓN Y PROVINCIA DE LOJA, se enfoca en realizar la caracterización geológica-geotécnica de los materiales que conforman la zona de estudio la cual abarca un área de 21.24 Ha. Mediante el levantamiento topográfico obtenido a escala (1:2250), en la cual se consideró, red hídrica, red vial, infraestructuras, se tuvo la base para obtener las pendientes, geomorfología y uso de suelo, parámetros que permitieron determinar el estado actual de la zona de estudio. La zona de estudio se encuentra asentada sobre 4 unidades litológicas bien diferenciadas, teniendo así al Oeste la formación Santo domingo (F.Msd) compuesta por lutitas alteradas con capas de arenisca, finas láminas de yeso y material carbonáceo, el Este del área está constituido por la formación San Francisco (F.Msfr) la cual abarca areniscas de grano medio grueso con limolitas e intercalaciones de conglomerados, la parte central se encuentra dominado por un potente depósito coluvio-aluvial antiguo (Qc) el cual presenta clastos subangulosos de ígneo y metamórfico envueltos en una matriz arcillo-arenosa.

Con los ensayos de exploración indirecta SEVs, se logró determinar que los suelos del sector presentan resistividades muy bajas en las primeras capas, localizando niveles freáticos a 2 y 3 metros de profundidad, los cuales se contrastan con los métodos de exploración directa SPT. Ejecutando los ensayos de laboratorio de acuerdo a las normas ASTM tanto de límites de Atterberg, contenido de humedad y granulometría, se obtuvo bajo la normativa (SUCS) la clasificación de suelos, teniendo así predominantemente suelos arcillosos de alta y baja plasticidad arenosa (CH1; CL) dentro del área de estudio. Con en el ensayo SPT se obtuvo además las cargas admisibles de los suelos del sector, teniendo así para los 3 primeros metros de exploración cargas muy bajas, mientras que por el contrario los metros siguientes presentan cargas admisibles mayores lo cual se lo contrasta con los mapas de zonificación geotécnica, los cuales fueron cartografiados en el software ArcGIS 10.5 al igual que los diferentes mapas obtenidos para el presente trabajo investigativo.

Palabras Clave: Geología; Geotecnia; Afloramientos; Calicatas; SEV, SPT



2.1 Abstract

The present research GEOLOGICAL – GEOTECHNICAL CHARACTERIZATION OF THE BELEN BAJO NEIGHBORHOOD, MALACATOS PARISH, LOJA CANTON AND PROVINCE, focuses on carrying out the geological-geotechnical characterization of the materials that make up the study zone which It covers an area of 21.24 hectares. Through the topographic survey obtained at scale of 1:2250 in which the water network, road network, infrastructures were considered, the basis was had to obtain the slopes, geomorphology and land use, parameters that allowed us to determine the current state of the study area. Zone study is based on 4 well-differentiated lithological units: to the west the Santo Domingo formation (F.Msd) is composed of altered shales with layers of sandstone, thin sheets of gypsum and carbonaceous material, the east of the area is made up of the San Francisco formation (F.Msfr) which includes medium-coarse grained sandstones with siltstones and intercalations of conglomerates, the central part is dominated by a powerful ancient colluvio-alluvial deposit (Qc) which presents subangular clasts of igneous and metamorphic wrapped in a clay-sandy matrix.

With the SEVs indirect exploration tests, it was possible to determine that the soils of the sector present very low resistivities in the first layers, locating phreatic surfaces at 2 and 3 meters deep, which are contrasted with direct exploration methods SPT. Executing laboratory tests according to ASTM standards, for limits of Atterberg, moisture content and granulometry, the soil classification was obtained under the regulations (USCS), we have predominantly high and low clay soils sandy plasticity (CH1; CL) in the study area. With the SPT test, it was obtained the admissible loads of the soils in the sector, having for the first 3 meters exploration very low loads, while the following meters present higher admissible loads which is contrasted with the geotechnical zoning maps, the which were mapped in the ArcGIS 10.5 software as well as the different maps obtained for the present investigation.

Keywords: Geology; Geotechnics; Outcrops; Pits; SEV; SPT



3. Introducción

En los últimos años la alta demanda de viviendas vacacionales, conjuntamente con el crecimiento poblacional acelerado dentro de la parroquia Malacatos ha generado una expansión territorial desordenada, ya que muchas viviendas han sido construidas sobre suelos altamente inestables, siendo el desconocimiento de los procesos naturales, sus formas de ocurrencia y su dimensionamiento el factor principal de influencia sobre estos problemas. En Malacatos existen diferentes sectores afectados por fenómenos de carácter geológico, geotécnico, hidrogeológico y geomorfológico, como es el caso del barrio de Belén, sobre el cual se presentan suelos evidentemente inestables lo que ha causado graves daños y pérdidas económicas sobre las infraestructuras del sector.

La ejecución del presente trabajo investigativo es muy importante ya que se analizaron muchas variables como la topografía, pendientes, uso de suelo, geología, variables que permitieron deducir de forma detallada las causas que generan la inestabilidad de los suelos del barrio Belén, en donde con los resultados obtenidos se puede afirmar que dicha problemática se ve afectada principalmente por las cargas de agua generadas en el sector producto de las fosas sépticas colapsadas y la importante área que cubren los suelos agrícolas dentro del barrio ya que sobre estos se realizan sistemas de irrigación antitécnicos. .

Los resultados obtenidos son más completos que los plasmados en el PDOT de la parroquia, debido en gran parte a la escala de trabajo, estos resultados contribuyen al barrio Belén, ya que al ser dados a conocer de manera técnica a las autoridades y directiva del barrio estos llegarán a tener una visión más amplia sobre el inminente problema que existe dentro de la zona de estudio.

La escala empleada para el presente trabajo de investigación es de 1:2250, siendo la topografía la base para obtener los resultados de cada uno de los objetivos planteados, obteniendo así la geología, geomorfología, el uso actual del suelo, que en conjunto con los métodos de exploración de suelos Sondeo Eléctrico Vertical (SEV) y el Ensayo de penetración Estándar, se obtuvo información geo-científica que permitió conocer las características geológicas-geotécnicas del área de estudio, esto lo cual permitirá a las autoridades competentes y directiva del barrio profundizar en futuros estudios dentro del barrio Belén, como también diseñar obras de control que permitan minimizar la inestabilidad de los suelos del sector que afectan directamente a los moradores del barrio Belén.



Objetivos

Objetivo General

Realizar la Caracterización Geológica-Geotécnica del barrio Belén Bajo, parroquia Malacatos, cantón y provincia de Loja.

Objetivos específicos

- ✓ Realizar un diagnóstico de la situación actual del barrio Belén Bajo para definir el área de afectación directa.
- ✓ Levantar las unidades geológicas y estructurales del área de influencia directa.
- ✓ Realizar la caracterización geotécnica del área de estudio mediante métodos de exploración directa e indirecta.



4. Marco Teórico

4.1 Topografía

Según (Morales, 2015), La topografía es la ciencia encargada del estudio detallado de la superficie terrestre, a través de mediciones y delimitaciones bajo instrumentos que permiten medir los tres elementos del espacio. Se trata de proyectar sobre un plano la realidad levantada en el campo, en entornos rurales o superficies naturales de terreno; en el área urbana esta es la descripción de los elementos presentes en una ubicación específica tales como: paredes, edificios, calle, vías, etc. La Topografía como tal se basa en la geometría, las matemáticas, la física y, Por tanto, la astronomía es por su propia naturaleza una ciencia aplicada. La topografía tiene varias aplicaciones. están muy extendidos, lo que los hace absolutamente necesarios. (Medina, 2010).

En base a lo citado anteriormente se puede indicar que la topografía es la base para la ejecución de cualquier trabajo ingenieril, ya que la misma nos permite representar de manera precisa y exacta las dimensiones del terreno con todas sus características espaciales mediante el apoyo de equipos e instrumentos modernos como son GPS de precisión, estaciones totales, dron, entre otros. Que de alguna manera generan un procedimiento más sencillo de realizarse en campo.

4.2 Levantamiento Topográfico

(Medina, 2010), Indica que un levantamiento topográfico es el conjunto de operaciones realizadas en el campo y los medios utilizados en la práctica para determinar la ubicación de puntos y su imagen en un plano. Un estudio topográfico en muchos proyectos es el punto de partida para algunos pasos básicos en la identificación y señalización del terreno a desarrollar, como por ejemplo un plano topográfico, revisión de puntos, linderos, señalizaciones, amojonamientos etc., en este contexto se distinguen dos métodos principales:

- ✓ **Levantamiento del terreno mediante planimetría:** Es un conjunto de operaciones necesarias para obtener puntos y determinar la proyección sobre el plano de referencia.
- ✓ **Levantamiento altimétrico:** conjunto de operaciones necesarias para alcanzar la altitud respecto al plano de comparación. (FRANQUET BERNIS Y QUEROL GOMEZ, 2011).

Un levantamiento topográfico se realiza dentro de un área territorial reducida siendo menor de 30 km, en donde la curvatura terrestre es despreciable, si el área es mayor a 30 km es necesario la realización de un levantamiento geodésico en donde sí se considera la curvatura terrestre.



4.3 Escala

Una escala es aquella que sirve para determinar la equivalencia de distancias de un plano o mapa con respecto a la realidad. Según (Medina, 2010), “escala” es la relación matemática entre el tamaño real y la imagen en una superficie verdadera. La elección de la escala de dibujo depende del propósito de la investigación y de factores como el tamaño de la hoja de dibujo, el tipo y número de símbolos topográficos, así como los requisitos de precisión al medir distancias en la escala de dibujo.

La escala puede ser numérica o gráfica, y la escala numérica a menudo se expresa como una proporción o fracción representativa, por ejemplo, una escala de 1:2000 o 1/2000 representa que cada unidad de dibujo representa 2000 unidades de terreno. La escala gráfica consiste en una imagen sobre un plano lineal dividida en distancias o unidades según la escala elegida. (Casanova, 2002).

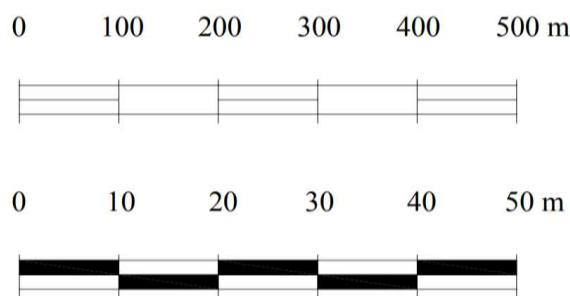


Figura 1. La escala grafica superior representa una escala numérica de 1:10000; mientras que la inferior 1:1000
Nota. Obtenido de Casanova, (2002)

4.4 Planimetría

En topografía dentro de un sistema tridimensional, los ejes X-Y son competencia de la planimetría mientras que el eje Z, le corresponde a la altimetría. La planimetría se encarga como tal del estudio de herramientas y métodos que permiten proyectar la ubicación exacta de los puntos más importantes del terreno sobre una superficie plana y horizontal y así construir una figura similar a ella. Los trabajos realizados mediante el método de medición plana incluyen: cálculo de áreas, división del terreno en parcelas, señalización de carreteras antiguas o dañadas, planificación del desarrollo espacial, etc.(Morales, 2015).

4.5 Curvas de Nivel

Una curva de nivel es una línea que conecta todos los puntos del terreno que se encuentran a la misma elevación con respecto al nivel medio del mar. (Morales, 2015). Las curvas de nivel en un plano o mapa pueden estar representadas por curvas de nivel maestras e intermedias, siendo las curvas maestras o principales aquellas que indican la cota o elevación, mientras que las intermedias o secundarias son las comprendidas entre las principales estas no muestran cotas y se representan con menor intensidad o calidad. (Medina, 2010).

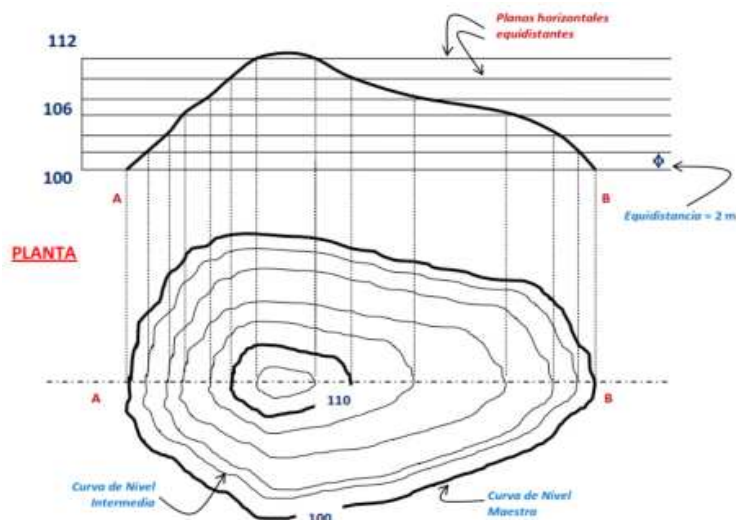


Figura 2. Representación de curvas de nivel
Fuente: Obtenido de Medina, (2010)

4.6 Poligonal Topográfica

(Medina, 2010), menciona que una poligonal topográfica es empleada para el control topográfico de la zona levantada, la cual consiste en un conjunto de líneas, longitudes y direcciones las cuales pueden ser objeto de medición.

Se establece que existen dos tipos de poligonales topográficas:

- ✓ **Poligonal cerrada:** Es aquella donde sus extremos coinciden y se cierran en un determinado punto.
- ✓ **Poligonal abierta:** Es aquella donde sus extremos no coinciden o nunca se cierran.

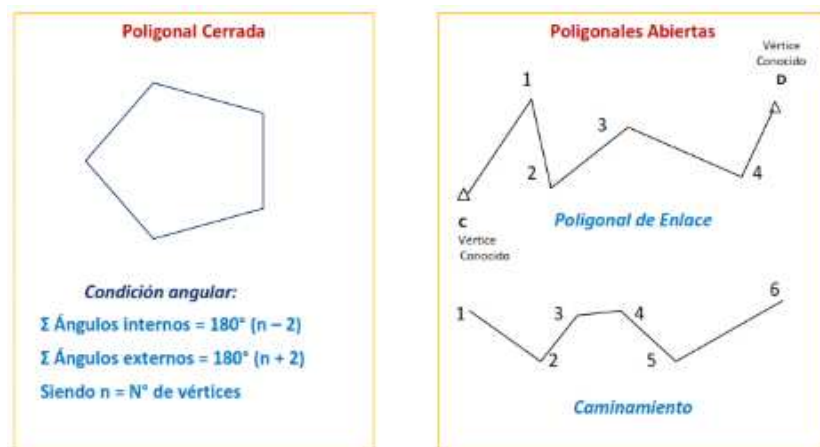


Figura 3. Representación gráfica de poligonal (cerrada; abierta)
Nota. Obtenido de Medina, (2010)

4.7 Fotointerpretación

La fotointerpretación a lo largo del tiempo ha ganado relevancia en diferentes áreas encargadas del estudio de las ciencias de la tierra específicamente, según los postulados del autor (Reuter, 2002) establece que la fotointerpretación como el proceso o el arte de estudiar fotografías de un área, con fines de identificar detalladamente diversas características del



paisaje y proporcionar información de interés acerca de los diversos elementos que son visibles en la fotografía aérea.

4.8 Drones

Los drones o Vant (Vehículo Aéreo No Tripulado), en la actualidad han ganado mucho terreno en el campo de la topografía. Un Dron según (García, 2017) es un equipo reutilizable, capaz de mantener de forma independiente un vuelo estable y controlado y propulsado por un motor eléctrico en la mayoría de los casos.

Los autores (Fernández Lozano y Gutiérrez, 2016) afirman que los drones proporcionan mapas ortogonales de alta resolución y modelos digitales del terreno que son particularmente útiles para ejecutar trabajos de índole científica e investigativa.

Estos equipos permiten tener en su estructura un GPS integrado el cual le permite mantener una navegación autónoma al momento de realizar un vuelo, siendo adecuados para muchas aplicaciones en diversas ramas de la ciencia experimental, como la geodesia, la física o la geología. Además, debido al reducido tamaño y peso de estos sensores, son fáciles de transportar y pueden utilizarse en ubicaciones difíciles.

4.9 Aplicación de drones en topografía

Los drones actualmente tienen una gran aplicación en la topografía que al ser utilizada en la mayoría de proyectos de obras civiles, mineras, geológicas y otras ciencias de la tierra, hace que el uso de vehículos aéreos no tripulados tenga gran acogida, ya que proporciona una herramienta muy útil en zonas remotas, además minorizan en gran medida el tiempo de adquisición y procesamiento de los datos, así también presentan una gran ventaja en términos económicos. (Fernández Lozano & Gutiérrez, 2016).

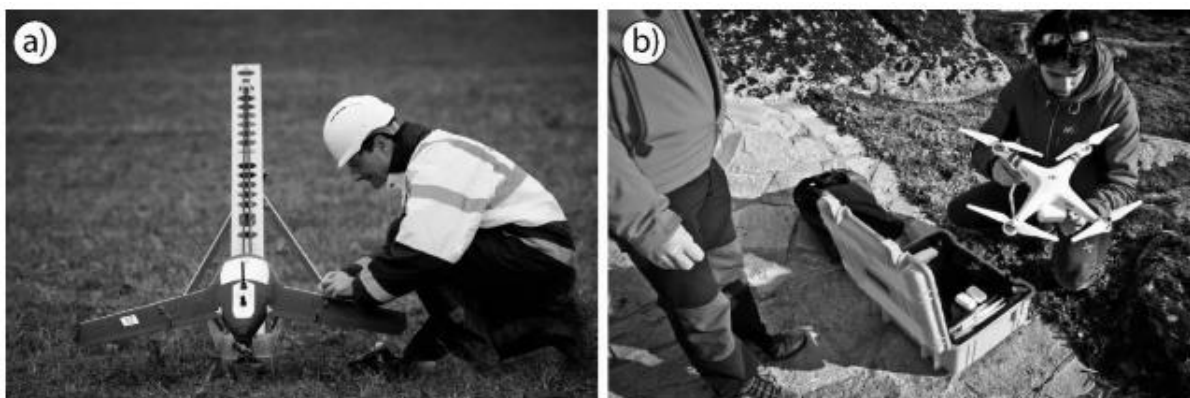


Figura 4. A) Fotografía de un dron de ala fija; B) Dron de ala rotatoria modelo Phantom
Nota. Obtenido de Fernández Lozano & Gutiérrez, (2016).

4.10 Ortofoto

Una ortofoto es una fotografía aérea donde se plasma el terreno, en donde los elementos presentes se encuentran a la misma escala, libre de errores y deformaciones, en donde la



proyección central se ha convertido en una proyección ortogonal, eliminando las distorsiones planimétricas causadas por el ángulo de inclinación de la cámara y al desplazamiento producto del relieve, en donde la proyección central se ha convertido en una proyección ortogonal, eliminando las distorsiones planimétricas causadas por el ángulo de inclinación de la cámara y al desplazamiento producto del relieve.

Las ortofotos permiten tomar medidas precisas como si de un plano se tratara. Las ortofotografías combinan el alto nivel de detalle de la fotografía aérea con las propiedades geométricas de un plano. Todas estas propiedades hacen de la ortofotografía un elemento valioso en el proceso de planificación del territorio. (Fernández Lozano & Gutiérrez, 2016).

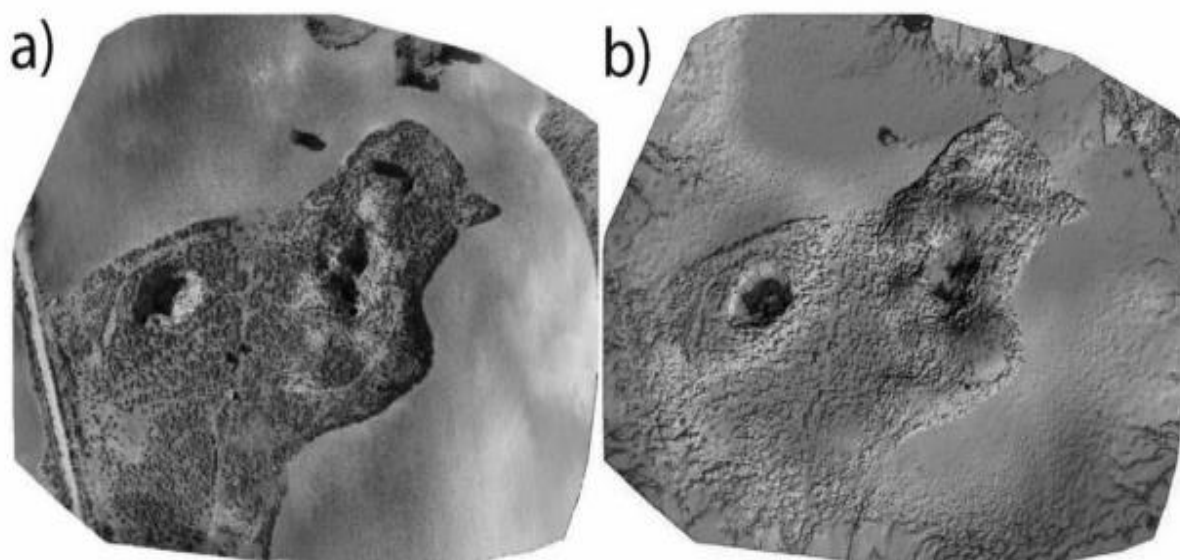


Figura 5. A) Mosaico de imágenes georreferenciadas; B) modelo digital del terreno
Nota. Obtenido de Fernández Lozano & Gutiérrez, (2016).

4.11 Geomorfología

La geomorfología desde un contexto general se encarga de estudiar las formas de la superficie terrestre. Según el autor (Spikermann, 2010), en su libro “Elementos de Geología General”, la define como una rama de la geología encargada de describir su Génesis y actual comportamiento, así como también los cambios físico-químicos que determinan las modificaciones de la superficie terrestre.

4.12 Mapa Topográfico

Un mapa topográfico es aquel que representa una determinada área del territorio utilizando una o más escalas y una variedad de símbolos convencionales. Los mapas topográficos en base a (Ucha, 2015) estos mapas tienen el objetivo de mostrar los cambios topográficos en la tierra de forma concreta y muy visible.



Para generar un mapa topográfico se requiere contar con un número bastante amplio respecto a puntos tomados en el terreno, dichos puntos al contar con una proyección acotada permiten obtener un plano acotado de la superficie. (Casanova, 2002)

Estos mapas al contar con curvas de nivel permiten obtener la elevación de cualquier punto sobre el plano, además de las pendientes existentes entre dos o más puntos, estimar volúmenes del corte y relleno etc. (FRANQUET BERNIS & GÓMEZ, 2010).

4.13 Geología

(Mejía, 2012), menciona que es la ciencia encargada de estudiar la estructura interna y composición de la Tierra, su evolución a lo largo del tiempo geológico, la cual describe el material a partir del cual se formó la tierra a fin de conocer su historia y tratar de comprender las causas de los fenómenos endógenos y exógenos. (ESCOBAR, 2020) menciona que la geología estudia los elementos que conforman y modifican la estructura de la tierra tales como minerales, rocas, vulcanismo, sismos, fósiles, océanos, suelos, paisajes, procesos de sedimentación, meteorización y erosión.

(Vallejo, 2002), señala que en geología las escalas vienen condicionadas por la dimensión de los fenómenos o de las unidades geológicas, formaciones, estructuras, etc., que se desee representar.

4.14 Clasificación general de las rocas

Una Roca es un conjunto de minerales, la cual puede estar conformada por una especie mineral o varias especies minerales, las rocas como tal son el material más común y abundante de la corteza terrestre según (Tarbuck & Lutgens, 2005), en donde destacan predominantemente las rocas ígneas siendo estas las más abundantes con un porcentaje del 64.7 % según (VARELA, 2014).

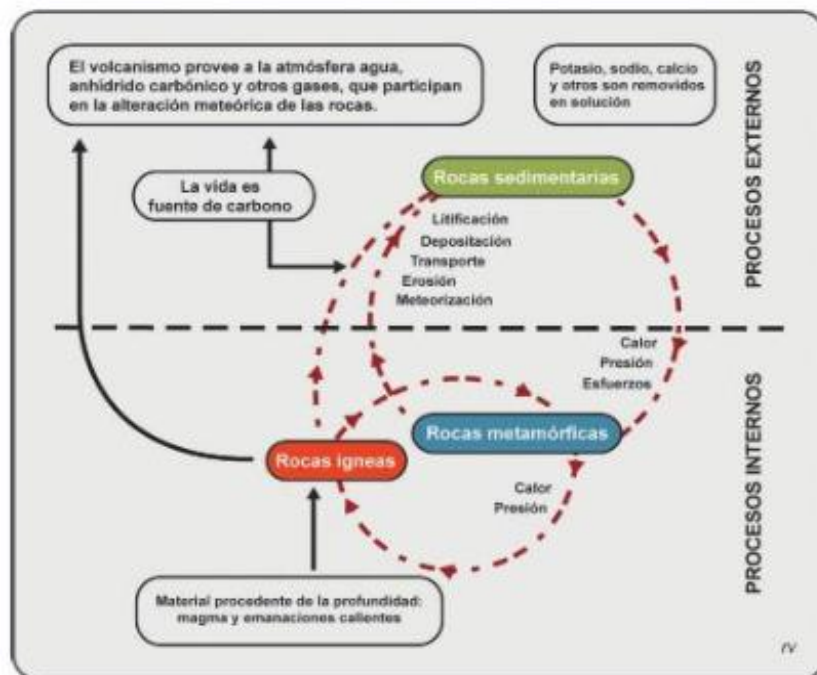


Figura 6. Esquema del ciclo general de las rocas
Nota. Obtenido de Varela, (2014)

4.14.1 Rocas sedimentarias.

Estas se forman en la superficie terrestre en forma de capas a partir de fragmentos rocosos y sedimentos que según (Tarbuck & Lutgens, 2005) son la materia prima principal para la formación de estas rocas. En estas rocas según (Regodón, 2006) se puede encontrar con mayor certeza la presencia de fósiles, los cuales mediante la acción de agentes atmosféricos como el agua y el viento depositan a través de los ríos y mares estos organismos en su estructura.

4.14.2 Rocas metamórficas.

Este tipo de rocas según (Tarbuck & Lutgens, 2005) se forman a partir de rocas ígneas, sedimentarias, así como también de otras rocas metamórficas. Estas rocas según (SUAREZ, 2009) se originan predominantemente bajo dos condiciones: cuando se genera mucha presión sobre las rocas y cuando estas son sometidas a temperaturas muy altas sin que estas se fundan.

4.14.3 Rocas Ígneas.

Según (VARELA, 2014), este tipo de rocas se generan a partir de fundidos denominados magmas los cuales proceden de las profundidades de la Tierra. Estos magmas al enfriarse y solidificarse según (Tarbuck & Lutgens, 2005) forman los diferentes conjuntos de rocas que engloban las rocas ígneas, teniendo así las rocas ígneas plutónicas o intrusivas, las rocas ígneas extrusivas o volcánicas y las rocas ígneas intermedias o conocidas también como filonianas.

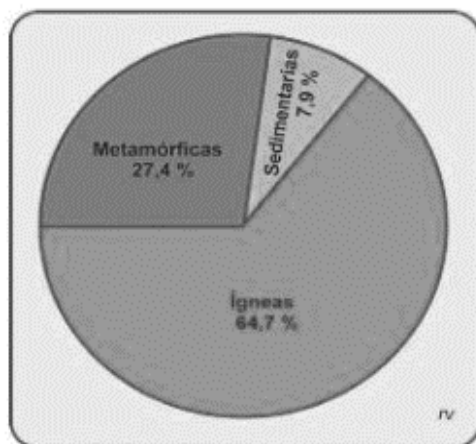


Figura 7. Predominio de los tipos de rocas en la corteza terrestre.

Nota. Obtenido de Varela, (2014)

4.15 Mapeo Geológico

El mapeo geológico se basa en representaren en mapas de los diversos macizos rocosos que conforman el terreno. Para la identificación en el terreno y su posterior mapeo se debe tener en cuenta que las rocas presentes en la corteza terrestre según sus características (rocas ígneas; rocas metamórficas y sedimentarias), el mapeo geológico en campo se realiza principalmente mediante la descripción de afloramientos que permiten la identificación directa de características geológicas clave como el tipo de roca, la orientación estratigráfica o la presencia de estructuras geológicas, siendo las calicatas y perforaciones profundas otros medios importantes para el mapeo geológico.

Al representar el mapeo geológico en un plano se utiliza una base topográfica la cual permitirá ingresar los datos de campo, pero esta base deberá contar con curvas de nivel para identificar la diferencia de alturas en el terreno, además de presentar los diferentes elementos topográficos como red hídrica, cordones montañosos, poblados y vías. En el mapa deberá verse reflejado el Norte, escala gráfica, proyección empleada y las líneas de referencia que corresponden a coordenadas. (VARELA, 2014)

4.16 Geología Estructural

(Tarbuck & Lutgens, 2005), mencionan que la geología es la responsable del estudio La estructura de la corteza terrestre y su apariencia. El resultado de la deformación. Estudiar la orientación de pliegues y fallas y Las características a pequeña escala de las rocas deformadas a menudo definen el entorno. las estructuras geológicas originales y la naturaleza de las fuerzas que crearon estas estructuras rocosas y procesos y estructuras tectónicas que afectan a las rocas (Vallejo, 2002). de esta manera podrás descifrar los complejos acontecimientos que componen la historia geológica.



4.16.1 Pliegues.

Un pliegue o un conjunto de pliegues denotan los enormes esfuerzos tectónicos a los cuales han sido sometidos las rocas, Las rocas sedimentarias y volcánicas a menudo se pliegan en una serie de ondas parecidas a ondas llamadas pliegues. En la naturaleza, los pliegues se presentan en diversos tamaños y estructuras. Algunos pliegues presentan amplias curvaturas donde grandes masas rocosas de cientos de metros de espesor se han flexionado suavemente. La mayoría de los pliegues son causados por fuerzas distensivas y compresivas. (Tarbuck & Lutgens, 2005).

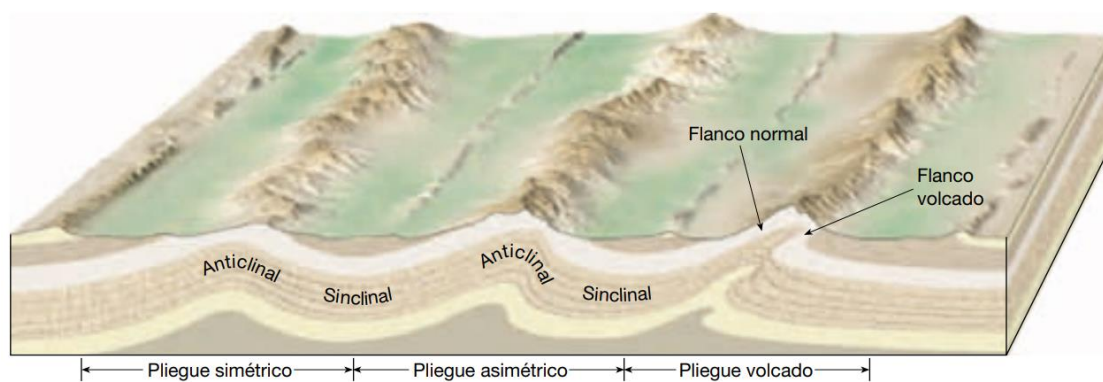


Figura 8. Diagrama de los principales tipos de estratos plegados
Nota. Obtenido de Tarbuck & Lutgens, (2005)

4.16.2 Fallas.

Las fallas son grietas presentes en la corteza terrestre las cuales dan lugar a desplazamientos significativos. Como ejemplo tenemos la falla de San Andrés la cual tiene desplazamientos que van desde unos pocos metros hasta escalas kilométricas, siendo más perceptibles en fotografías aéreas que en la superficie. (Tarbuck & Lutgens, 2005).

Una falla normal ocurre cuando los bloques del techo se mueven hacia abajo en relación con los bloques de la pared. Estas fallas presentan buzamientos de unos 60° en su mayoría, el cual disminuye proporcionalmente con la profundidad. Se originan por la acción se enormes esfuerzos tensionales.

Una falla inversa ocurre cuando el bloque superior se mueve hacia arriba en relación con el bloque de muro. Por lo general en las fallas inversas se presentan buzamientos mayores a 45° , si es inferior tomo el nombre de cabalgamiento. Se originan por la acción de enormes esfuerzos compresivos.



Las fallas de desgarre o desplazamiento horizontal ocurren cuando el desplazamiento se produce en forma horizontal y paralelo a la dirección del plano de falla.

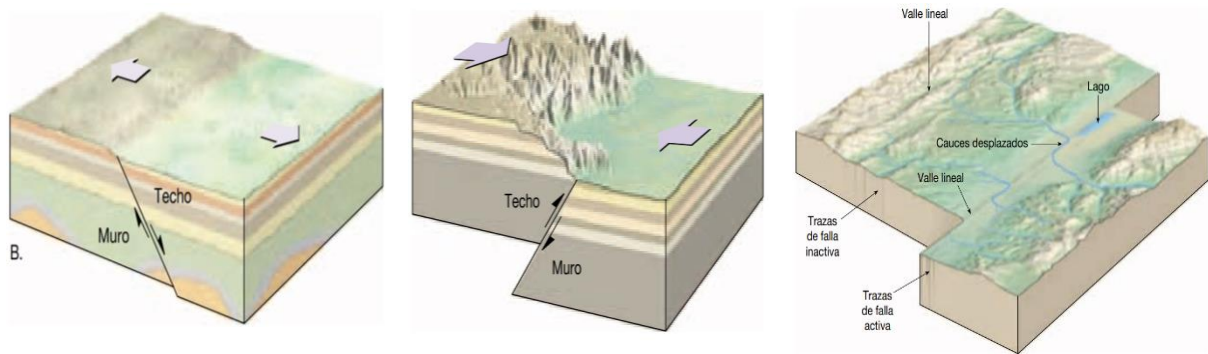


Figura 9. A la izquierda (falla normal); en el centro (Falla Inversa); a la derecha (falla de desgarre)
Nota. Obtenido de Tarbuck & Lutgens, (2005)

4.17 Rumbo y Buzamiento

El rumbo es el ángulo entre el norte magnético y una línea obtenida al cortar un plano horizontal a través de estratos inclinados o fallas; la inclinación o buzamiento es el ángulo de inclinación de un plano geológico. Conociendo el rumbo y buzamiento de las capas rocosas superficiales se puede predecir sobre las estructuras rocosas invisibles bajo la superficie del terreno. (Tarbuck & Lutgens, 2005)

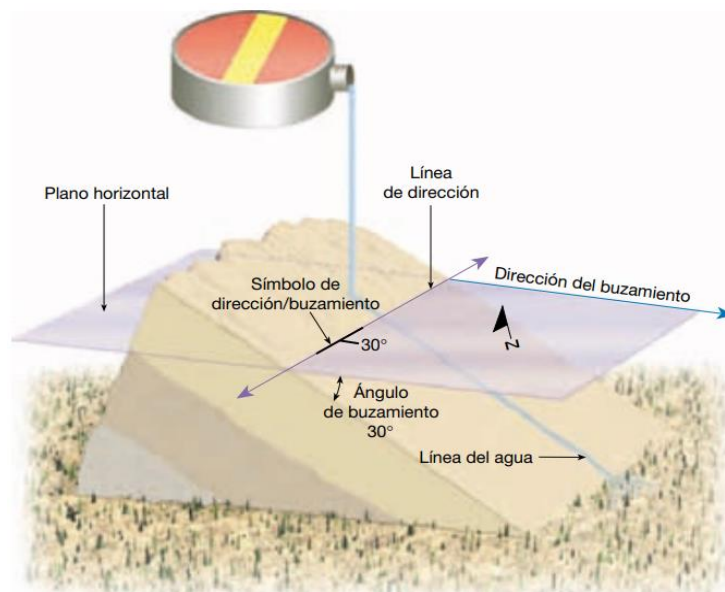


Figura 10. Elementos de yacencia de un estrato (Rumbo y buzamiento)
Nota. Obtenido de Tarbuck & Lutgens, (2005)

4.18 Hidrogeología

Los autores (Custodio & Llamas, 1983), en su libro “Hidrología subterránea”, definen a la hidrogeología como la rama de la hidrología que trata del agua subterránea, su yacimiento y movimientos, su distribución, enriquecimiento, empobrecimiento, y evolución en el marco



geológico regional. La forma en como las aguas subterráneas se distribuyen y almacenan en las rocas, así también se hace referencia a los métodos para la determinación de las mismas.

4.18.1 Nivel Freático.

(Tarbuck & Lutgens, 2005), en su libro “Ciencia de la tierra-Una introducción a la geología física, define el nivel freático como El límite superior de la zona de saturación es un elemento muy importante en los sistemas de aguas subterráneas. Los niveles de agua subterránea son importantes para predecir la productividad de los pozos petroleros, explicar los cambios de flujo en arroyos y manantiales y explicar las fluctuaciones del nivel de los lagos. La profundidad del nivel freático es muy diferente: desde cero cuando está en la superficie hasta varios cientos de metros en algunos lugares. Una característica importante del nivel freático es que su configuración cambia con las estaciones y los años, ya que la cantidad de agua suministrada al sistema de agua subterránea está estrechamente relacionada con la cantidad, distribución y frecuencia de las precipitaciones.

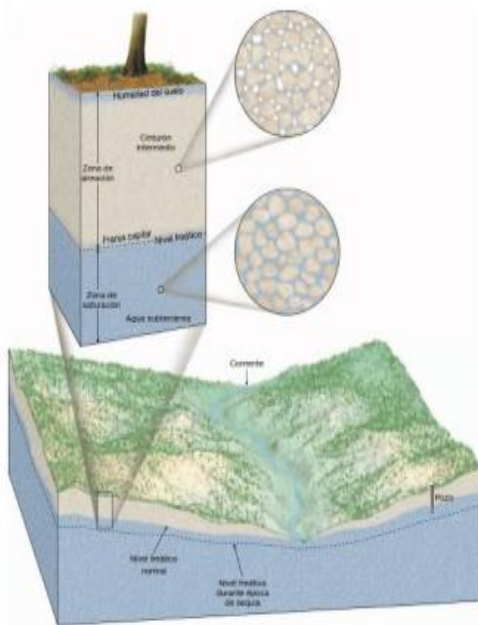


Figura 11. Distribución del agua subterránea
Nota. Obtenido de Tarbuck & Lutgens, (2005)

4.19 Geotecnia

(Masabanda, Morales, & Bonifaz, 2018), La geotecnia es una rama de la ingeniería que está estrechamente relacionada con la mecánica de suelos, la mecánica de rocas y la geología, y está íntimamente relacionada con el desarrollo de la ingeniería civil. Su propósito es caracterizar el suelo y las rocas a fin de determinar parámetros geotécnicos que nos permitan determinar el tipo de cimentación y estructuras adecuados para una determinada obra civil.



Por otro lado, el autor (Tamez, 2001) menciona en su libro “Ingeniería Fundamental” indica que la ingeniería geotécnica estudia el comportamiento del suelo y de los materiales rocosos utilizados en la construcción. Su conocimiento ayuda al ingeniero a decidir racionalmente sobre las siguientes cuestiones prácticas relativas a las cimentaciones de cualquier tipo de estructura: Tipo de cimentación; capacidad de carga, asentamientos y construcción.

4.20 Caracterización geotécnica

La caracterización geotécnica incluye la determinación de la composición del suelo y de las propiedades físicas, mecánicas, hidráulicas y químicas a partir de las cuales se planifican las obras de construcción o se obtienen los materiales de construcción. Para describir adecuadamente las características geotécnicas de una determinada zona se debe comprender las principales características físicas “litología, gravedad específica, porosidad” y mecánicas “cohesión, ángulo de fricción y resistencia a la compresión”. Estas propiedades se determinan en ensayos de campo y de laboratorio.

(Chalén, 2017), menciona que el propósito de especificar las características geotécnicas es recolectar e interpretar de forma técnica la información obtenida en estudios geotécnicos para su caracterización. Basado en estándares ecuatorianos de construcción el mismo autor demostró que, para clasificar adecuadamente los perfiles del suelo, deberán realizarse al menos en los primeros 30 metros del suelo mediante métodos de exploración directa como perforaciones geotécnicas, y métodos de exploración indirecta como estudios geofísicos

4.21 Métodos de exploración de suelos

De acuerdo con (Basila, 2013), en la realización de cualquier obra sin importar su magnitud, es muy importante conocer las características del suelo sobre el cual se va a construir, ya que si no se toman en cuenta estas características se afectara de gran manera la forma y costos del proyecto, puesto que el análisis de suelos nos indica varios factores clave para conocer el tipo de cimentación que va a tener la estructura, la profundidad de la investigación sobre el suelo ira en función del tamaño del proyecto.

Entre los Métodos de exploración de suelos tenemos los métodos directos e indirectos.

4.22 Métodos Directos.

Bajo estos métodos de exploración se obtienen muestras las cuales sirven para determinar varios parámetros geotécnicos del suelo, así como sus propiedades físicas y mecánicas, estas permiten el acceso y observación directa al subsuelo, realizar ensayos in situ y obtener muestras representativas del suelo para su posterior análisis.



Al ejecutarse una caracterización geotécnica los métodos directos más comunes usados son: calicatas, ensayo de penetración estándar (SPT), veletas, cono estático (CPT), o dinámico (DCP), dilatómetro. Según (Basila, 2013), los métodos directos son los más importantes y los que más información suministran desde el punto de vista del estudio de suelos.

4.22.1 Ensayo de penetración Estándar.

En base a (ÁLVAREZ, 2014), el ensayo SPT (Standard Penetration Test) es una forma de prueba de penetración dinámica y se utiliza para realizar pruebas en el suelo que requieren investigación geotécnica. Esta prueba mide el grado de compactación y la capacidad portante de un suelo no cohesivo. Utilizando muestras se pueden encontrar varias relaciones, como la relación entre el número de golpes N y el grado de compactación, o el ángulo de fricción del suelo y la resistencia a la presión simple. mesa o ábaco existente.

Este ensayo busca determinar el número de golpes (N), que son necesarios para introducirse el porta-muestras (cuchara partida), en tres segmentos de 15 cm, esta cuchara cilíndrica hueca tiene un diámetro interno de 35 mm y un diámetro externo de 51 mm, la misma permite extraer la muestra para cada metro de perforación.

Por lo general este ensayo se aplica para suelos como en el caso de suelos arcillosos y arenosos, no es recomendable para rocas o suelos con un grado de compactación alto debido a que el equipo de recuperación de la muestra principalmente se vería afectado. (López, 2003).

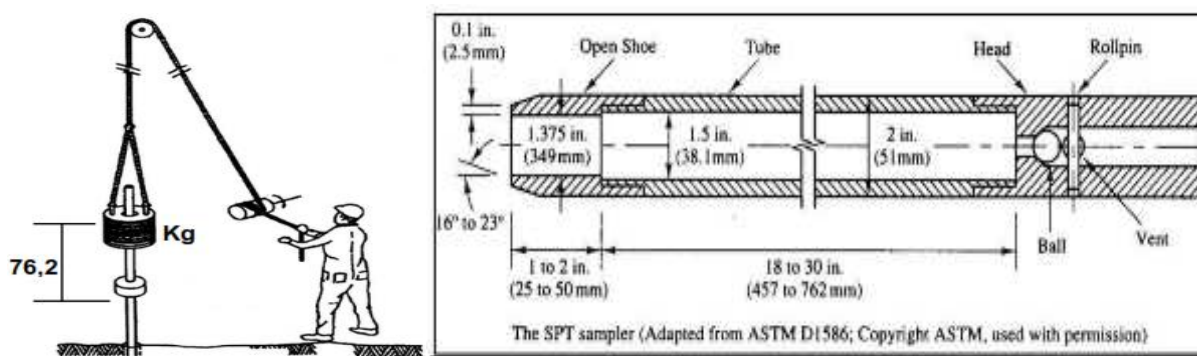


Figura 12. la izquierda “Esquema SPT”; a la derecha “características del sacamuestras partido”

Nota. Obtenido de Álvarez, (2014)

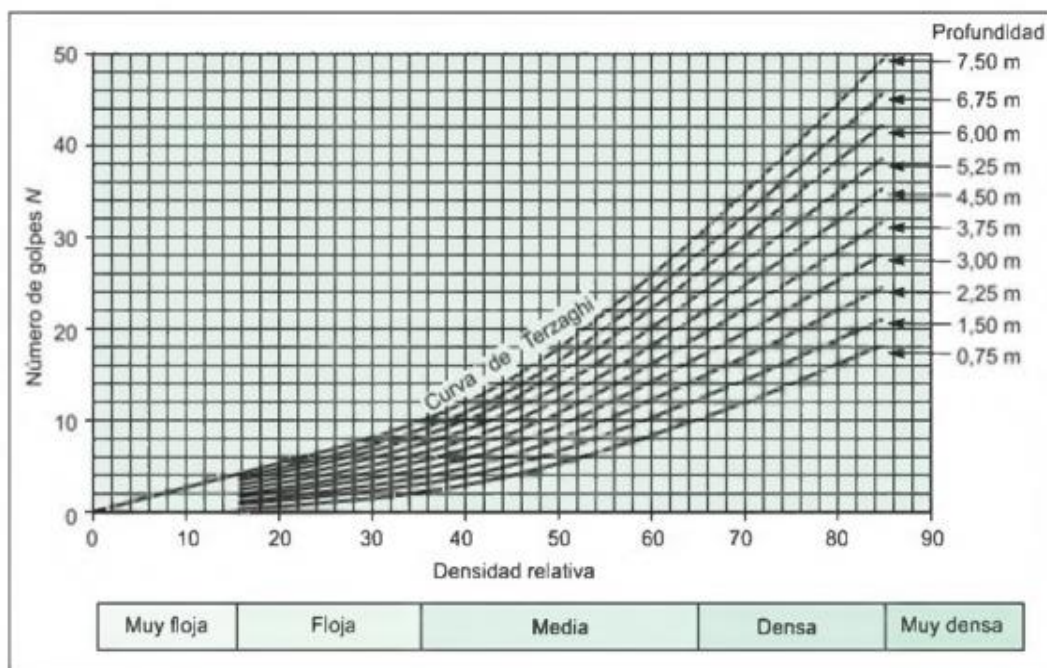


Figura 13. Interpretación de datos SPT tomando en cuenta la profundidad

Nota. Obtenido de Vallejo, (2002)

A continuación, se presenta los elementos y las características del método de normalización propuesto por la ASTM 1856:

- ✓ Maza de 63,5 kg
- ✓ Altura de caída: 76 cm
- ✓ Sacamuestras: de diámetro externo = (50 mm o 2 pulgadas)
- ✓ Sacamuestras: de diámetro interno = (35 mm o 1 3/8 pulgadas).
- ✓ Variante con diámetro interno 38mm y tubo portamuestras (diámetro interno final 35mm).
- ✓ Mecanismo de liberación del martinete mediante soga y malacate
- ✓ Barras de sondeo.
- ✓ Cabeza de golpeo.

4.23 Métodos Indirectos

(Basila, 2013), menciona que los métodos indirectos permiten recolectar información de los suelos sin tener que extraer una muestra de los mismos, estos métodos suelen utilizarse para evaluaciones preliminares de un proyecto, así se determinan las condiciones y los equipos a utilizar para una exploración de suelos más precisa (métodos directos).

Entre los métodos indirectos más comunes usados en geotecnia tenemos el método eléctrico y el sísmico de refracción, y los datos que se obtienen son: diferenciación de estratos, dificultad en excavar el suelo, nivel freático, módulos elásticos, discontinuidades, cavidades.



4.23.1 Prospección geofísica.

(DOBRIN, 1980) en su libro “Introducción a la Exploración Geofísica” afirma que la exploración geofísica es el arte de encontrar depósitos ocultos de hidrocarburos (petróleo y gas) o minerales valiosos mediante la realización de mediciones físicas desde la superficie de la tierra, por lo general mediciones que brindan información sobre las propiedades físicas de los materiales presentes en el interior de la tierra.

La exploración geofísica según (Vallejo, 2002) es un conjunto de técnicas para estudiar el interior de la Tierra a partir de los cambios detectados en importantes parámetros físicos y su correlación con las características geológicas. Son métodos de investigación no destructivos, “extensivos” o con una gran área de cobertura y complementan las pruebas de campo y los métodos de exploración directa.

4.23.2 Sondeos eléctricos verticales (SEV’s).

(Vallejo, 2002), el método consiste en separar continuamente los electrodos de corriente A y B desde el punto medio a lo largo de una línea recta y medir la resistividad en cada disposición. Por tanto, cuando los electrodos estén separados, la resistencia aparente calculada corresponderá a un espesor mayor. Generalmente se utiliza la configuración de Schlumberger. El resultado obtenido de SEV es la variación de la resistencia ρ con la profundidad del centro del perfil estudiado. La profundidad más frecuentemente estudiada es de 0 a 200 m.

Tabla 1. Valores típicos de resistividad

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

Nota. Obtenido de Arias, Hoyos, & Echeverri, (2012)

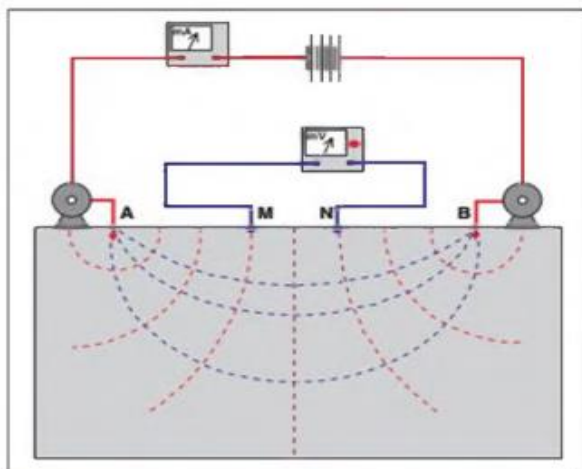


Figura 14. Medida de resistividades del terreno mediante métodos eléctricos “SEVs”

Nota. Obtenido de Vallejo, (2002)

Este método consta de cuatro electrodos (tetraelectrónicos) y su aplicación consiste en clavar en la superficie del suelo los cuatro electrodos en una misma recta y ordenada de la siguiente manera (A M N B) como se muestra en la figura 14. Los electrodos AB suministran corriente eléctrica e inyectan la electricidad en el subsuelo por medio de un transmisor, mientras que, los electrodos MN son de potencial y miden la diferencia de potencial generado en el subsuelo por la corriente inyectada.

En base a lo postulado por la ley de Ohm, la resistividad también es definida en base a la siguiente ecuación:

$$R = V/I$$

Donde:

- ✓ *R: resistencia*
- ✓ *V: voltaje*
- ✓ *I: intensidad*

(Vallejo, 2002), expresa que para la aplicación de este método lo más frecuente es utilizar configuraciones normalizadas, siendo la “Schlumberger y Wenner las más empleadas. El arreglo Schlumberger es simétrico, con los electrodos de potencial MN interiores y alineados con los de corriente A y B, y separados entre M-N inferior a 1/5 de A-B. En el arreglo Wenner la disposición es igual, salvo el caso que las distancias A-M, M-N y N-B sean iguales.

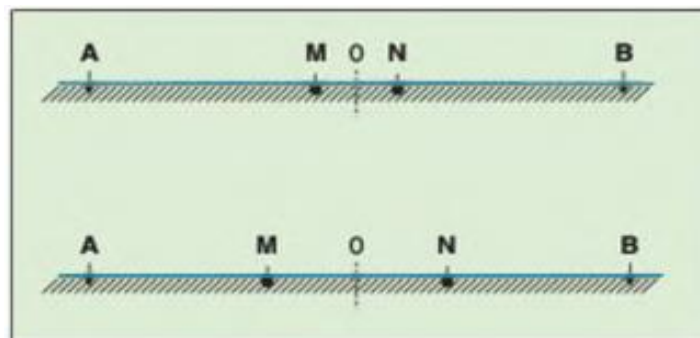


Figura 15. En la parte superior se muestra la configuración Schlumberger y en la parte inferior la configuración Wenner.

Nota. Obtenido de Vallejo, (2002)

4.24 Mecánica de suelos

(Badillo & Rico, 2005) en su libro “Mecánica de Suelos” expresan que la mecánica de suelos aplica de las leyes de la mecánica y la hidráulica a los problemas de ingeniería de sedimentos y otras acumulaciones de suelos sueltos. La descomposición química de partículas sólidas o rocas por descomposición mecánica, contengan o no materia orgánica. Mientras que (Taylor, 1961), la define como la ciencia que trata con todos los fenómenos que afectan al comportamiento del suelo en un empleo de alguna manera ligada con la ingeniería. Por su parte

4.25 Ensayos de mecánica de suelos

Existen una gran variedad de ensayos que componen la estructura de la mecánica de suelos, estos han ido evolucionando rápidamente durante los últimos años. El autor (Taylor, 1961), menciona que cualquier estructura, ya sea un edificio, un puente, una presa, un tipo de pavimentación deben descansar sobre tierra satisfactoria, puesto que la gran mayoría de las estructuras descansan sobre el suelo y mediante la ejecución de los ensayos se podrá determinar la calidad de los suelos ya que en construcción muchas de las veces se muestra una notoria importancia. .

4.25.1 Ensayo Granulométrico.

(MANCHEGO BARRERA & PEÑA ESPITIA, 2015), Mencionan que este ensayo implica la medición y clasificación de partículas del suelo con el fin de realizar un análisis y cálculos, tanto de su origen como de sus propiedades mecánicas. Determinando así en función de tamaño de las partículas del suelo la cantidad de gravas, arenas, limos y arcillas.



Tabla 2. Límites de separación del tamaño del suelo

Nombre de la organización	Tamaño del grano en mm			
	Grava	Arena	Limo	Arcilla
Instituto de Tecnología de Massachusetts (MIT)	>2	2 a 0.06	0.06 a 0.002	<0.002
Departamento de Agricultura de E.U. (USDA)	>2	2 a 0.05	0.05 a 0.002	<0.002
Asociación Americana de Carreteras Estatales y Oficiales del Transporte (AASHTO)	76.2 a 2	2 a 0.075	0.075 a 0.002	<0.002
Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (Cuerpo de Ingenieros del Ejército de E.U., Oficina de Reclamación de E.U., Sociedad Americana para Pruebas y Materiales)	76.2 a 4.75	4.75 a 0.075	Finos (p.ej., limos y arcillas) 0.075	

Nota. Obtenido de Vallejo, (2002)

4.25.2 Límites de Atterberg.

(DAS, 2015), manifiesta que se utilizan para caracterizar el estado y comportamiento de los suelos finos, en donde el porcentaje de humedad expresa la transición de un estado sólido a un estado semisólido del suelo, denominado como límite de contracción. El porcentaje de humedad en el punto de transición del estado semisólido al estado plástico se determina como límite plástico, y el punto de transición del estado plástico al estado líquido se determina como límite líquido.

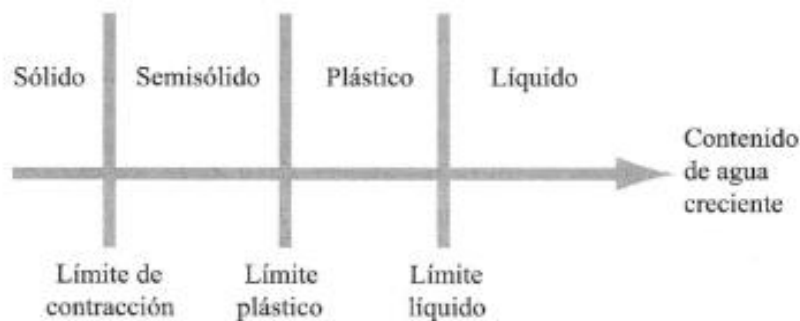


Figura 16. Estados de consistencia de los suelos

Nota. Obtenido de DAS, (2015)

4.25.3 Limite Liquido (LL).

(JIMENEZ SALAS & ALPAÑES, 1975), Se comienza por amasar, con agua destilada, unos 100 gramos de suelo en estado seco pasante del tamiz número 40 bajo la normativa A.S.T.M. D-423-66(72).

(DAS, 2015), manifiesta que el límite líquido se obtiene mediante un proceso, el cual consta de una copa de bronce y una base de madera o goma dura, como se muestra en la Figura 17. La copa de bronce cae sobre la base mediante un levantamiento accionado por una manivela. Para esta prueba, se colocó una mezcla del suelo en forma de pasta en la copa, luego se corta con el ranurador en el centro de la copa dividiendo la mezcla de suelo en dos partes,



por último, con ayuda de la manivela se eleva la copa y se deja caer desde una altura de 10 mm. El límite líquido se obtiene cuando el fondo de la ranura ha cerrado 12.7 mm después de haber generado 25 golpes.

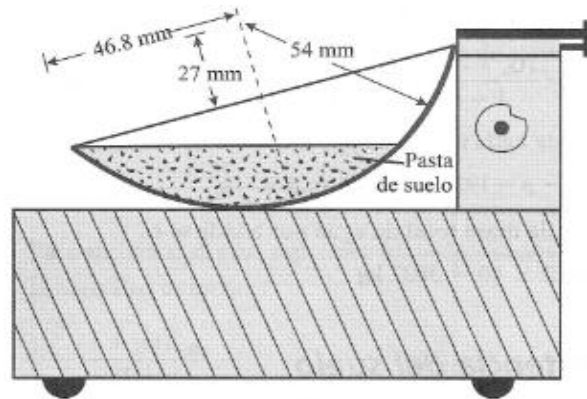


Figura 17. Prueba del límite líquido
Nota. Obtenido de DAS, (2015)

4.25.4 Límite Plástico (LP).

Este es el resultado del porcentaje de humedad necesario para que al ser mezclado un suelo este se desmorone al lograr enrollarse en hilos de 3.2 mm de diámetro. La prueba es sencilla de realizar, esta consiste en realizar varios rollos del suelo sobre una placa de vidrio. (DAS, 2015).

4.25.5 Índice de plasticidad (PI).

(DAS, 2015), menciona que este resulta de la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico. (JIMENEZ SALAS & ALPAÑES, 1975), menciona que la permeabilidad de un suelo es menor cuanto mayor es el índice de plasticidad.

$$PI = LL - PL$$

4.26 Clasificación de suelos

Actualmente el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) y la Asociación Estadounidense de Funcionarios de Carreteras Estatales (AASHTO), son los dos métodos más empleados, estos utilizan la distribución del tamaño de las partículas del suelo y la plasticidad.

4.26.1 Clasificación de suelos SUCS.

Este sistema actualmente es el más empleado en ingeniería geotécnica, nace en 1942 el autor Arthur Casagrande desarrollo un sistema de clasificación de suelos en el departamento de Ingeniería de los Estados Unidos, para proyectos aeroportuarios durante la Segunda Guerra Mundial.

Según lo manifiesta (DAS, 2015), dentro de esta clasificación se dividen los suelos en dos grandes categorías:



1. Suelos de grano fino en los cuales un porcentaje igual o mayor al 50% pasa el tamiz número 200. Los símbolos de grupo están categorizados por M la cual es sinónimo de limo inorgánico, C usado para denominar a arcilla inorgánica y O para arcillas y limos orgánicos. El símbolo Pt se usa para denotar lodo, turba y otros suelos que poseen un contenido orgánico elevado. Existen otros símbolos usados también para clasificación de suelos teniendo los siguientes:
 - ✓ W: bien clasificado
 - ✓ P: mal clasificado
 - ✓ L: Suelo con baja plasticidad (LL menor de 50)
 - ✓ H: Suelo con alta plasticidad (LL mayor de 50)
2. Suelos de grano grueso representados por arenas y gravas, en los cuales un porcentaje menor del 50 % pasa el tamiz # 200. Las letras que simbolizan este grupo comienzan con el prefijo de S O G, donde G representa un suelo gravoso y S representa un suelo arenoso.

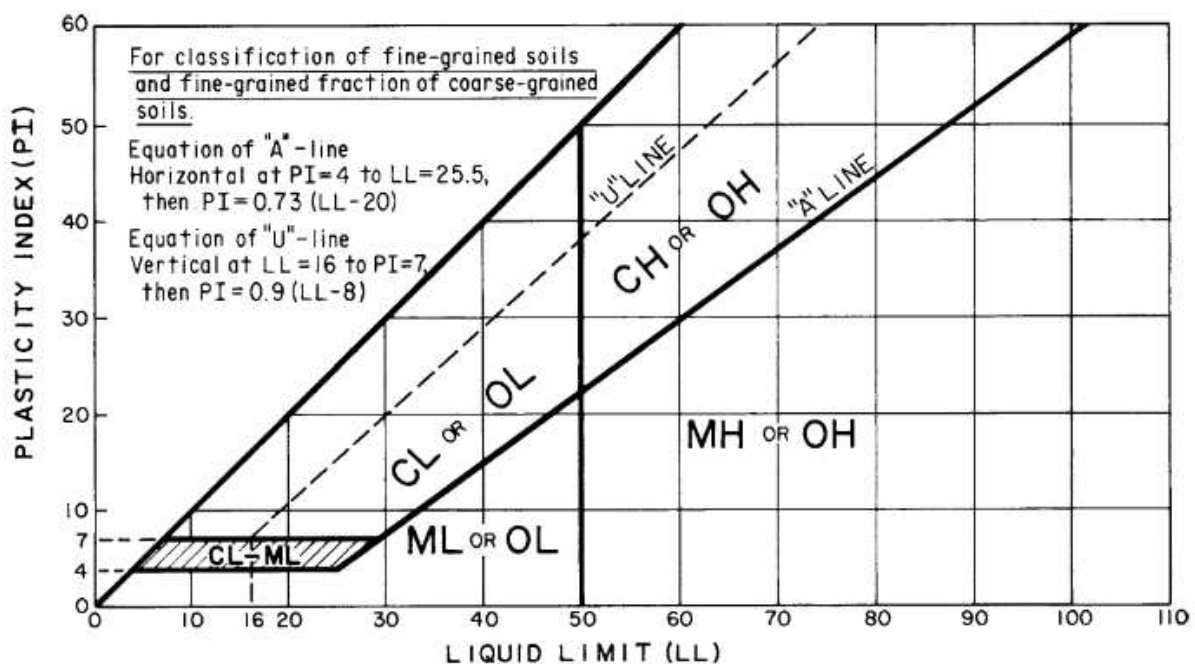


Figura 18. Carta de plasticidad
Nota. Obtenido de DAS, (2015)



4.26.2 Clasificación de suelos AASHTO.

El sistema de clasificación AASHTO define siete grupos principales: A-1 a A-7. Los grupos A-1, A-2 y A-3 representan materiales granulares, en donde un porcentaje igual o menor al 35% pasan el tamiz #200. Los grupos A-4, A-5, A-6 y A-7 representan suelos de grano fino como limos y arcillas, en donde un porcentaje mayor al 35 % pasa el tamiz #200. Se trata principalmente de materiales a base de limo y arcilla. Este sistema contempla algunos criterios, expuestos a continuación:

1. Grava: representa el porcentaje que pasa el tamiz de 75 mm y es retenida en el tamiz de 2 mm (#10); Arena: fracción pasante del tamiz #10 y retenida en el tamiz #. 200 (0.075 mm); Arcillas y limos: fracción pasante del tamiz #200.
2. Plasticidad: el término limoso aplica cuando el índice de plasticidad es igual o menor a 10, mientras que el termino arcilloso es usado cuando las fracciones finas presentan un índice de plasticidad igual o mayor a 11.
3. Si se tiene cantos y guijarros los cuales presentan un tamaño mayor a 75 mm, se exceptúan de la porción de muestra de suelo que fue clasificada. Sin embargo, se toma nota del porcentaje de ese material.



Tabla 3. Clasificación de suelos y mezclas de suelo y agregados

Clasificación general	Materiales granulares (35% o menos de la muestra que pasa la malla No. 200)						
	<i>A-1</i>			<i>A-2</i>			
Clasificación de grupo	<i>A-1-a</i>	<i>A-1-b</i>	<i>A-3</i>	<i>A-2-4</i>	<i>A-2-5</i>	<i>A-2-6</i>	<i>A-2-7</i>
Análisis por cribado (porcentaje que pasa las mallas)							
No. 10	50 máx.						
No. 40	30 máx.	50 máx.	51 mín.				
No. 200	15 máx.	25 máx.	10 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.
Características de la fracción que pasa la malla No. 40							
Límite líquido				40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.
Índice de plasticidad	6 máx.		NP	10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.
Tipos usuales de materiales componentes significativos							
	Fragmentos de piedra grava y arena		Arena fina	Grava y arena limosa o arcillosa			
Tasa general de los subrasantes				De excelente a bueno			
<hr/>							
Clasificación general	Materiales limo-arcilla (más del 35% de la muestra que pasa la malla No. 200)						
				<i>A-7</i>			
Clasificación de grupo	<i>A-4</i>	<i>A-5</i>	<i>A-6</i>	<i>A-7-5*</i> <i>A-7-6†</i>			
Análisis por cribado (porcentaje que pasa por las mallas)							
No. 10							
No. 40							
No. 200	36 mín.	36 mín.	36 mín.	36 mín.			
Características de la fracción que pasa por la malla No. 40							
Límite líquido	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.			
Índice de plasticidad	10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.			
Tipos usuales de materiales componentes significativos							
	Suelos limosos			Suelos arcillosos			
Tasa general de los sobrantes			De mediano a pobre				
*Para <i>A-7-5</i> , $PI \leq LL - 30$							
†Para <i>A-7-6</i> , $PI > LL - 30$							

Nota. Obtenido de DAS, (2015)



5 Metodología

5.1 Ubicación Geográfica.

El área de estudio se ubica al Sur-Este del Ecuador, a 35 km de la Ciudad de Loja, al noroeste de la Parroquia Malacatos cantón y provincia de Loja, específicamente en el barrio Belén. Geográficamente limita al Norte con el barrio San Francisco alto; Al sur con el barrio el Sauce y San José de las peñas; Al este con el barrio el Carmen; Al oeste con el barrio calera y la florida. Como se observa en la figura 19.

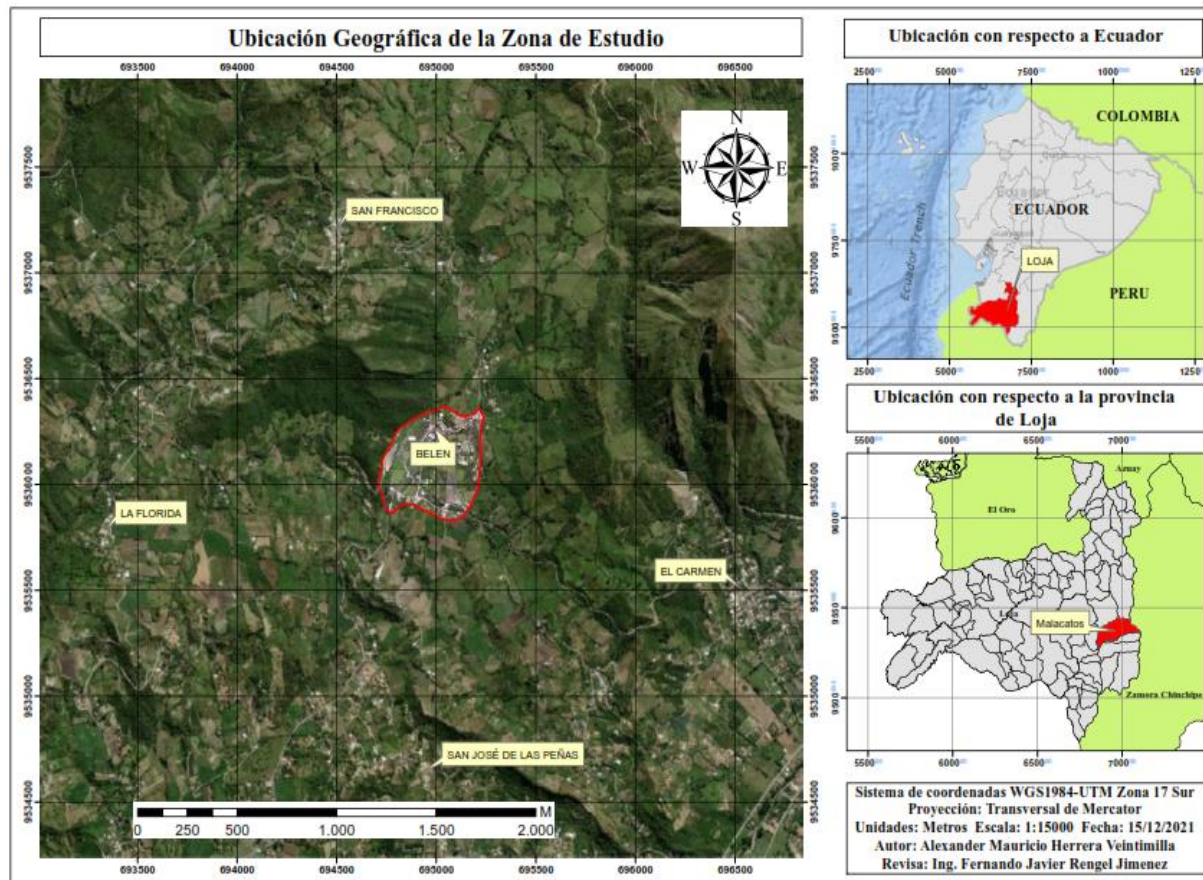


Figura 19. Ubicación geográfica de la zona de estudio

Nota. Elaborado por el Autor (2024)

El área de investigación abarca un área de 21.24 Ha y está limitada por las siguientes coordenadas UTM, las mismas que fueron obtenidas con el Datum WGS84, zona 17 Sur.

Tabla 4. Coordenadas de ubicación del deslizamiento UTM WGS-84 Zona 17S.

PUNTO	X	Y	Z
1	695223.5239	9536248.066	1752.5115
2	695164.2719	9536288.674	1751.5115
3	694995.9479	9536296.757	1738.1725
4	695017.5769	9536179.403	1734.4155
5	694931.968	9536010.078	1714.8353
6	694835.1079	9536105.908	1710.2175

Nota. Elaborado por el Autor (2024)



5.2 Acceso

Se puede acceder desde la capital de la República del Ecuador (Quito), por medio terrestre en un recorrido de aproximadamente 681 kilómetros por la vía Panamericana Troncal de la Sierra, con un tiempo aproximado de 11 horas hasta la parroquia Malacatos. Por vía aérea se puede volar desde el Aeropuerto José Joaquín de Olmedo de Guayaquil o el Aeropuerto Mariscal Sucre de Quito hasta el Aeropuerto Municipal de Catamayo con un tiempo aproximado de 2.5 horas, del cantón Catamayo se puede acceder a la zona de estudio por medio terrestre a través de la vía intervalles con un recorrido aproximado de 45 minutos hasta llegar a Malacatos (Belén), como se observa en la figura 20.

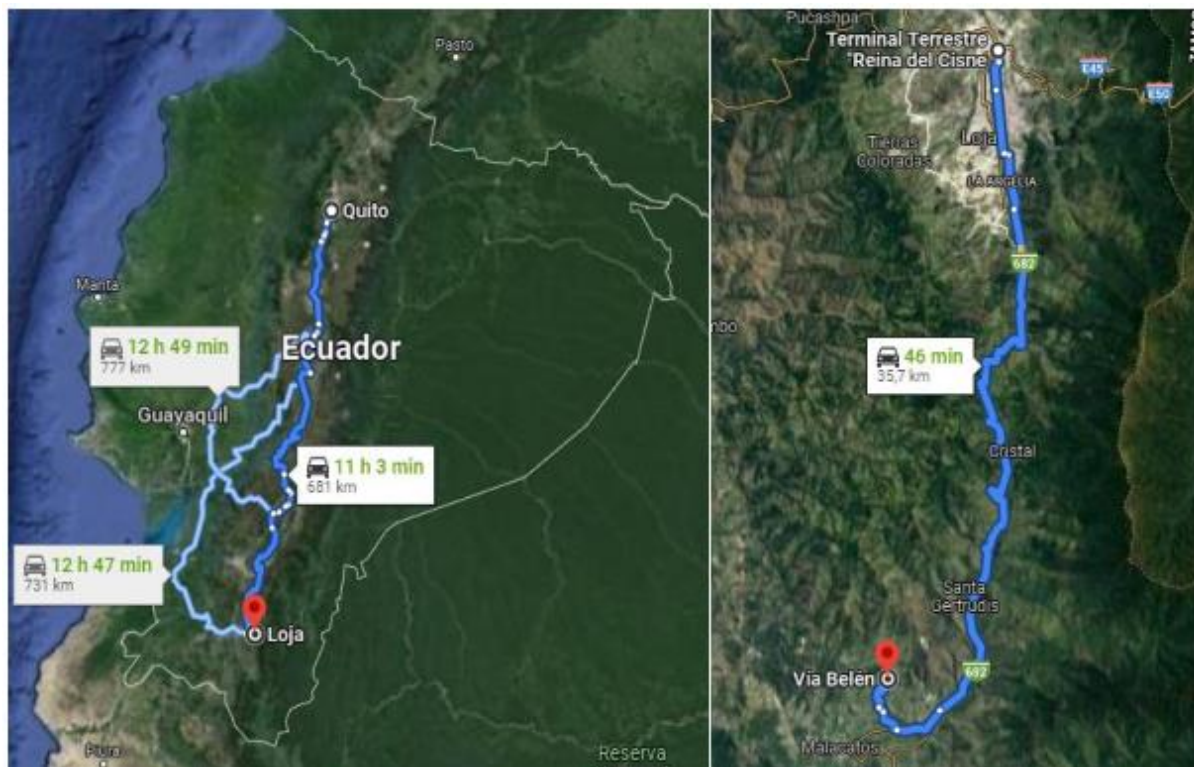


Figura 20. Ubicación geográfica de la zona de estudio
Nota. Obtenido de Google Maps-Modificado por el Autor (2024)

5.3 Descripción Biofísica del Área de Estudio

5.3.1 Clima.

La zona de estudio presenta un clima subtropical – seco con veranos calurosos y pocas lluvias entre los meses de mayo y octubre, donde las temperaturas varían entre los 18,0 y 21,9 °C, siendo esta estación climática la más adecuada para actividades turísticas y paisajísticas. La estación invernal se presenta a partir del mes de octubre y se extiende hasta el mes de mayo con un apogeo entre febrero y abril, presentándose un promedio de precipitación anual de 669,1 mm, PDOT de la parroquia Malacatos, (2019-2023)., ver figura 21 y 22.

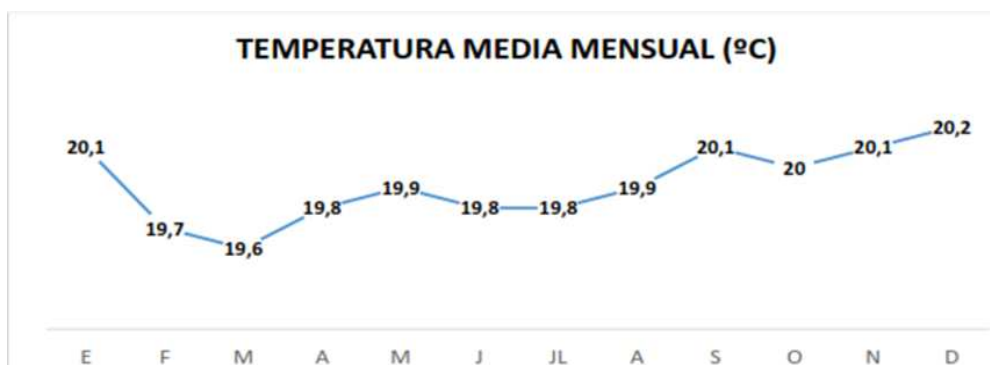


Figura 21. Temperatura media mensual (°C)

Nota. Obtenido del PDOT de la parroquia Malacatos, (2019-2023)

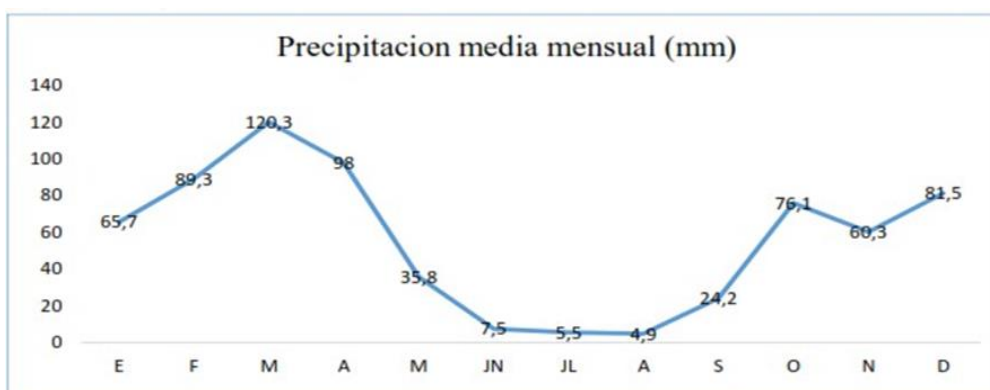


Figura 22. Precipitación media mensual (mm)

Nota. Obtenido del PDOT de la parroquia Malacatos, (2019-2023)

5.3.2 Hidrografía.

La parroquia Malacatos se encuentra limitada por cuatro importantes microcuencas hidrográficas entre las cuales se encuentran presentes quebradas, ríos y drenajes menores, que abastecen de agua para abrevaderos de animales, riego y uso doméstico. La zona de estudio se encuentra dentro de la microcuenca del río Malacatos la cual abarca una superficie de 123,1 km², lo que representa el 59,3%. PDOT de la parroquia Malacatos, (2019-2023).

5.3.3 Flora y Fauna.

La zona de estudio abarca una gran variedad de vegetación caracterizada por la presencia de arbustos caducifolios que no superan los 6 m de alto, con especies principales como el eucalipto, faique, porotillo; dentro de los cultivos se destacan los árboles frutales, banano, yuca, caña de azúcar y otras especies de ciclo corto como el maíz, frejol, tomate, pepino, pimiento, col, entre otros, dentro de la zona de estudio se destaca la producción de achira y caña de azúcar. La fauna de este sector es muy diversa e incluye: mamíferos, aves y peces, los más comunes son bovinos, porcinos, asnos y cerdos, diversas aves, animales domésticos. PDOT de la parroquia Malacatos, (2019-2023).



5.3.4 Marco Socioeconómico.

Alrededor de un 80 % de los moradores de este lugar se dedican a actividades agropecuarias, las cuales son el principal ingreso económico de los moradores del barrio Belén. La producción agrícola está ligada principalmente a la producción de caña de azúcar, achira, maíz y guineo, mientras que la pecuaria a la crianza de ganado bovino. Un 10 % de los moradores son empleados privados o públicos, el porcentaje restante se dedica a las actividades agropecuarias antes mencionadas mientras que otro 10 % tienen otros trabajos. PDOT de la parroquia Malacatos, (2019-2023).

5.4 Geología Regional

La zona de estudio se encuentra dentro de la cuenca sedimentaria de Malacatos, la cual geológicamente se encuentra formada de lo más antiguo a lo más joven por el basamento que comprende rocas metamórficas pre-jurásicas (unidades Chigüinda y Tres Lagunas); el segundo está incorporado por la Formación Loma Blanca y, por último, el más joven, el cual está representado por el relleno sedimentario miocénico de la cuenca.

A través de datos paleontológicos y dataciones radiométricas con trazas de fisión (ZFT), define las formaciones que conforman el relleno sedimentario de la cuenca “San José, Santo Domingo y Cerro Mandango”. Más tarde Corrochano (2014), en base a estudios sedimentológicos y estratigráficos define la nueva formación San Francisco la cual Hungerbühler (1997), incluye dentro de la formación Cerro Mandango como miembro arenisca. (Hungerbühler, 1997).

✓ **Unidad Chigüinda (Pz Lc) (Paleozoico 362±12 Ma).**

Se evidencia principalmente en el flanco occidental de la CR, forma el basamento de las cuencas de Loja y Vilcabamba. Esta presenta secuencias de rocas metamórficas como filitas, cuarcitas, esquistos pelíticos y esquistos grafitosos. Al suroriente de Vilcabamba, las cuarcitas aparecen localmente conglomeráticas con clastos de filita y cuarcita con débil foliación. El espesor de varios miles de metros probablemente se encuentra aumentado por procesos de transposición tectónica y cabalgamientos. (Alulima, 2015)

✓ **Unidad Tres Lagunas (Trl) (Triásico 227,6± 32 Ma).**

Aflora principalmente en la vertiente oriental de la CR y en el alto estructural que separa la cuenca de Loja de las cuencas occidentales de Catamayo y Malacatos –Vilcabamba. Consiste de rocas graníticas de grano medio a grueso, variablemente metamorfizadas y cizalladas, con plagioclasa, feldespatos alcalinos, moscovita, biotita y fenocristales de cuarzo azul. Los granitoides se interpretan como tipo S emplazados en una zona de rift. (Alulima, 2015)

✓ **Formación San José (Mioceno Medio - 13,5 ± 1,2 y 13,1 ± 1,8 Ma).**



Hungerbühler (1997) la redefine como la secuencia baja del relleno sedimentario de la cuenca de Malacatos-Vilcabamba. La litología presente en la base consiste en feldespatos, limolitas, brechas volcánicas con intercalaciones de conglomerados y areniscas con una matriz latarenítica. La parte media está formada por areniscas calcáreas, brechas bioclásticas, lutita bioturbadas y nódulos calcáreos de diversos espesores. Las areniscas y calizas calcáreas son ricas en elementos fosilíferos. Las formaciones de arenisca presentan una potencia mayor a 1 metro, algunas contienen conglomerados con clastos de rígen metamórfico y volcánico. En el bloque La Granja existen algunas formaciones que tienen basamentos erosionales, además se muestran varios intercalados volcánicos que contienen toba rica en cristales verdes y pedregosos, así como clastos piroclásticos y metamórficos. (Solís , Tobar, Coronel, & León, 2020).

Ambiente deposicional: El fondo tiene una secuencia fluvial distinta que pasa a un ambiente de frente deltaico proximal con múltiples episodios erosivos y deposición intermitentes en varios periodos de actividad mareal.

Espesor: En el Bloque La Merced un máximo de 150 m y en el bloque La Granja los 200 m. (Solís , Tobar, Coronel, & León, 2020).

✓ **Formación Santo Domingo (Mioceno Medio-Superior - $14,6 \pm 1,8$ y $12,0 \pm 1,2$ Ma).**

El autor Hungerbühler (1997) la redefine subdividiéndola en dos miembros:

El Miembro Yeso, el cual está comprendido por secuencias lutíticas de color “chocolate” que alternan cíclicamente con limos de coloración más clara y niveles aislados de areniscas y micro conglomerados, en menor medida afloran niveles calcáreos con elementos fosilíferos; Se caracteriza principalmente por la presencia de capas de yeso, nódulos lutíticos y carbonatados con envolturas de yeso fibroso.

El miembro carbón presenta una repetición de lutitas negras, limolitas y pequeños intervalos de arenisca. Se han conservado ciertos niveles de tufitas. El carbón se presenta en estado de turba-lignito, pero no tiene importancia económica relevante.

Ambiente de deposición: Los sedimentos se depositan en llanuras mareales que han estado crónicamente expuestas a condiciones secas (Mb. yeso) y pantanosas (Mb. carbón). Además de las entradas esporádicas del mar.

Espesor: 600 m aproximadamente en el bloque la merced; y 200 m en el bloque la granja. (Solís , Tobar, Coronel, & León, 2020).



✓ **Formación San Francisco (Mioceno Superior- $12,6 \pm 2,6$ y $11,2 \pm 2,2$).**

Constituye la secuencia media–alta del relleno sedimentario de la cuenca Malacatos-Vilcabamba. Presenta una secuencia de limos y areniscas marrones y gris – azulados, interrumpidos por cuerpos canaliformes desarrollados por litarenitas y sublitarenitas de aporte metamórfico. En la secuencia alta de la formación predominan alternancias de areniscas y limolitas con cemento esparítico y paraconglomerados con bases erosivas. Al sur de la cuenca yace discordante sobre la Formación Quinara y al norte se infiere un contacto transicional con la subyacente Formación Santo Domingo.

Ambiente de depositación: La deposición ocurre en un sistema estuarino de marea transgresivo-regresivo y cambia gradualmente a fases fluvial-aluviales, con basamento erosionado y lentes de areniscas entrecruzadas preservadas en la parte superior. Las grietas de desecación indican que esta secuencia fue depositada en una zona marginal estuarina.

Espesor: Alcanza un máximo de 300 m en el bloque la merced y 250 m en el bloque la granja. (Solís , Tobar, Coronel, & León, 2020).

✓ **Formación Cerro Mandango (Mioceno Superior $8,0 \pm 1,0$ y $7,7 \pm 0,8$ Ma).**

Definida por Kennerley (1973) como la unidad más joven de la cuenca Malacatos-Vilcabamba. Dominada por la presencia de ortoconglomerados masivos mal clasificados, presenta clastos metamórficos subangulares a subredondeados de varios tamaños, areniscas de grano grueso y lutitas con base horizontal. Se infiere una gran secuencia granocreciente con presencia de intercalaciones tobáceas, se presentan bases y techos planos con superficies altamente erosionadas.

Ambiente deposicional: El sistema deposicional está dominado por aluviones y flujos de agua, lo que demuestra que el ambiente deposicional continental está dominado por abanicos aluviales que se mueven de sur a norte (Hungerbühler et al., 2002).

Espesor: Al sur de Vilcabamba alcanza los 450 m de espesor, cuya potencia disminuye rápidamente y se vuelve menos continua hacia el norte. (Solís , Tobar, Coronel, & León, 2020).

✓ **Depósitos Coluvio-Aluviales (Cuaternario).**

Los depósitos coluviales se encuentran formados por material poco consolidado con componentes de las fuentes metamórficas y/o volcánicas, mientras que los depósitos aluviales se encuentran en los márgenes de los ríos Solanda, Malacatos y en el sector de Quinara, formados por material poco consolidado con cantos y bloques de origen metamórfico y volcánico. (Alulima, 2015)

En la tabla 5, se presenta la síntesis litoestratigráfica de la cuenca Malacatos – Vilcabamba en la que se determina la edad de las formaciones geológicas del área de estudio.



Tabla 5. Síntesis litoestratigráfica de la cuenca Malacatos – Vilcabamba

		Edad	Kennerley (1973)	Kennerley y Almeida (1975)	Hungerbühler (1997)	Corrochano (2014)
Relleno Sedimentario	Mioceno	Ta	Cerro Mandango	Quillollaco	Cerro Mandango	Cerro Mandango San Francisco
		M	Cabalera	San Cayetano	Santo Domingo	Santo Domingo
			Algarrobillito	Trigal	San José	San José
		Te			Quinara	Quinara
Basamento	Oligoceno	Loma Blanca	Loma Blanca	Loma Blanca	Loma Blanca	
	Eoceno					
	Paleoceno					
	Cretácico					
	Pre - Cretácico	Zamora	Zamora	Tres Lagunas	Tres Lagunas	
				Chigüinda	Chigüinda	

Nota. Obtenido de Alulima, (2015)

En la Figura 23 se representa la columna estratigráfica de las Formaciones del Mioceno medio a tardío de cuenca sedimentaria de Malacatos-Vilcabamba. Tomado de Hungerbühler (1997).

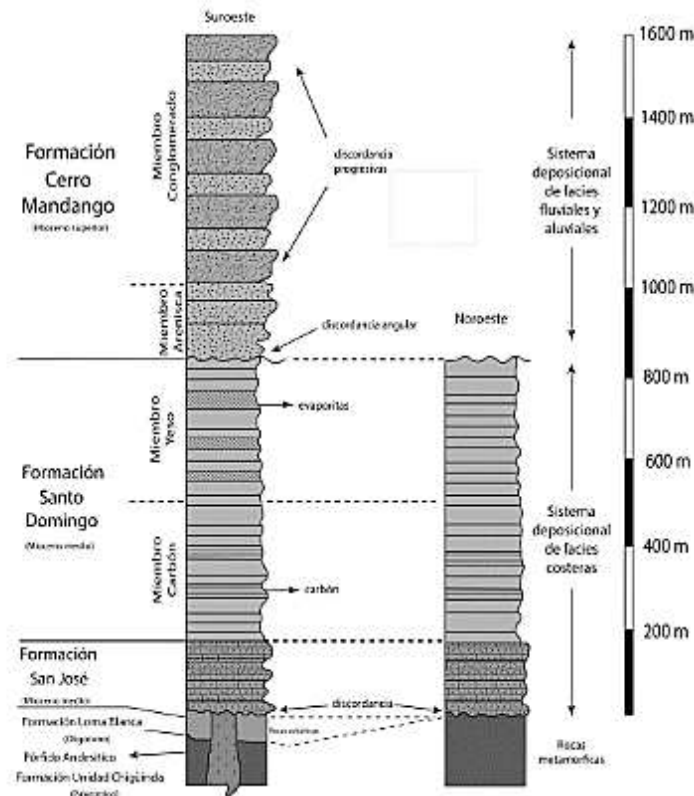


Figura 23. Columna estratigráfica de la cuenca sedimentaria Malacatos-Vilcabamba

Nota. Obtenido de Chamba, (2019), adaptado de Hungerbühler (1997)

En la Figura 24, se muestra la geología regional enmarcado en rojo el área de Estudio.

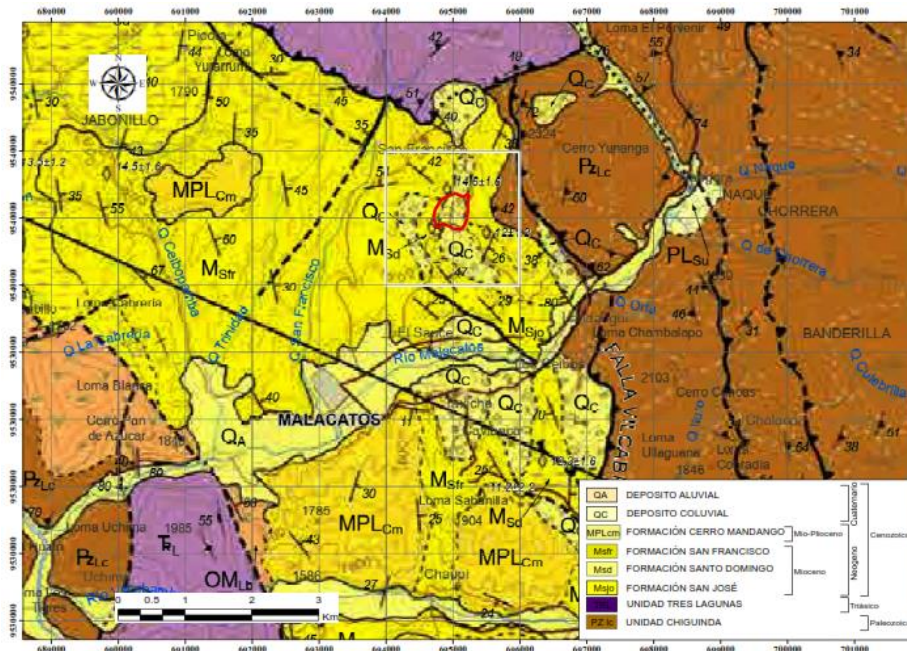


Figura 24. Geología Regional de la Zona de estudio

Nota. Obtenido de Hoja geológica de Gonzanamá, Hoja 57, N VII-B (2017)-Modificado por el Autor, (2024)

5.5 Materiales

Para el desarrollo de la presente investigación se hizo el uso de varios equipos materiales, los cuales constituyen recursos físicos que son indispensables para el cumplimiento de los objetivos planteados. En función de su aplicabilidad se clasifican en materiales de campo y oficina, expuestos en la tabla 6.

Tabla 6. Materiales y equipos a utilizar para desarrollar la investigación

Campo	Laboratorio	Oficina
Dron (Phanton 4 Pro V2.0)	Equipo de casa grande	Computador
GPS diferencial (Emlid Reach Rs+)	Estufa	Software
Brújula tipo Brunton		Software y herramientas GIS
Equipo SPT		Microsoft Office 2013
Equipo medidor de resistividad eléctrica		Google Earth Google Maps
Materiales		
Rayador de campo	Equipo de casa grande	Fotografías aéreas
Lápices de colores	Ranurador	Hojas Geológicas
Cinta métrica (50m)	Capsulas	Cartas Topográficas
Martillo geológico	Tamices granulométricos	
Ácido clorhídrico		
Cámara fotográfica		
Flexómetro		
Lupa de bolsillo		
Barretas, palas, machete		
Cajas de sondeos geotécnicos		
Fundas herméticas		
Libreta y Fichas de campo		

Nota. Elaborado por el autor, 2024



5.6 Metodología para el primer objetivo.

“Realizar un diagnóstico de la situación actual del barrio Belén Bajo para definir el área de afectación directa”.

Para realizar el diagnóstico del área de estudio con la finalidad de conocer el estado actual de la misma se realizó un análisis de los resultados obtenidos concernientes a topografía, pendientes, geomorfología y uso de suelo, la descripción de estas variables conjuntamente con un análisis de campo permitió determinar las causas que generan los problemas de inestabilidad actual en los suelos del sector y los efectos que conllevan las mismas, A continuación se presenta un esquema de la metodología empleada, ver figura 25.

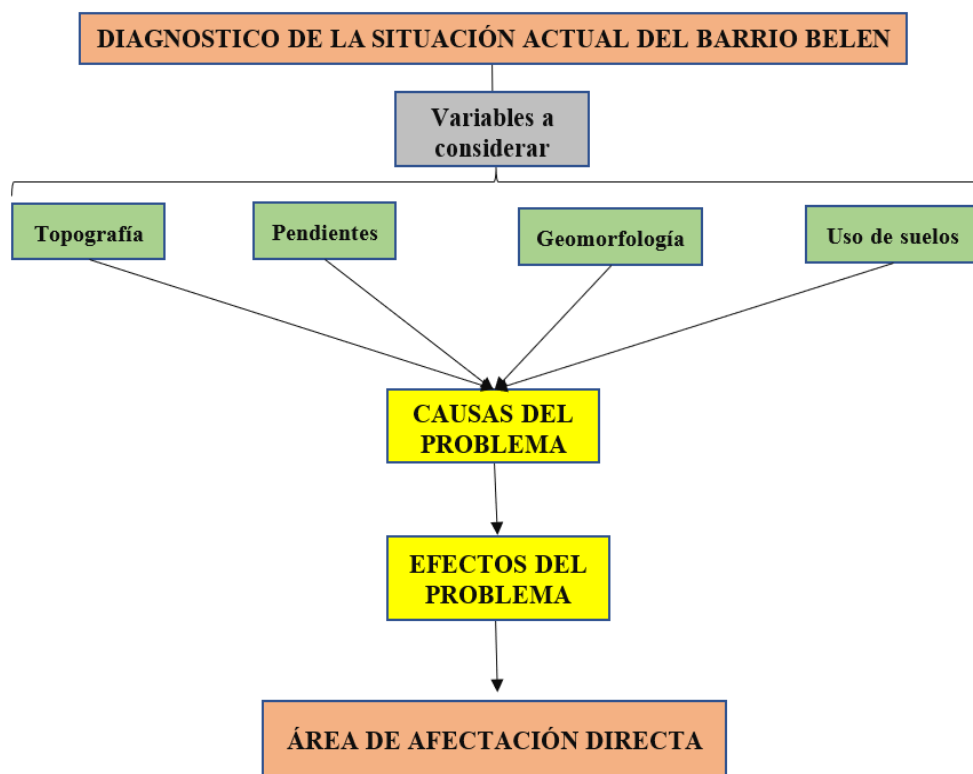


Figura 25. Esquema metodológico para determinar el área de afectación directa

Nota. Elaborado por el autor, 2024

A continuación, se detalla la metodología empleada para obtener los resultados concernientes a las variables de topografía, Pendientes, Geomorfología y Uso actual del suelo.

5.6.1 Topografía.

Trabajo de Campo.

Definido el polígono de estudio el cual cubre un área de 21.24 Ha, se procedió a realizar el levantamiento topográfico con la ayuda de un vehículo aéreo no tripulado “UAV”, (PHANTON 4PRO V2.0), el cual cuenta con una cámara fotográfica 4K de alta resolución y un GPS integrado, al realizar el vuelo se obtuvo un set de fotografías aéreas con geolocalización del área de estudio.



Se inició el levantamiento con la ubicación de 10 puntos de apoyo y control terrestre con el GPS diferencial (Emlid Reach RS+), la base del GPS fue ubicada en una de las partes más altas del área con la finalidad de receptor la mayor cantidad de señal satelital, se ubicó en las coordenadas UTM/WGS84/17S (X: 695302.2069 Y: 9536019.22 Z: 1774.0295).



Figura 26. GPS diferencial A) Punto Base-nivelación de trípode; B) Ubicación de la Base
Nota. Elaborado por el autor, 2024

Una vez estabilizada la base se procedió a ubicar 10 GCP distribuidos dentro del área, en los puntos se colocó mojones y cintas en forma de X, con el objetivo de ser claramente identificados en las fotografías tomadas por el UAV. Las coordenadas se tomaron con el ROVER del GPS diferencial por un tiempo de 20 minutos, marcando un error de precisión milimétrico. A continuación, se muestran las coordenadas de los puntos en la tabla 7.

Tabla 7. Coordenadas de los puntos GCP ubicados en campo

PUNTOS GCP	Este (X)	Norte (Y)	Altura (Z) msnm
GCP1	695223.5239	9536248.066	1752.5115
GCP2	695164.2719	9536288.674	1751.5115
GCP3	694995.9479	9536296.757	1738.1725
GCP4	695017.5769	9536179.403	1734.4155
GCP5	694931.968	9536010.078	1714.8353
GCP6	694835.1079	9536105.908	1710.2175
GCP7	694785.8619	9535976.931	1696.5295
GCP8	694922.9869	9535939.031	1707.0515
GCP9	695154.5163	9535877.17	1710.8562
GCP10	695122.6459	9536168.79	1733.8265

Nota. Elaborado por el autor, 2024

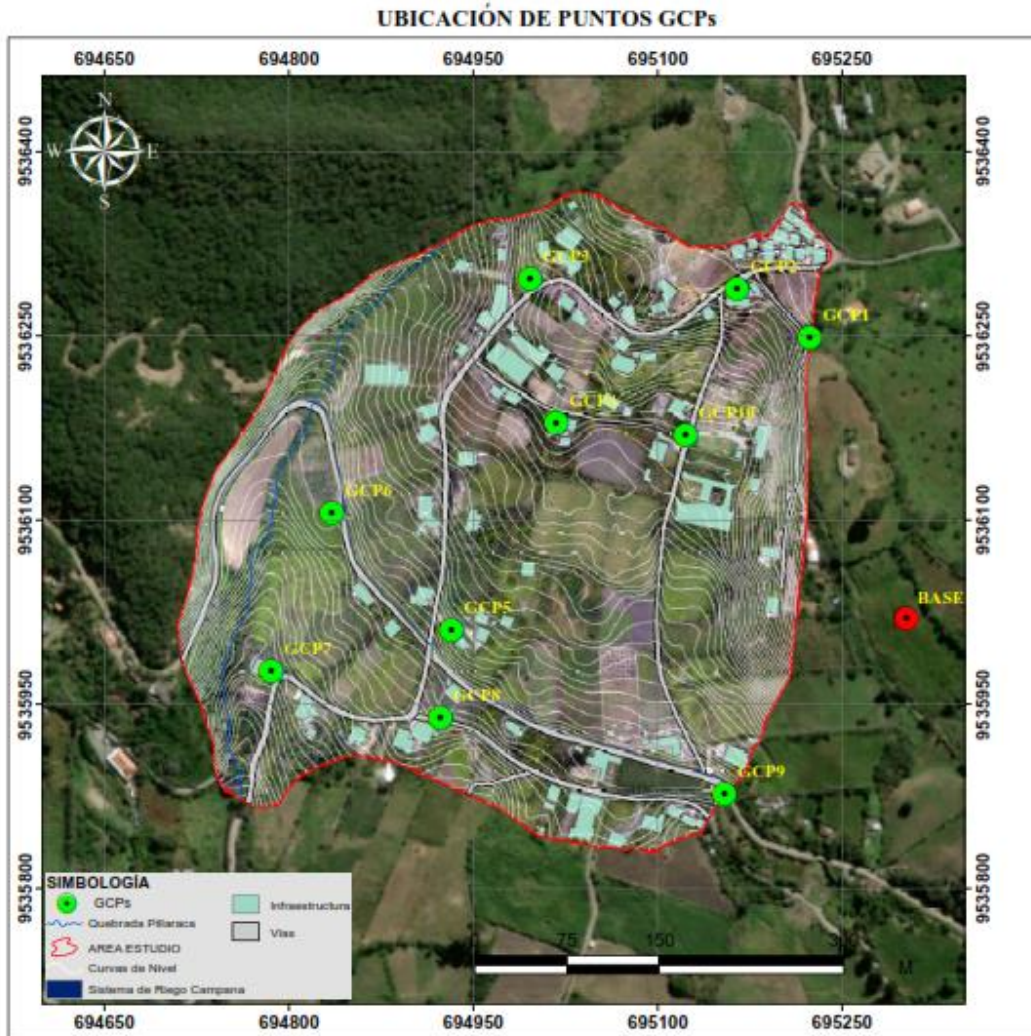


Figura 27. Distribución de los puntos GCP
Nota. Elaborado por el autor, 2024



Figura 28. Registro de puntos GCP dentro del área
Nota. Elaborado por el autor, 2024

La planificación del vuelo se lo realizó de forma autónoma utilizando la aplicación de libre acceso (Pix4Dcapture), abarcando una extensión adicional por fuera del área de estudio para el correcto traslape de las fotografías, el vuelo se realizó a 80 m de altura con un traslape del 70%.



Para lograr una alta presión del levantamiento, la base del GPS diferencial fue enlazada con la (RED GNSS DE MONITOREO CONTINUO DEL ECUADOR – **REGME**), para este caso particular con la estación GNSS LJEC- UTPL, siendo la más cercana al área de estudio. A continuación, se muestran las coordenadas en la figura 29.

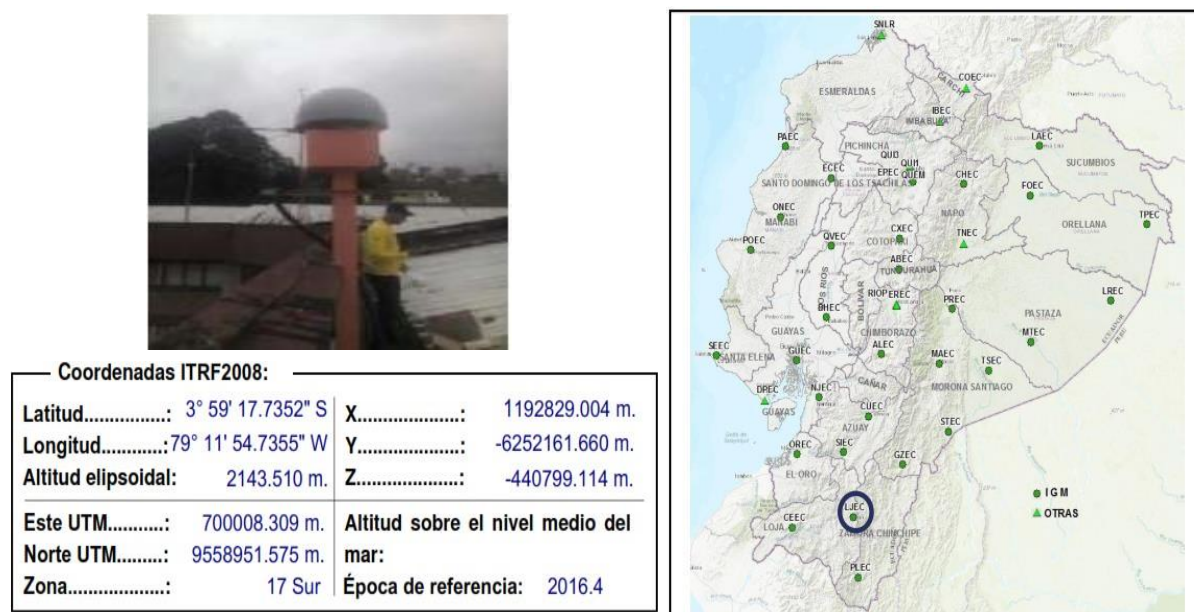


Figura 29. GNSS LJEC- UTPL

Nota. Obtenido de IGM, (2023)

Cabe mencionar que dentro de la zona de estudio se ubicaron 4 mojones de hormigón permanentes con la finalidad que puedan ser usados para futuros levantamientos topográficos dentro del área de estudio, dichas coordenadas tienen un error de precisión milimétrico. El informe de calidad de los puntos según “Leica Geosystems AG” con su respectiva ubicación dentro del área se muestran en el **Anexo 1**.

Trabajo de Gabinete

El post proceso de las fotografías tomadas en campo se lo ejecuto en el programa PIX4D, en donde como primer paso se generó un nuevo proyecto y se realizaron los 3 pasos correspondientes para obtener el DTM, ortomosaico y curvas de nivel. El primer paso (Procesamiento inicial) consiste en cargar al programa todas las fotografías tomadas en campo y georreferenciarlas con los puntos GCP en coordenadas UTM/WGS84/17S. El segundo paso (Nube de puntos y malla) consiste en generar la nube de puntos densa clasificada. El tercer paso (DSM, ortomosaico e índices) consiste en generar el DTM y el final, previo a esto debe depurar la vegetación, infraestructura y demás objetos obteniendo así el modelo digital de superficies DSM, posteriormente se generó las curvas de nivel a 1m en formato shapefile. El reporte de procesamiento de datos generado por el programa PIX4D se encuentra en el **Anexo 2**.



5.6.2 Pendientes.

El mapa de pendientes se confeccionó con el software “ArcGis 10.5”. Tomando como base las curvas de nivel y el polígono del área de estudio primeramente se genera un TIN (Triangle Regular Network o Red de Triangulación Regular), seguidamente se transforma el TIN a DEM (Modelo digital del terreno), en su orden mediante la herramienta spatial analyst tools/Surface/Slope se genera la pendiente, esta pendiente es reclasificada posteriormente en este caso en grados de acuerdo a la propuesta por el autor (DEMEK, 1972), el cual clasifica las pendientes en 6 tipos (Ver tabla 8).

Por último, el raster reclasificado se lo convierte a formato vector para así obtener el cálculo del área y porcentaje.

Tabla 8. Clasificación de las pendientes

Tipo de pendiente	Angulo de la pendiente (°)
Plano	0-2
Ligeramente inclinado	>2-5
Fuertemente inclinado	>5-15
Muy inclinado	>15-35
Empinado	>35-55
Vertical	55-90

Nota. Obtenido de DEMEK, (1972)

5.6.3 Uso actual del Suelo.

El mapa de uso actual del suelo se generó mediante una delimitación en campo con la toma de puntos, los cuales serían llevados al ArcGIS para generar los diferentes polígonos concernientes a cada tipo de uso de suelo, la ortofoto generada en el levantamiento topográfico cuyo tamaño de celda es de 0.04 x 0.04 m/pixel. Sirvió para contrastar mediante una fotointerpretación la delimitación con los puntos tomados en campo.

Para la clasificación de las áreas delimitadas se tomó como base la clasificación propuesta por el MAE–MAGAP (2015), donde define que la leyenda presentada ha sido construida en forma jerárquica, en donde los niveles I y II fueron generados dentro del convenio MEA-MAGAP-CLIRSEN, mientras que los niveles III fueron generados únicamente por MAGAP-CLIRSEN. A continuación, se presenta la clasificación publicada por el MAE-MAGAP, Ver tabla (9).



Tabla 9. Leyenda temática Nivel I, II Y III MAE-MAGAP-CLIRSEN - Cobertura y uso de la tierra, (2015)

Tipos de Uso de Suelo y Cobertura Vegetal			
Nr.	Nivel I	Nivel II	Nivel III
1	BOSQUE	Bosque Nativo	Bosque Nativo
		Bosque Forestal	Plantación Forestal de Eucalipto Plantación forestal de pino Plantación forestal de Eucalipto/pino Asociación Forestal Plantación talada
2	VEGETACIÓN ARBUSTIVA Y HERBÁCEA	Vegetación Arbustiva	Vegetación arbustiva
		Vegetación Herbácea	Vegetación herbácea
3	TIERRA AGROPECUARIA	Páramo	Pajonal Almohadilla o humedal
		Cultivos	Suelo cultivado Suelo arado
		Pastizales	Pasto con manejo Pasto degradado Lago o laguna
4	AGUA	Cuerpos de Agua	Reservorio Embalse
		Cursos de Agua	Ríos Quebradas Canal de Riego
		Vegetación lacustre	Totora Lechuguín
		Afloramiento rocoso	Afloramiento rocoso
5	ERIAL	Áreas sin cobertura vegetal	Suelos Erosionados Suelos Descubiertos
		Área poblada	Área poblada
6	ZONAS ANTRÓPICAS	Vías	Vías Senderos
		Infraestructura	Estructuras diversas
7	OTRAS COBERTURAS	Área quemada	Área quemada
		Cubierta humo	Cubierta humo
8	SIN INFORMACIÓN	Nubes	Nubes
		Sombra	Sombra
		Sin Información	Sin Información

Nota. Obtenido de MAE-MAGAP, (2015)

5.6.4 Geomorfología.

Para la elaboración del mapa geomorfológico se empleó la fotointerpretación y el Modelo digital de elevación (DEM). A partir del DEM se generó el mapa de sombras, con un tamaño de pixel de 0.2 m, para ello se usó las herramientas GIS Spatial Analyst Tools-Surface-Hillshade, el cual sirvió como base inicial para la elaboración del mapa geomorfológico.

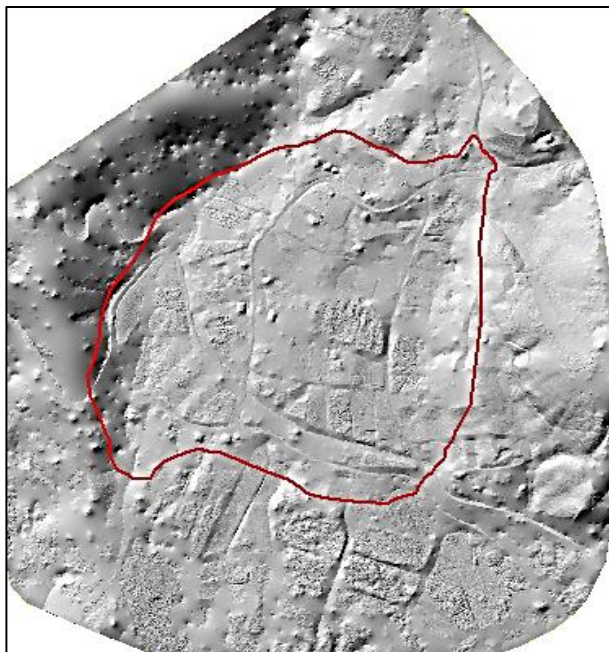


Figura 30. Hillshade del área de estudio
Nota. Elaborado por el autor, 2024

Para un análisis más completo, en el software tipo SIG se usó las herramientas topográficas para generar un modelo TIP (Topographic Index Position), que permite identificar la porción geográfica de una determinada área ya que genera líneas de quiebre y curvaturas las cuales facilitan el reconocimiento geográfico de las geoformas.

Mediante el Catálogo descriptivo de objetos geomorfológicos del Ecuador escala 1:25000, del año 2015 se recopiló información de apoyo, que, en conjunto con el mapa de sombras y la corroboración de las geoformas en campo, se procedió a generar la fotointerpretación de las geoformas a escala 1:2250, las cuales fueron obtenidas considerando las categorías de unidad genética, unidad geomorfológica, pendiente y desnivel relativo. Lo cual se lo ejecuto en el software ARGIS 10.5.

Finalmente se generó el mapa geomorfológico de la zona de estudio obteniendo un sahafíle con los atributos de: unidad genética, unidad geomorfológica, pendiente, desnivel relativo, área y porcentaje. La representación cartográfica se llevó a cabo mediante los colores y simbología indicada en el “Catálogo descriptivo de objetos geomorfológicos del Ecuador: GEOFORMAS SEGÚN GRUPOS GENÉTICOS Versión 06- 23 de febrero de 2015.”

En la figura 31, se muestra el esquema metodológico empleado para la elaboración del mapa geomorfológico de la zona de estudio.

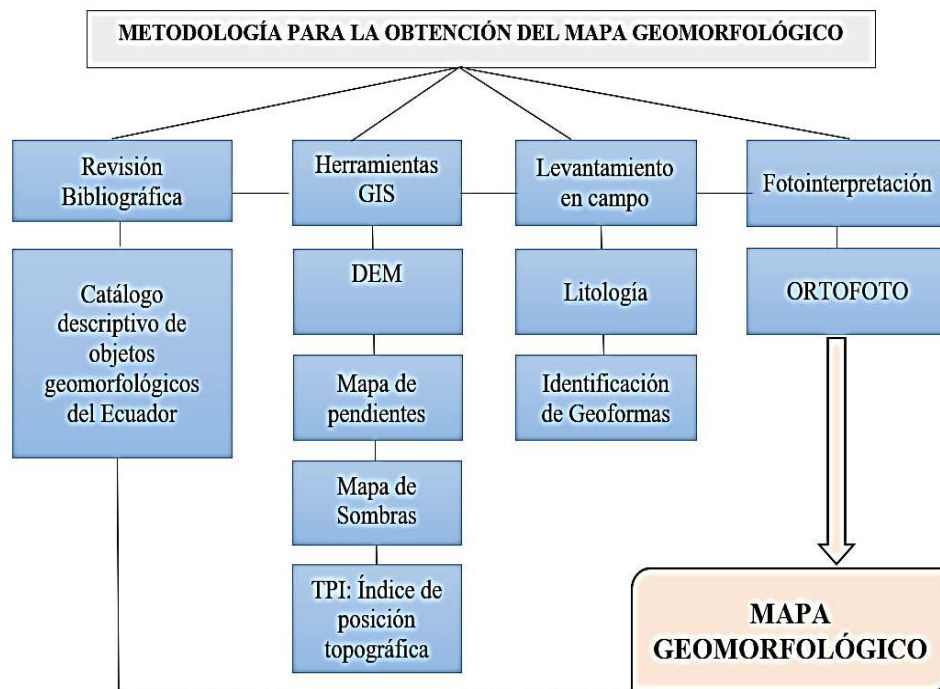


Figura 31. Esquema metodológico empleado para la generación del mapa geomorfológico
Nota. Elaborado por el autor, 2024

5.7 Metodología para el segundo Objetivo

“Levantar las unidades geológicas y estructurales del área de influencia directa”

Trabajo de gabinete

La geología regional del área de estudio fue obtenida a través de la hoja geológica 57, N VII-B (Gonzanamá) a escala 1:100000, que abarca el área de estudio, además se revisó estudios cercanos al área para corroborar la información y así obtener información de las principales estructuras y unidades litológicas.

Trabajo de campo

El trabajo de campo se realizó mediante una descripción “in situ” de los afloramientos tanto naturales como artificiales mediante una observación directa, estos fueron identificados dentro del área de estudio, a través de caminos, quebradas y senderos, de esta forma se obtuvo la geología del sector especialmente en las zonas donde se identificó la presencia de afloramientos (Flanco este y oeste del área), mientras que para la parte central del área fue necesario realizar calicatas geológicas tras la ausencia de afloramientos. A su vez se tomaron los datos estructurales como potencias, rumbo, buzamiento, dirección de buzamiento, además de contactos, pliegues, fallas y otras características necesarias para la confección del mapa geológico. Para ello se utilizó el martillo geológico, brújula tipo Brunton, ácido clorhídrico al 7%, lupa de bolsillo y fundas para la toma de muestras. El levantamiento de información en campo se lo realizó en las fichas técnicas tanto para descripción de afloramientos y calicatas (Ver tabla 10 y 11).



Figura 32. A) Descripción de Afloramientos; B) Toma de datos estructurales

Nota. Elaborado por el autor, 2024

Tabla 10. Ficha técnica para descripción de Afloramientos

  Universidad Nacional de Loja		<i>Caracterización geológica-geotécnica del barrio Belén bajo, parroquia Malacatos, cantón y provincia de Loja</i>			
Código del afloramiento:			Perfil litológico del afloramiento		
Responsable:			Tipo de Afloramiento		
Provincia			Cobertura vegetal		
Cantón			Estado de meteorización		
Sector			Angulo de inclinación		
COORDENADAS UTM-DATUM WGS84			Formación geológica		
X:	Y:	Z:	Datos estructurales		
Dimensiones	Ancho	Alto	Rumbo		
			Buzamiento		
Fecha:			D. de Buzamiento		
Nro. De Capas	Génesis	Litología			
Descripción Litológica					
Fotografía					
Observaciones					

Nota. Elaborado por el autor, 2024



Figura 33. A) Excavación de calicatas; B) Levantamiento de información de las calicatas
Nota. Elaborado por el autor, 2024

Tabla 11. Ficha técnica para descripción de Afloramientos

  Universidad Nacional de Loja		<i>Caracterización geológica-geotécnica del barrio Belén bajo, parroquia Malacatos, cantón y provincia de Loja</i>		
Código de la calicata		COORDENADAS		
Responsable		X	Y	Z
Sector				
Dimensiones:	Ancho:	Largo:	Presencia de Nivel Freático:	
Profundidad	DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA			
Registro Fotográfico		Columna Estratigráfica		
OBSERVACIONES:				

Nota. Elaborado por el autor, 2024

El levantamiento geológico de la zona de estudio permitió conocer la estratigrafía local, geometría, orientación de los estratos y contactos litológicos, se lo obtuvo a partir de la descripción de 8 afloramientos y 7 calicatas, detallados con las fichas técnicas para el levantamiento de campo (**Ver Anexo 3**), los afloramientos presentes dentro del área de estudio nos permitieron determinar la litología y contactos presentes en los flancos Este y Oeste de la zona de estudio, mientras que la parte central del área al carecer de afloramientos la litología fue obtenida a través de las calicatas, tomando los elementos de yacencia presentes en los



afloramientos y calicatas finalmente se pudo analizar e identificar las diferentes unidades litológicas de la zona. La distribución y ubicación geográfica de los afloramientos y calicatas se muestran a continuación en la figura 34 y tabla 12.

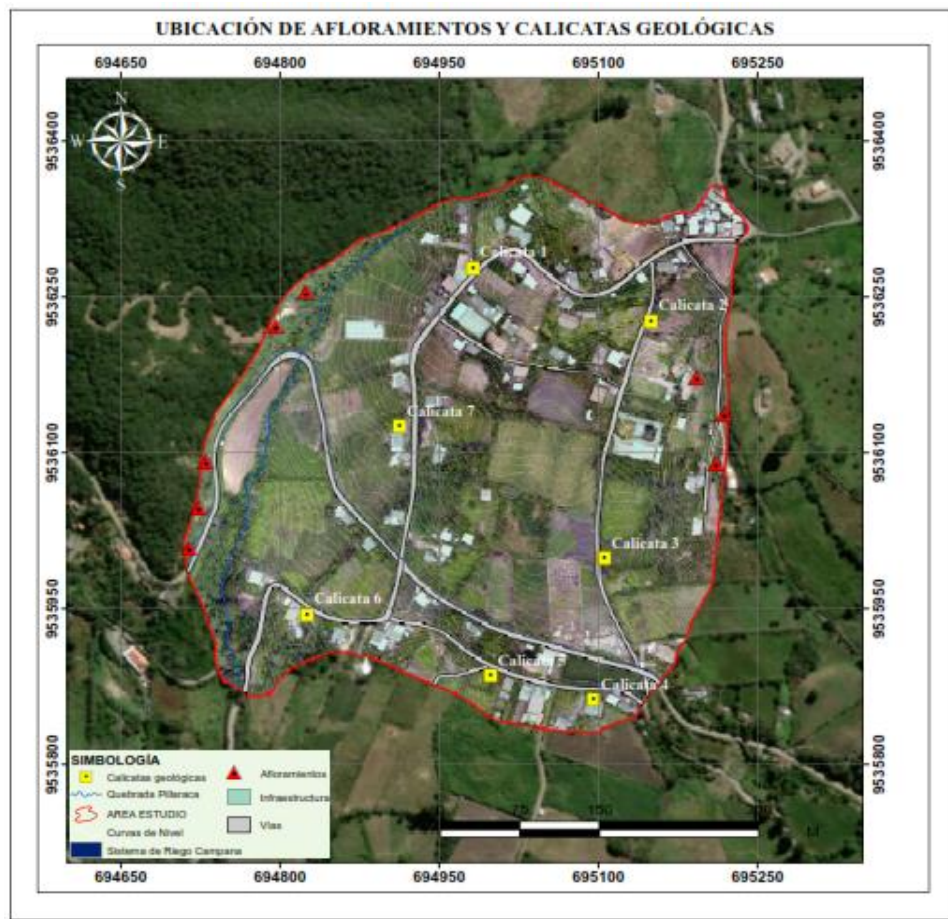


Figura 34. Ubicación geográfica de afloramientos y calicatas

Nota. Elaborado por el autor, 2024

Tabla 12. Coordenadas de afloramientos y calicatas geológicas UTM/WGS84/17S

Afloramientos	X	Y	Z (msnm)
Afloramiento 1	694714.24	9536007.48	1712.38
Afloramiento 2	694723.21	9536047.29	1717.19
Afloramiento 3	694729.94	9536091.58	1713.31
Afloramiento 4	694824.13	9536254.17	1718.45
Afloramiento 5	694796.10	9536221.65	1718.54
Afloramiento 6	695192.34	9536172.49	1739.70
Afloramiento 7	695218.43	9536136.39	1755
Afloramiento 8	695210.54	9536089.37	1748.80
Calicatas Geológicas	X	Y	Z (msnm)
Calicata 1	694981.66	9536278.21	1735.79
Calicata 2	695149.74	9536226.71	1740.82
Calicata 3	695105.61	9535998.30	1720.47
Calicata 4	695095.68	9535862.40	1708.29
Calicata 5	694998.57	9535885.01	1707.14
Calicata 6	694825.34	9535944.51	1699.22
Calicata 7	694912.63	9536125.34	1720.63

Nota. Elaborado por el autor, 2024



5.8 Metodología para el Tercer Objetivo

“Realizar la caracterización geotécnica del área de estudio mediante métodos de exploración directa e indirecta”

5.8.1 Exploración Geotécnica.

5.8.1.1 Sondeo eléctrico vertical (SEVs).

Dentro del área de estudio se ejecutaron 5 ensayos en puntos estratégicos con el fin de obtener la mayor información posible sobre las condiciones geológicas e hidrogeológicas en profundidad (niveles freáticos), así como información de resistividad relacionada con la tabla de geo materiales lo cual permitió definir la litología. La ubicación geográfica de los SEV se muestra en la Figura 35 y la Tabla 13.

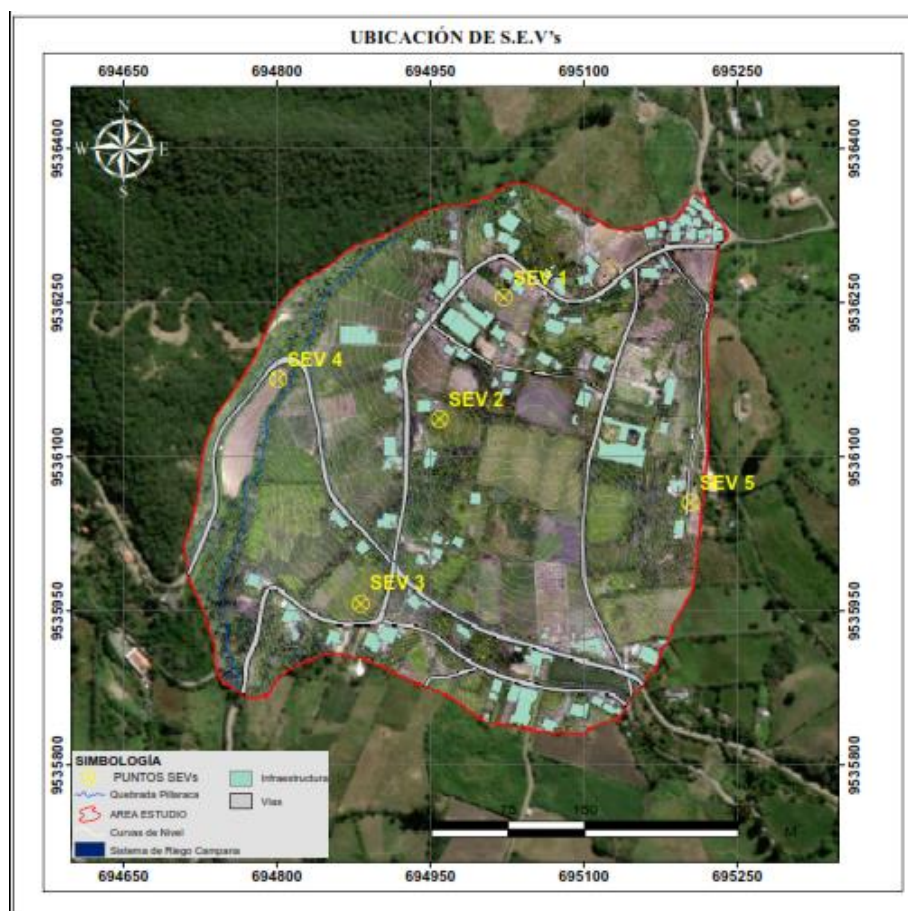


Figura 35. Distribución de los Sevs dentro del Área de estudio

Nota. Elaborado por el autor, 2024

Tabla 13. Ubicación geográfica de los SEVs

Ubicación de los SEVs Sondeos Eléctricos Verticales	Coordenadas UTM/WGS84/17S			Apertura (m) “AB/2”
	X	Y	Z	
SEV 1	695021.74	9536254.69	1740.81	50
SEV 2	694959	9536136	1725.62	150
SEV 3	694882	9535957	1706.14	100
SEV 4	694801	9536175	1710	150
SEV 5	695204	9536055	1744.75	100

Nota. Elaborado por el autor, 2024



Trabajo de campo

Para la obtención de datos de resistividades se contó con el equipo de geofísica marca ABEM modelo Terrameter SAS 4000, para la ejecución del ensayo se usó el arreglo Schlumberger, en el cual los electrodos se distribuyen sobre una misma línea donde se introduce corriente eléctrica al subsuelo desde la superficie por medio de dos electrodos de corriente A y B, y se mide la caída de potencial eléctrico con los electrodos de potencial M y N, los cuales deben estar alineados y lo más recto posible, aumentando sucesivamente la distancia entre ellos manteniendo un punto fijo central, (Ver figura 36). La ejecución de los ensayos se llevó a efecto colectivamente con la compañía ESTSUELCON CIA. LTDA.



Figura 36. A) Equipo de resistividad eléctrica SAS-4000; B) Lectura de datos Insitu
Nota. Elaborado por el autor, 2024

Trabajo de campo

- ✓ Colocar el equipo en el punto exacto donde se va a ejecutar el ensayo y revisar la configuración para el arreglo Schlumberger.
- ✓ Ubicar en el equipo los carretes A y B en C1 y C2, y M y N en P1 y P2 respectivamente.
- ✓ Ubicar los electrodos en las distancias establecidas en la ficha de campo.
- ✓ Anotar las resistividades obtenidas.

Los datos de las resistividades obtenidas se registraron en fichas de campo las cuales constan de la siguiente información (Ver tabla 14), a la izquierda en la columna 1 se muestra la abertura $AB/2$, la columna 2 muestra la abertura $MN/2$, y la columna 3 muestra el coeficiente del dispositivo en este caso del arreglo Schulumberger que relaciona las distancias AB y MN , la columna 4 muestra la resistividad que es el valor del cociente $\Delta V / I$, y la última columna muestra la resistividad aparente la cual resulta del producto entre la columna 3 y 4, como se muestra en la siguiente formula:



$$\rho_a = K (\Delta V / I)$$

Donde:

ρ_a : resistividad aparente ($\Omega\text{m.m}$)

K : coeficiente del dispositivo schlumberger (m)

ΔV : diferencia de potencial en milivoltios (mv)

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

Tabla 14. Ficha para levantamiento de datos en campo

AB/2	MN	K	$\Delta V / I$	ρ_a
1	0.5	2.4		
1.5	0.5	6.28		
2	0.5	11.78		
2.5	0.5	18.85		
2.5	1	8.25		
3	0.5	27.5		
3	1	12.6		
5	1	37.7		
7	1	75.4		
10	1	155.5		
10	1.5	58.9		
15	1	351.9		
15	2.5	137.4		
20	2.5	247.4		
20	10	47.1		
30	2.5	561.6		
30	10	125.7		
40	10	235.6		
50	10	377		
70	10	754		
100	10	1555.1		
150	10	3518.6		
200	10	6267.5		

Nota. Elaborado por el autor, 2024

El procesamiento de los datos se inició en campo con el cálculo de la resistividad aparente, y la elaboración de la curva resistividad-distancia sobre la hoja logarítmico para el levantamiento de campo, en donde las resistividades aparentes se ubican en la ordenas (eje Y) y las distancias en las abscisas (Eje X), en resultado obtenido se denomina curva de SEV.

La resistividad obtenida no corresponde a una unidad litológica concreta, define al conjunto de materiales afectados, por el paso de la corriente y se denomina resistividad aparente (ρ_a), estas resistividades serán relacionadas con tablas de geo materiales como la expuesta en la Tabla 1.

Trabajo de Gabinete

El procesamiento de datos de resistividad aparente se lo realizo el software IPI2win, el cual efectuó la interpretación mediante las curvas patrón de resistividades aparentes, además la interpolación completa 2D de perfiles eléctricos de superficie.



5.8.1.2 Ensayo de penetración Estándar SPT.

En base al levantamiento geológico del área de estudio se realizaron 5 Ensayos de Penetración Estándar (S.P.T.), la ubicación de los mismos (Ver tabla 15), dependió de las unidades litológicas mapeadas de tal manera que alberguen cada una de estas con el fin de conocer y comparar las propiedades geotécnicas de cada unidad litológica. Los SPTs se ubicaron en los mismos puntos de los SEVs, con el objetivo de correlacionar la información obtenida en base a ambos métodos de exploración.

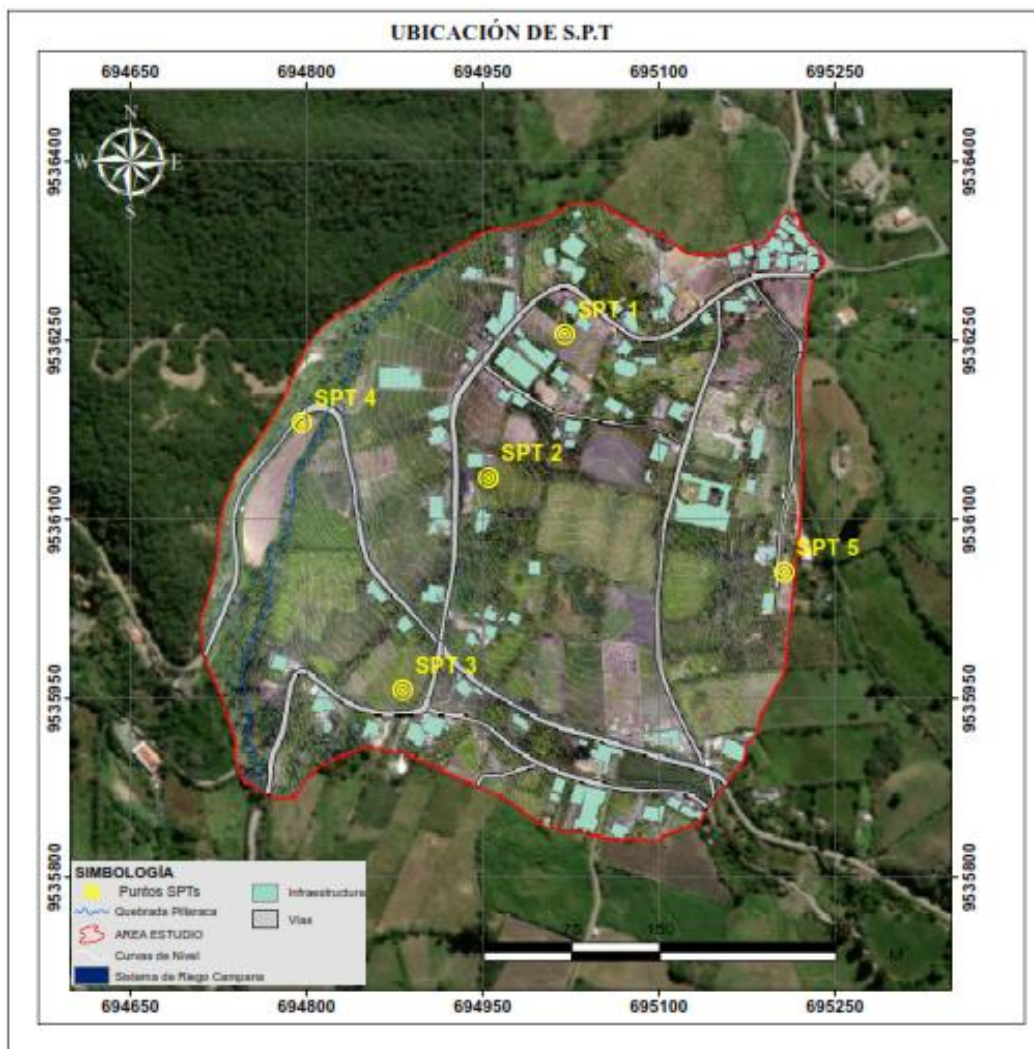


Figura 37. Distribución de los SPTs

Nota. Elaborado por el autor, 2024

Tabla 15. Ubicación geográfica de los SPTs

Ubicación de los SPTs Coordenadas UTM/WGS84/17S			
Sondeo de penetración Estándar	X	Y	Z
SPT 1	695020.13	9536255.17	1740.74
SPT 2	694955	9536135	1725.26
SPT 3	694882	9535957	1706.14
SPT 4	694796.15	9536181.11	1710
SPT 5	695207	9536056	1745.68

Nota. Elaborado por el autor, 2024



Trabajo de Campo

En base al levantamiento geológico del área de estudio se realizaron 5 Ensayos de Penetración Estándar (S.P.T.), la ubicación de los mismos dependió de las unidades litológicas levantadas de esta forma se ejecutó un sondeo por cada litología y así representen la mayor información del área en cuestión, además cabe mencionar que se situaron muy próximos a los puntos SEVs, con el fin de correlacionar la información obtenido por ambos métodos de exploración. Los equipos empleados para realizar los ensayos pertenecen a la compañía ESTSUELCON CIA. LTDA, en donde posteriormente se realizó el análisis de las muestras.



Figura 38. A) Ubicación del Equipo SPT; B) Etiquetado y toma de muestras
Nota. Elaborado por el autor, 2024

El ensayo del SPT se lo realizo de acuerdo a la norma ASTM - D1586, en campo se procedió a ubicar el equipo SPT, en donde mediante una perforación a percusión se hincó sobre el terreno un toma – muestras de 45 cm de longitud, posteriormente se cuenta el número de golpes que se ha introducido cada de segmento de 15 cm, para el hincado es necesario considerar las especificaciones recomendadas y estandarizadas para dicho ensayo como se puede ver en la figura 39 de esta manera se obtiene un valor N_{SPT} que es equivalente a la resistencia a la penetración y este se puede correlacionar con parámetros geotécnicos.

Motor	Potencia: 6 – 8 HP	Cuerda	Grosor: 2"
Martillo	Peso: 63,5 Kg	Tubería	Altura: 1520 mm
	Altura de caída: 76,2 cm		(W: 9,1 Kg.)
			Tipo: (Φ_i : 34,9 mm)
			(Φ_e : 44,5 mm)
TOMA – MUESTRAS (ASTM D1586)			
Cabeza de Acoplamiento	Tubo partido: 550 mm		Zapata
175 mm	Φ interior: 35 mm	Φ exterior: 51 mm	75 mm

Figura 39. Datos técnicos estandarizados para el ensayo SPT.
Nota. Elaborado por el autor, 2024



Trabajo de Laboratorio

Las muestras se tomaron a cada metro de perforación las cuales son alteradas, cada muestra fue etiquetada y siguiendo una metodología estandarizada para su conservación fueron llevadas a laboratorio para ser analizadas, obteniendo de cada una de estas el contenido de humedad natural, granulometría y límites de a atterberg, bajo las normas ASTM que se especifican en la tabla 16 Para cada uno de ellos .así se obtuvieron los parámetros necesarios para realizar la clasificación de suelos mediante la normativa de clasificación de suelos SUCS.



Figura 40. A) Contenido de Humedad; B) Granulometría; C) límites de a atterberg

Nota. Elaborado por el autor, 2024

Tabla 16. Normas empleadas para cada ensayo

NORMAS	ENSAYOS DE LABORATORIO
ASTM D 2216-98	Humedad Natural
ASTM D 421-58	Granulometría
ASTM 423-66	Límite Líquido
ASTM 424-59	Límite Plástico

Nota. Elaborado por el autor, 2024

Con los resultados del laboratorio en concordancia con los resultados obtenidos en campo se pudo determinar parámetros como la compacidad relativa de la arena, y a la resistencia de los suelos cohesivos como se muestra en la Tabla 17 y 18.

Tabla 17. Compacidad relativa de la arena

Número de Golpes del SPT	Compacidad relativa
0-4	Muy suelta
5-10	Suelta
11-20	Firme
21-30	Muy Firme
31-50	Densa
Más de 50	Muy Densa

Nota. Obtenido de Aguilar (2013).



Tabla 18. Resistencia de los suelos cohesivos

Número de Golpes del SPT	Consistencia	Resistencia a la compresión simple en (Kg/cm ²)
<2	Muy Blanda	<0.25
2-4	Blanda	0.25-0.50
4-8	Media	0.50-1.00
8-15	Firme	1.00-2.00
15-30	Muy Firme	2.00-4.00
>30	Dura	>4.00

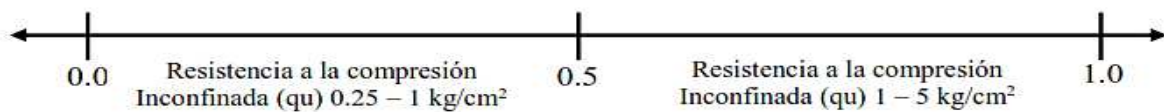
Nota. Obtenido de Aguilar (2013).

Los resultados de laboratorio además permitieron determinar otros parámetros geotécnicos como la consistencia relativa (CR), índice de liquidez (IL), así como también el cambio de volumen y potencial expansivo. Estos parámetros fueron obtenidos a través de las tablas y fórmulas que se presentan a continuación:

✓ **Consistencia Relativa (CR)**

Para determinar la firmeza y la solidez del suelo se usa la siguiente ecuación:

$$CR = \frac{LL - Wn}{IP}$$



Donde:

CR: consistencia relativa

LL: límite líquido

IP: índice de plasticidad

Wn: contenido de humedad

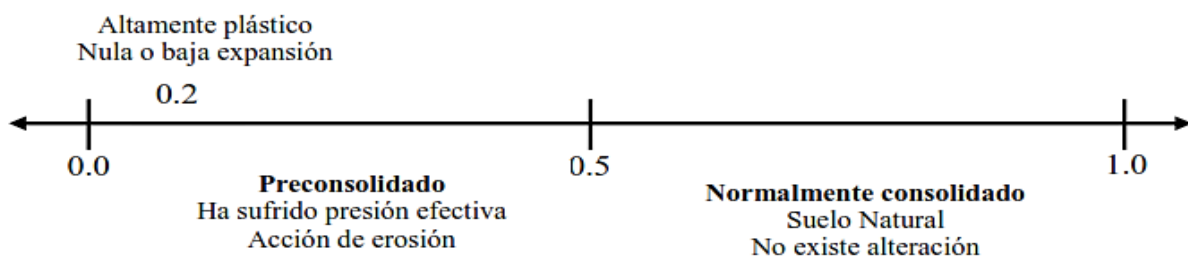
Tabla 19. Consistencia relativa del suelo

Intervalos	Descripción del Suelo
0.00-0.25	Suelo muy Blando
0.25-0.50	Suelo Blando
0.50-0.75	Suelo de consistencia media
0.75-1.00	Suelo de consistencia rígida

Nota. Obtenida de Vallejo (2002).

✓ **Índice de Liquidez (IL)**

El índice de liquidez permite evaluar el comportamiento plástico del sedimento (suelo) y comprender la historia de estrés a la que ha sido sometido el suelo. La evaluación del suelo se realiza utilizando los resultados del límite de Atterberg y la tabla de comparación como se muestra en la Tabla 20.





Donde:

IL: Índice de liquidez

W_n: Contenido de humedad

LP: Límite plástico

IP: Índice de plasticidad

$$IL = \frac{W_n - LP}{IP}$$

Tabla 20. Comportamiento del suelo en función del IL

IL	Comportamiento de Suelos
<0.00	Suelo en estado sólido a semisólido
0.00-1.00	Plástico (Arcillas Expansivas)
>1.00	Sensibles (En estado natural son estables, pero con cargas colapsan)

Nota. Obtenida de Vallejo (2002).

✓ Cambio de Volumen

Tabla 21. Criterios para determinar el cambio de volumen.

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

Nota. Obtenido de Holtz & Gibbs (2013).

✓ Potencial Expansivo

Tabla 22. Criterios para determinar el potencial expansivo.

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

Nota. Obtenido de Holtz & Gibbs (2013).

5.9 Mapa de Zonificación Geotécnica

Para la confección del mapa de zonificación geotécnica se considero la metodología propuesta por (Vallejo, 2002) en su libro Ingeniería Geológica “Capítulo 7-Mapas Geotécnicos”, para lo cual se utilizó los siguientes datos: Unidades geológicas y geomorfológicas, capacidad admisible del suelo (Kg/cm²); Clasificación de suelos bajo la normativa (S.U.CS); Pendientes, nivel de expansividad del suelo y niveles Freáticos.

El mapa se lo realizo dentro del software ArcGIS 10.5, como primer punto se generó un shapefile con la designación de puntos, en el cual dentro de la tabla de atributos se generó 8 campos, uno con las coordenadas geográficas de los SPTs; litología; Clase de suelo (SUCS); Capacidad admisible (Kg/cm²); Pendientes (grados); Nivel Freático; Área (Ha) y Porcentaje (%). De esta forma los parámetros considerados fueron interpolados siguiendo el siguiente proceso dentro del ArcGIS, abrir el ArcToolbox-Spatial Analyst tools, dentro de esta opción escogemos-Interpolación y por último seleccionamos la herramienta Kriging.



Los rangos de capacidad admisible (q_{adm}) del suelo en función del tipo de material utilizados para la confección del mapa se muestran en la tabla 23, propuesta por el autor (Guailas, 2014).

Tabla 23. Valores nominales de capacidad de carga para suelos y rocas

Grupo	Material	Resistencia a la penetración N	Rango de capacidad admisible (q_{adm})	
			KN/m ²	Kg/cm ²
Suelos Cohesivos	Suelos Duros	>30	>600	>6
	Suelos Muy firmes	15-30	300 – 600	3 - 6
	Suelos firmes	8-15	150 – 300	1.5 - 3
	Suelos medios	4-8	75 – 150	0.75 - 1.5
	Suelos Blandos	2-4	30 - 75	0.2 - 0.75
	Suelos muy blandos	<2	No se Aplica	No se Aplica

Nota. Guailas, (20014)-Adaptado de “Juares-Rico Rodríguez, 2005” (Fundamentos de la mecánica de suelos)



6 Resultados

6.1 Topografía

El levantamiento topográfico se obtuvo tomando como punto de inicio a las coordenadas UTM/WGS84/17S (X: 695302.2069 Y: 9536019.22 Z: 1774.0295), donde se ubicó la base del GPS diferencial.

Las curvas de nivel se categorizaron a 5 m las principales y a 1m las secundarias, el relieve del terreno es irregular con cotas que van desde los 1684 msnm (cota más baja), a 1762 (cota más alta), existiendo un desnivel de 78 m, el área levantada es de 21.24 Ha.

Con respecto a la cota más baja, se ubica en la parte sur del área de estudio donde se encuentran terrenos planos con pequeñas elevaciones, dirigiéndose hacia la parte norte se presentan terrenos planos con ligeras desniveles producto de los asentamientos humanos y zonas de cultivo a los que están destinados el mayor porcentaje de los suelos del sector como se observa en la Figura 41 A. Las elevaciones más altas corresponden a la zona Este y Oeste del área de estudio, como se muestra en la Figura 41 B.

En el mapa topográfico se consideró la infraestructura, red hídrica natural (quebradas) y antrópica (Sistema de riego Campana Malacatos), lagunas y caminos, además se puede apreciar las secciones de los perfiles topográficos. El mapa topográfico se generó a escala 1:2250 y se encuentra en el **Anexo 4**.

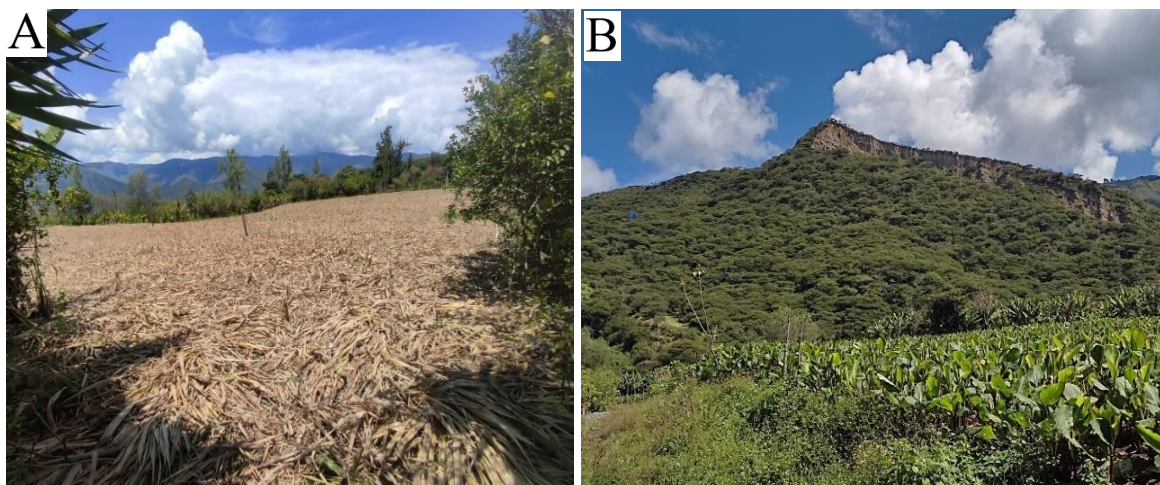


Figura 41. A) Terrenos presentes en las zonas más bajas; B) Terrenos presentes en las zonas más altas

A partir del mapa topográfico se realizaron 2 perfiles topográficos, una en forma transversal y otro longitudinal mismos que se detallan a continuación:

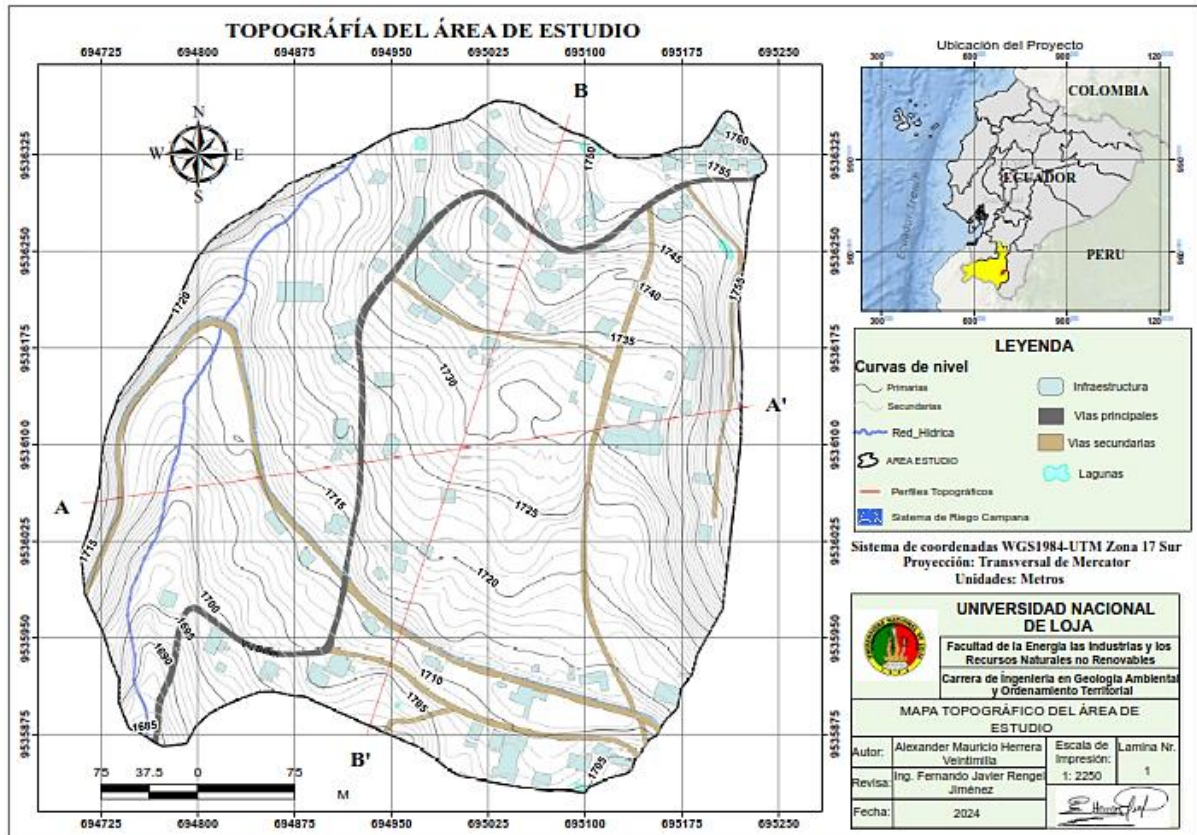


Figura 42. Mapa topográfico de la zona de estudio

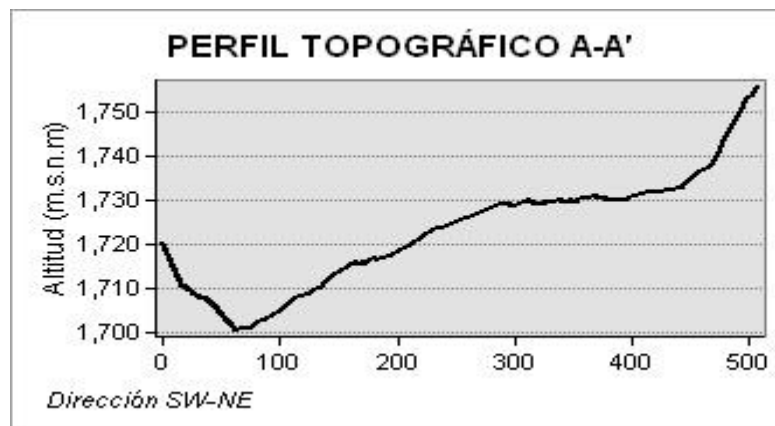


Figura 43. Perfil topográfico A-A”

En la figura 43 se muestra el Corte A – A”, realizado con una dirección de S-W a N-E, tiene una longitud de 506.25 m, teniendo como cota mínima una elevación de 1701 m.s.n.m, y una cota máxima de elevación de 1755 m.s.n.m, existiendo una diferencia de altura de 54 metros.

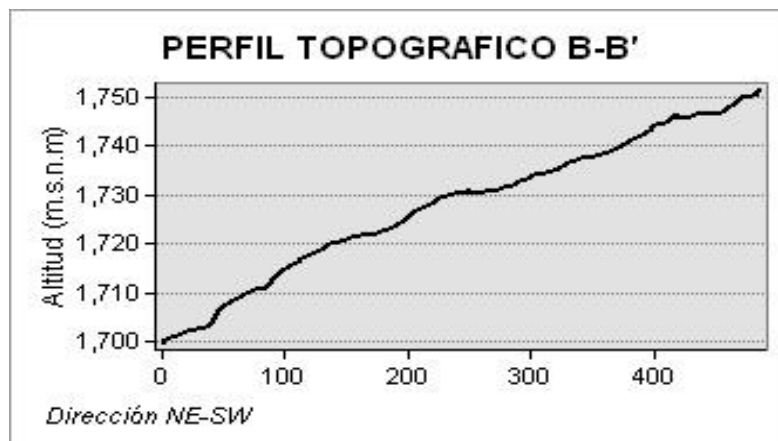


Figura 44. Perfil topográfico B-B”

En la figura 44 se muestra el Corte B – B”, realizado con una dirección de N-E a S-W, tiene una longitud de 488.25 m, teniendo como cota mínima una elevación de 1700 m.s.n.m, y una cota máxima de elevación de 1751 m.s.n.m, existiendo una diferencia de altura de 51 metros.

6.2 Pendientes

Las pendientes de la zona de estudio se calcularon a través del software “ArcGIS 10.5”, en base a la clasificación propuesta por DEMEK 1992, se obtuvo 5 clases de pendientes en grados las cuales van desde pendientes planas hasta pendientes empinadas, obtenido el mapa de pendientes se determinó el área y porcentaje correspondiente para cada categoría ver tabla 26. El mapa de pendientes se generó a escala 1:2250, el cual se encuentra en el **Anexo 5**.

Tabla 24. Rango de Pendientes

PENDIENTES			
Clasificación	Rango (°)	Área (Ha)	Porcentaje (%)
Pendientes Planas	0-2°	0.83	4.19
Pendientes Ligeramente Inclinadas	>2°-5°	3.69	18.48
Pendientes Fuertemente inclinadas	>5°-15°	13.17	65.96
Pendientes muy Inclinadas	>15°-35°	2.25	11.29
Pendientes Empinadas	>35°-39.42°	0.01	0.05
TOTAL		19.97	100

Correlacionando las pendientes obtenidas con el mapa topográfico se puede afirmar que los sectores donde predominan terrenos más escarpados y con mayor pendiente corresponden a los flancos izquierdo y derecho del área de estudio, de la misma manera en estas zonas hay predominio de vegetación natural arbórea y arbustiva.; los sectores donde hay pendientes más suaves y con ángulos menores se encuentran abarcando toda la parte central de zona de estudio.

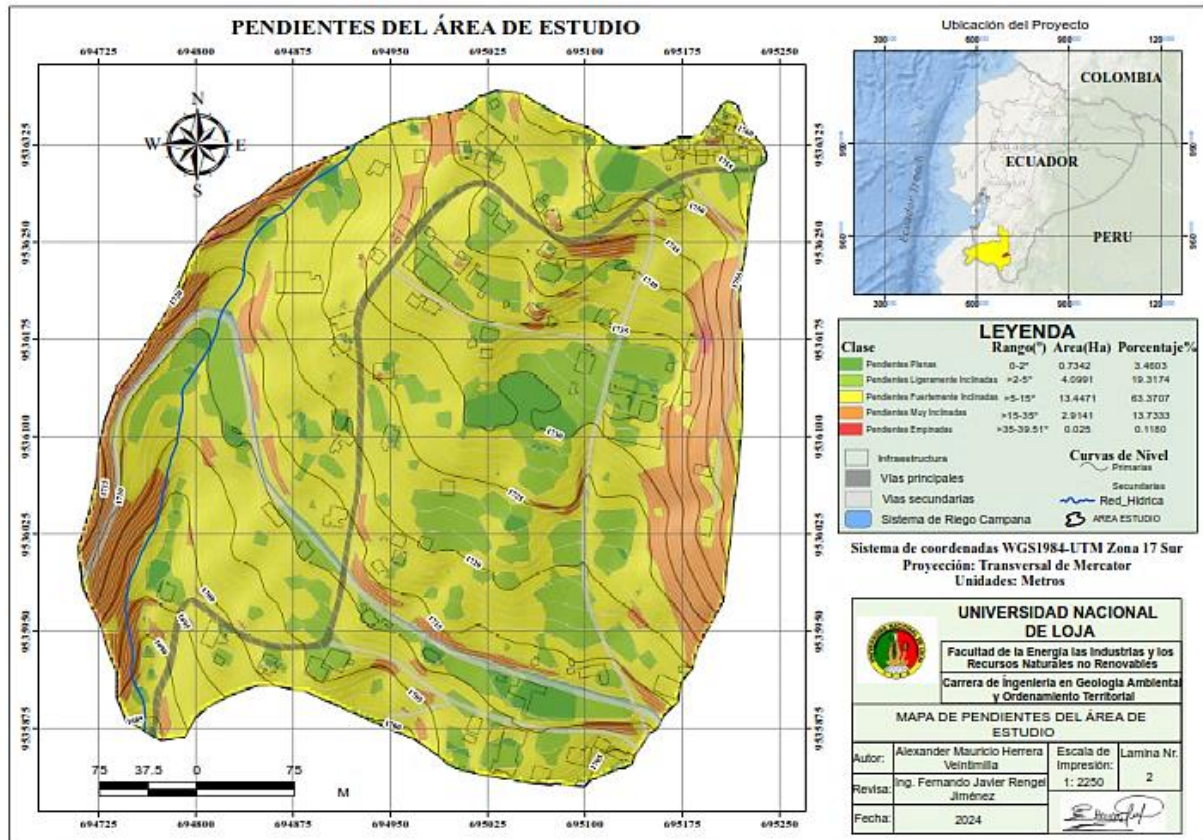


Figura 45. Pendientes del Área de estudio

6.3 Uso Actual del Suelo

Dentro del área de estudio se han determinado 5 usos de suelo comprendidas entre: vegetación arbustiva herbácea, tierra agropecuaria, cuerpos de agua, zonas antrópicas, y Erial (Áreas sin cobertura vegetal). El mapa de uso actual del suelo se encuentra en el **Anexo 6**.

✓ Vegetación Arbustiva y Herbácea

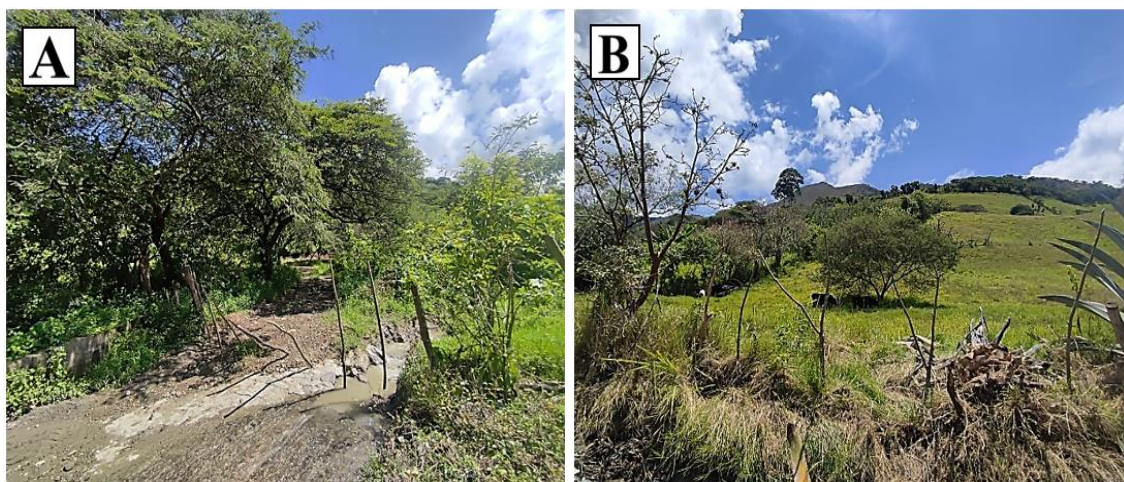


Figura 46. Vegetación herbácea y arbustiva

Caracterizado por una vegetación dominante que se desarrolla en forma natural y espontánea, abarca la presencia de árboles de diferentes especies nativas, que comprenden una



altura de entre 0.20 a 5 m de altura, fisonómicamente mantienen un verdor y humedad constante. La mayoría del área que cubren los pastizales se encuentran en un estado degradado es decir no son pastos de buena calidad, esta cobertura es utilizada para ganadería de baja escala.

La mayor presencia de esta clase se encuentra en la zona Oeste del área de estudio, mientras que el resto en pequeñas áreas distribuidas entro de toda el área. Este tipo de uso abarca un área de 2.5 Ha lo que corresponde a un 11.75 %.

✓ **Cuerpo de Agua**

Este tipo de uso se encuentra conformado principalmente por la quebrada Pillaraca la cual es la red hídrica principal que atraviesa dentro de la zona de estudio, la misma se encuentra en la parte Oeste del Área, un pequeño porcentaje es sumado por el Sistema de riego campana Malacatos y algunas lagunas artificiales usadas para irrigación de cultivos. Este tipo de uso abarca un área de 0.41 Ha lo que corresponde a un 1.93 %.



Figura 47. Cuerpo de Agua

✓ **Tierra Agropecuaria**

Este tipo de uso se caracteriza principalmente por cultivos agrícolas, el mismo abarca el mayor porcentaje dentro del área y se encuentra distribuido dentro de toda la zona de estudio. Dentro de los productos agrícolas se identificaron maíz, caña de azúcar artesanal, Guineo, Frejol Tomate y con mayor proporción la Achira. Este tipo de uso abarca un área de 13.77 Ha lo que corresponde a un 64.79 %.

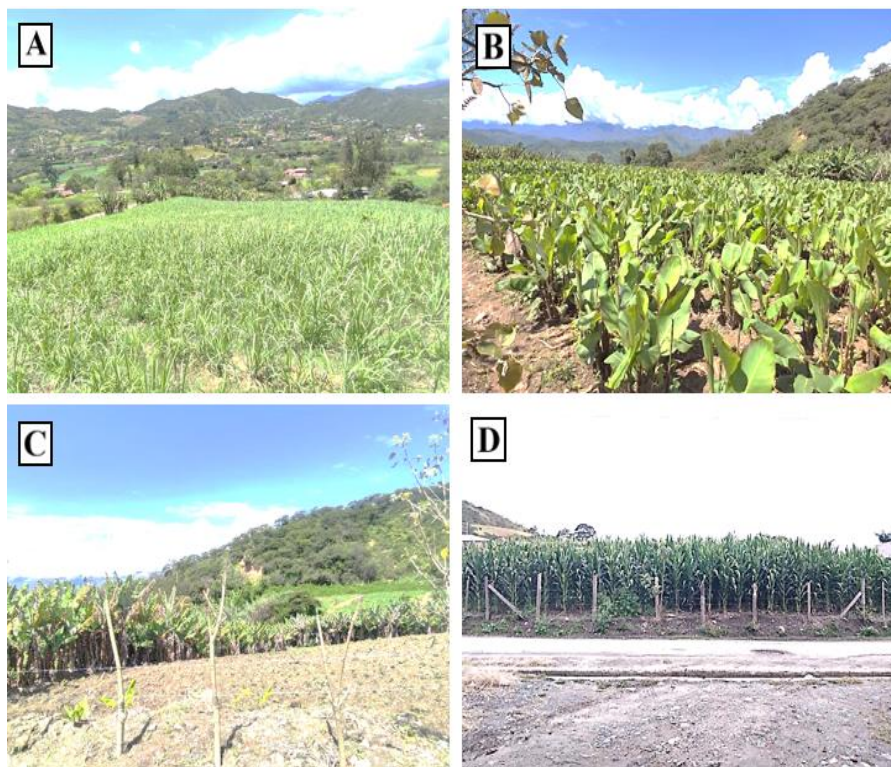


Figura 48. Tierra Agropecuaria

✓ Zona Antrópica

Representa los sectores con asentamientos humanos consolidados, principalmente las viviendas que se encuentran distribuidas dentro del área de estudio, así como también las vías la Capilla y escuela del Barrio Belén. Este tipo de uso abarca un área de 3.07 Ha lo que corresponde a un 14.46 %.



Figura 49. Zona antrópica

✓ Área sin cobertura vegetal

Comprende zonas que actualmente se encuentran libres de cobertura vegetal, convirtiéndose en un suelo descubierto propenso a la erosión. Este tipo de uso abarca un área de 1.49 Ha lo que corresponde a un 7.04 %.



Figura 50. Área sin cobertura vegetal

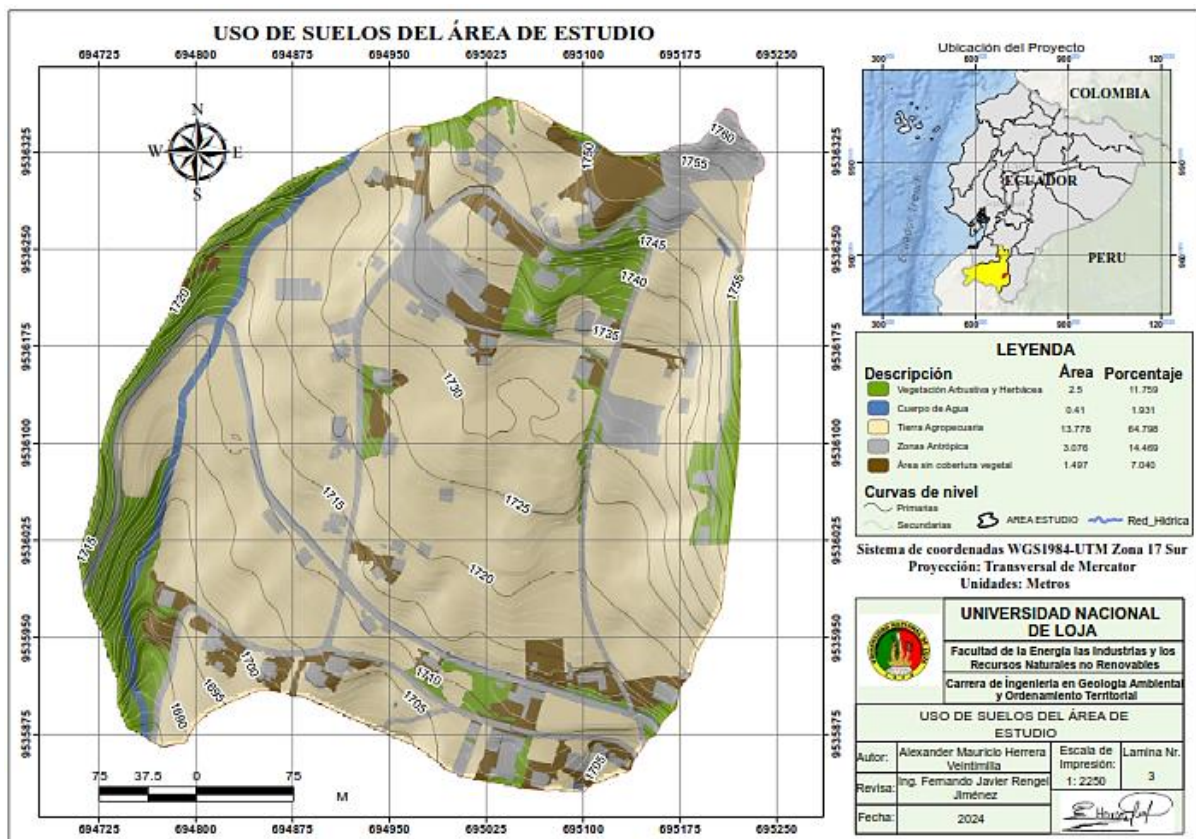


Figura 51. Uso de suelos del Área de estudio

En la tabla 27, se muestra los resultados obtenidos del Uso actual del suelo con su respectivo porcentaje, perímetro y área, en donde el más predominante es el uso de tierra agropecuaria con un 64.79 %, seguido del uso de zonas antrópica con un 14.46 %, al cual le sigue el uso de vegetación arbustiva y herbácea con un 11.75 %, seguidamente el uso de áreas sin cobertura vegetal con un 7.04%, y por último el uso de cuerpos de agua con un 1.93 %.



Tabla 25. Uso actual del Suelo

USO DE SUELOS			
Nombre	Área (Ha)	Perímetro (m)	Porcentaje (%)
Vegetación Arbustiva y Herbácea	2.5	5247.18	11.75
Cuerpos de agua	0.41	2680.94	1.93
Tierra agropecuaria	13.77	8735.41	64.79
Zonas Antrópica	3.07	9813.75	14.46
Área sin cobertura vegetal	1.49	4438.30	7.04

6.4 Geomorfología

En el área de estudio se determinaron 3 unidades geomorfológicas, las cuales fueron identificadas mediante fotointerpretación, en donde se identificó y separo sectores con diferentes formas de relieve para posteriormente corroborarlo con el levantamiento de campo. Para la confección del mapa geomorfológico a escala 1:2250, (**Ver Anexo 7**), se determinaron los parámetros de unidad genética (De acuerdo al catálogo descriptivo de objetos geomorfológicos del Ecuador, 2015), unidad geomorfológica, pendiente y desnivel relativo, así como también el área y porcentaje para cada de las geoformas encontradas.

Origen: Tectónico-Erosivo

✓ Relieve colinado medio

Se encuentra en el flanco E y W del área de estudio, litológicamente en la zona W está compuesta por Lutitas, areniscas y pequeñas capas de material carbonáceo con intercalaciones de yeso, la zona E comprende lutitas, areniscas y materiales poco consolidados. Sus pendientes van de medias a fuertes (12-70%), con un desnivel relativo generalmente menor a 100m. Se registra sobre la formación Santo Domingo y San Francisco. La presente unidad está asociada a una cobertura vegetal de tipo herbácea, como se muestra en la Figura 52. La superficie que cubre esta unidad geomorfológica es de 3.21 Ha correspondientes al 15.14 %.

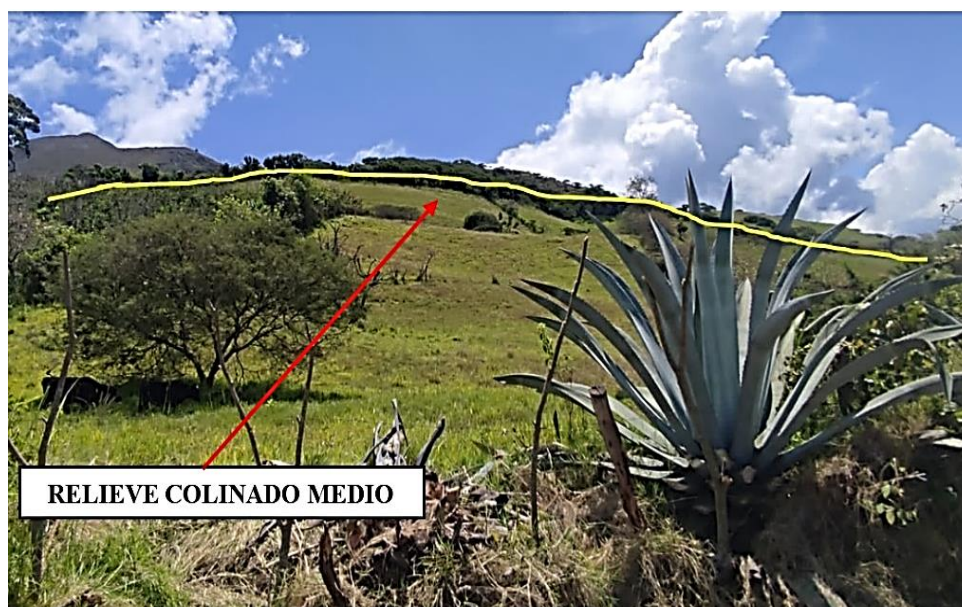


Figura 52. Relieve colinado medio



Origen: Poligénicas

✓ Coluvio-Aluvial Antiguo

Se encuentra de Norte a Sur a largo de la zona central del área de estudio, está formado por materiales esultantes de la erosión de las partes altas de las formaciones existentes y de la depositación de materiales aluviales por corrientes fluviales, sumado a los aportes gravitacionales laterales de las formas colinadas que la rodean, comprende arcillas y materiales poco consolidados, con cantos y bloques de origen metamórfico y volcánico. Esta geoforma abarca pendientes entre 0-15%, con un desnivel relativo generalmente menor a 80m, está formado por terrenos con pequeñas elevaciones, predomina vegetación arbustiva, herbácea y cultivos del sector. La superficie que cubre esta unidad geomorfológica es de 17.72 Ha correspondientes al 83.40 %, ver figura 53.



Figura 53. Deposito Coluvio-Aluvial Antiguo

Origen: Denudativo

✓ Deposito Aluvial

Se encuentra ubicado de Norte a Sur en el flanco Oeste del área de estudio, al pie de la principal red hídrica del área “Quebrada Pillaraca”, formado por acción de la gravedad y transporte de materiales producto del desgaste de relieves aledaños, siendo una zona de escurrimiento de las aguas del sector, presentan materiales aluviales con clastos ígneos y metamórficos que van desde los cm a metros. Esta zona abarca pendientes entre 0-15%, con un desnivel relativo generalmente menor a 50m, La superficie que cubre esta unidad geomorfológica es de 0.38 Ha correspondientes al 1.45 %, ver figura 57.



Figura 54. Deposito Aluvial
Nota. Elaborado por el Autor, 2024

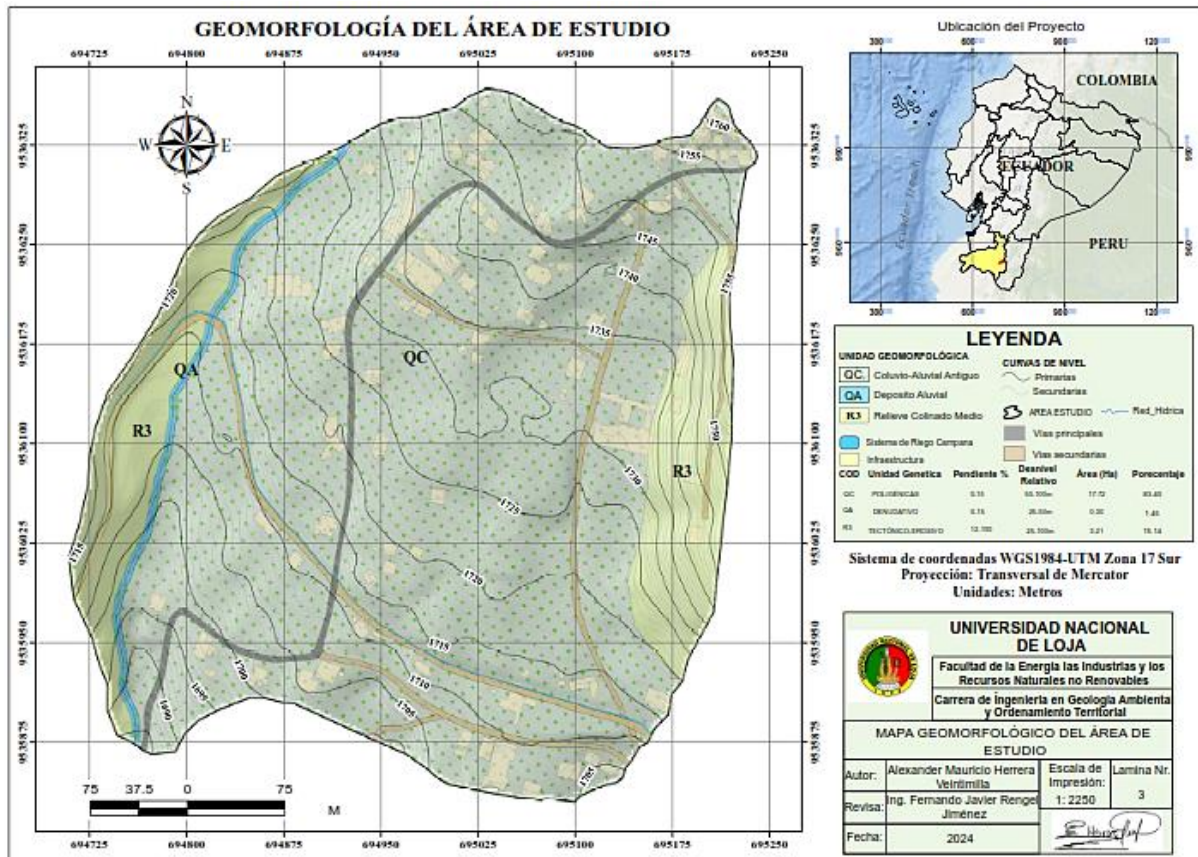


Figura 55. Geomorfología del área de estudio

La tabla 26 se muestra los resultados obtenidos para cada una de las unidades geomorfológicas presentes dentro del área de estudio.



Tabla 26. Unidades Geomorfológicas

Unidad Genética	Unidad Geomorfológica	Pendiente (%)	Desnivel Relativo (m)	Área (Ha)	Porcentaje (%)
Poligénicas	Coluvio-Aluvial Antiguo	0-15	50-100	17.72	83.40
Tectónico-Erosivo	Relieve Colinado Medio	12-70	25-100	3.21	15.14
Denudativo	Deposito Aluvial	0-15	25-50	0.30	1.45

6.5 Diagnostico

Con los resultados obtenidos de los parámetros como topografía, pendientes, geomorfología y uso de suelo, se pudo determinar en primera instancia las causas que generan la problemática dentro del barrio Belén, teniendo así las siguientes:

✓ Suelos Agropecuarios

Dentro del barrio Belén en base al uso actual del suelo se puede mencionar que un gran porcentaje de los suelos del sector actualmente se encuentran destinados a la producción agrícola de diversos productos, siendo el principal el cultivo de achira (Ver figura 56), esto afecta directamente a los suelos del sector por las malas prácticas continuas de irrigación sobre estas áreas de cultivo.



Figura 56. Cultivo de Achira-Barrio Belén

✓ Relieve y pendientes Favorables para que los suelos del sector se vean afectados

En base a las pendientes y geomorfología se puede mencionar que el barrio Belén al verse encajonado en una zona de escurrimiento natural de aguas, las cuales provienen tanto del uso humano como de precipitaciones, lo convierte en una zona propensa, ya que a lo largo del barrio Belén al presentarse pendientes de media a fuertemente inclinadas las aguas que se generan en el sector conjuntamente con los provenientes de las partes altas recorren toda esta zona en sentido N-S, ver figura 57.



Figura 57. Zonas de escurrimiento natural hacia el barrio Belén

✓ **Desconocimiento del problema**

En base al dialogo e información brindada por los moradores del sector, se indica que los mismos no tienen el conocimiento o la información necesaria sobre el problema que atraviesa el barrio Belén, por ende, muchas de estas personas han construido sus viviendas sobre los suelos de este sector, viéndose actualmente afectados por los daños que han sufrido sus viviendas mismas que en algunos de los casos ya han colapsado.

Habiendo determinado las causas que generan el problema de inestabilidad de los suelos en el barrio Belén, se puede mencionar los afectos a los que conllevan las mismas, teniendo así:

✓ **Saturación e inestabilidad del suelo**

Las malas prácticas de irrigación de los cultivos del sector, conjuntamente con el pobre y colapsado sistema de eliminación de excretas que cuentan alrededor del 80% de las viviendas del sector, generan una carga constante de agua que se derrama sobre los suelos del sector, provocando así la saturación del suelo, lo cual bajo las condiciones geológicas favorables del medio han producido la inestabilidad de los suelos del sector, ver figura 58.



Figura 58. A la Izquierda (aguas provenientes de la irrigación y fosas sépticas); A la derecha (fosa séptica colapsada)

✓ Daños en viviendas

La problemática dentro del barrio Belén se ve reflejada mayormente en los daños producidos en las viviendas del sector, en donde muchas de estas actualmente presentan graves daños en su estructura, en el sector son varias las viviendas que ya han colapsado, siendo las viviendas que se encuentran a lo largo de la vía Belén hacia el sur aquellas que presentan mayores afectaciones, ver figura 59.



Figura 59. Daños en viviendas; Coordenadas UTM/WGS84/17S “X:694811.72; Y: 9535944.58”.

Habiendo analizado las condiciones actuales del barrio Belén se pudo realizar una delimitación del área de afectación directa, siendo la base sobre la cual se siguió trabajando, la misma cubre un área de 21. 24 Ha.



6.6 Geología Local

La geología local del barrio Belén bajo, constituyen rocas de origen sedimentario, pertenecientes a las formaciones Santo domingo y San Francisco, además se encuentran depósitos coluviales pertenecientes al cuaternario y depósitos aluviales a lo largo de la quebrada Pillaraca.

✓ Lutitas con capas de arenisca, yeso y material carbonáceo.

Ocupan en su mayoría una franja al Oeste del área de estudio y una pequeña parte al Este se encuentran dentro de la Formación Santo Domingo en donde se determinó la presencia de lutitas con tonalidades que van desde crema a café oscuro (producto de la oxidación), tienen una granulometría muy fina, algunas capas bien compactadas, se observan finas capas de yeso, que van desde 0.1 a 1.5 centímetros; estas finas capas de yeso siguen la estratificación de las lutitas y areniscas aunque también se encuentran perpendiculares a la estratificación y en distintas direcciones. La presencia de material orgánico hace que en algunas lutitas tengan una coloración negra especialmente en los estratos superiores, ver figura 60.

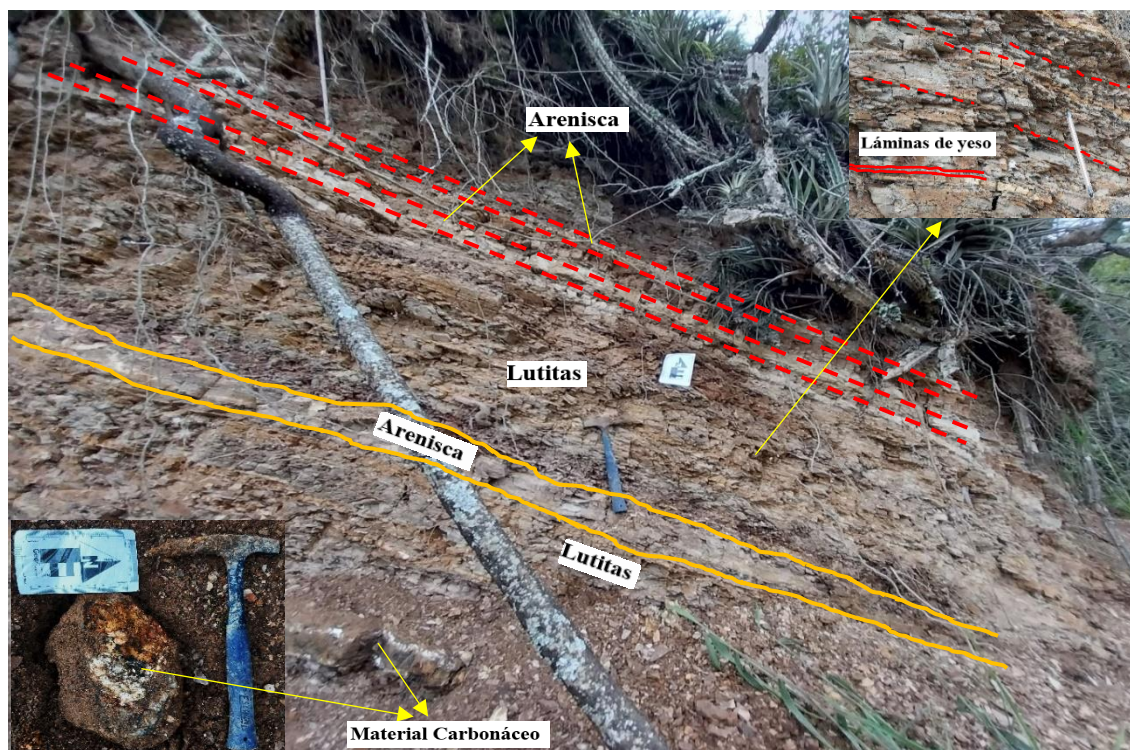


Figura 60. Litología del afloramiento Nro. 2 dentro de la formación Santo Domingo (Msd)

En la zona de estudio se observó que aflora únicamente el miembro yeso, dominada por lutitas que alternan cíclicamente con areniscas blanquecinas de grano fino a medio, además nódulos lutíticos, carbonatados y de yeso.

Los estratos de lutitas tienen potencias que van desde unos 5 centímetros, pero estos no superan el metro de espesor. Se encuentran meteorizadas y erosionadas por la acción de agentes



atmosféricos principalmente donde existe poca vegetación, aparentemente de plasticidad media, en algunos afloramientos se aprecia deformaciones de los estratos producto esfuerzos compresivos. Las diminutas partículas de la lutita y areniscas indican que se produjo un depósito como consecuencia de la sedimentación gradual de corrientes no turbulentas relativamente tranquilas. En el Afloramiento Nro.2, se observan las lutitas y areniscas cuya dirección de estratificación es (Rumbo “N58°W”; Buzamiento “36°”; Dr. Buzamiento “N32°E).

✓ **Areniscas de grano medio a grueso con intercalaciones de Limolitas y conglomerados**

Se localiza principalmente en la zona Este del are de estudio, corresponden a la formación San Francisco, la cual se encuentra subyaciendo de forma concordante a la formación Santo Domingo, se observan principalmente areniscas grano medio a grueso de color marrón a gris azulado, las cuales presentan una estratificación inclinada (Rumbo “N57°W”; Buzamiento “22°”; Dr. Buzamiento “N33°E). Las limolitas se encuentran medianamente consolidadas, el tamaño de los granos es fino, presentan tonalidades crema y amarillentos debido a la presencia de hidróxido de hierro, ver figura 61.



Figura 61. Litología del afloramiento Nro. 8 dentro de la formación San Francisco (Msfr)

Siguiendo los planos de estratificación de las limolitas se encuentran finas capas de material carbonáceo con presencia de cristales de yeso, teniendo una potencia no mayor a los 3 cm, en esta zona se pudo identificar además pequeñas intercalaciones canaliformes de lentes conglomeráticos con bases erosivas introducidos en las litologías más finas, como se observa en la figura 62, las dimensiones de los clastos son variadas llegando hasta 5cm, presentan vértices subangulosos, inmersos en una matriz arenosa de grano medio a grueso.



Figura 62. A la izquierda, afloramiento formado por limolitas y areniscas; A la derecha afloramiento formado por areniscas con un lente de conglomerado.

✓ Material Coluvial

Abarcan el mayor porcentaje de la zona de estudio, se encuentra de Norte a Sur en la parte central del área, corresponde a un depósito coluvio-aluvial antiguo del cuaternario, se encuentra conformada principalmente por litoclastos metamórficos y volcánicos, mismos que se encuentran dentro de una matriz arcillo-arenosa de grano fino a medio, no se presenta una estratificación definida lo que indica la presencia de un depósito masivo poco consolidado formado por el transporte gravitacional de los materiales pertenecientes a las formaciones aledañas. El tamaño de litoclastos varían entre 0.1 a 1.2 m, la mayoría de los litoclastos se presentan en forma subangulosa lo que indica poca transportación de los mismos, en la figura 63 y 64 se puede observar las calicatas realizadas en campo.



Figura 63. A la izquierda-Presencia de litoclastos volcánicos en la calicata 1; A la derecha litología de la calicata 7-se observa nivel freático a 2m de profundidad.



Figura 64. A la izquierda-Presencia de material arcillo arenoso con intercalaciones de sulfato de calcio alterado en la calicata 4; A la derecha litología de la calicata 2-se observa nivel freático a 2m de profundidad.

✓ Material Aluvial

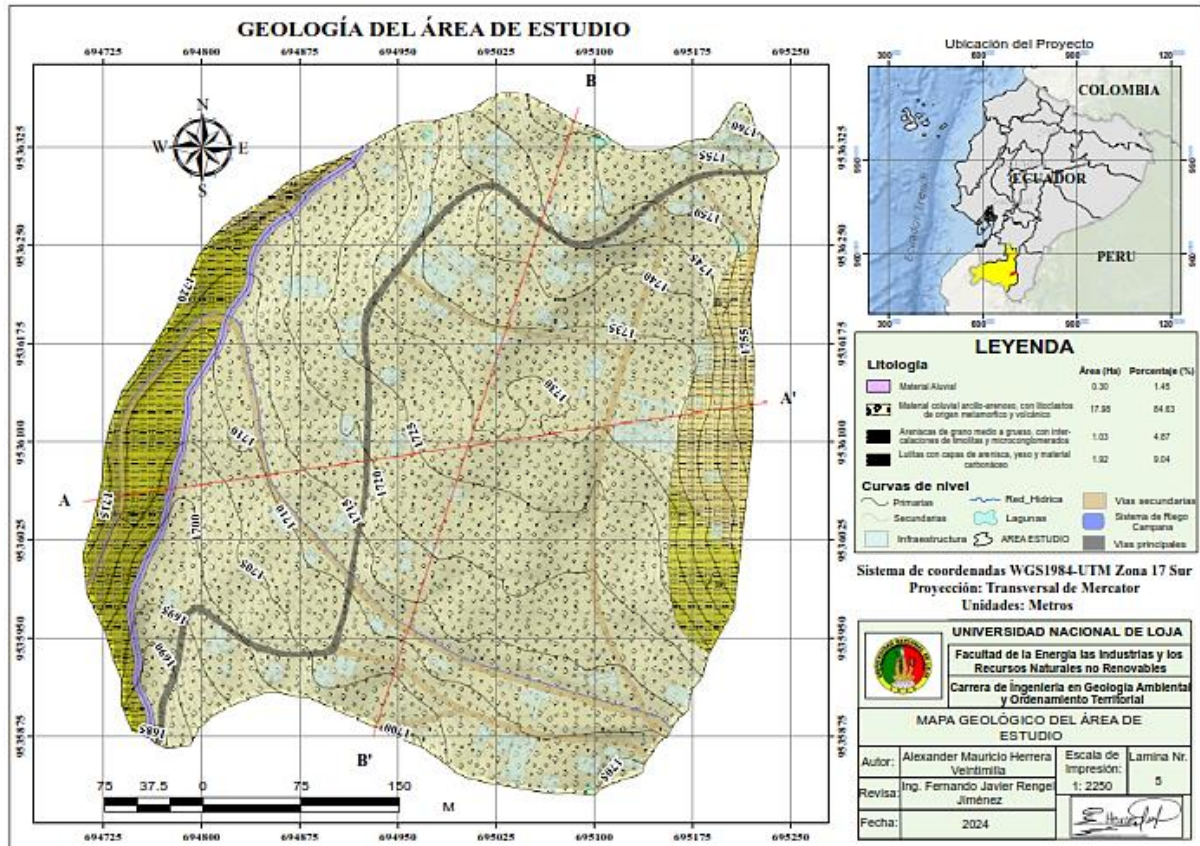
Se encuentra a lo largo de la quebrada Pillaraca que atraviesa el área de estudio sirve como tributario para el río Malacatos, está conformada por cantos rodados y gravas medias a gruesas de rocas metamórficas y volcánicas intrusivas, comprendiendo cantos subredondeados métricos a milimétricos. El material cementante que se puede observar es areno. Estos depósitos aluviales se encuentran al Oeste del área de estudio, representando el 1.03 % del área total.



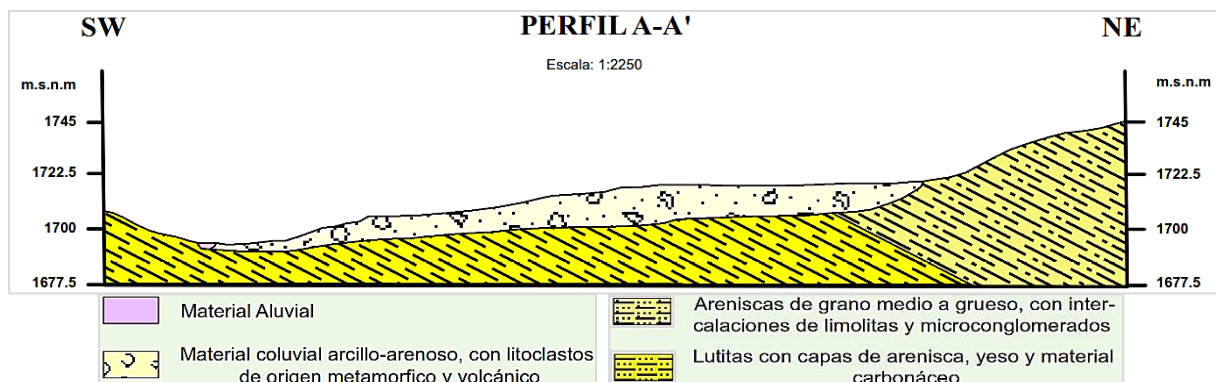
Figura 65. Material Aluvial producto de la quebrada Pillaraca



Los tramados y colores empleados para la confección del mapa geológico local a escala 1:2250 (Ver Anexo 8), se basaron en los “Estándares de Nomenclatura Estratigráfica, Simbolización y Abreviaturas para la Cartografía Geológica” del Instituto de investigación geológico y energético IIGE.



Con el mapa geológico a escala 1:2250 se confeccionaron 2 perfiles geológicos el primero (perfil A-A”) en sentido SW-NE, el cual se encuentra dominado de base a techo por la formación Santo domingo la cual aflora al flanco W de la zona de estudio, sobre esta descansa el depósito coluvio-aluvial del cuaternario, hacia el flanco E se encuentra la formación San Francisco aflorando concordante a la subyacente formación Santo Domingo, ver figura 67.





El perfil (B-B’), en sentido SW-NE, se encuentra constituido en la base por la formación Santo Domingo y la Formación San Francisco, sobre las cuales descansa el depósito coluvioaluvial antiguo del cuaternario, siendo la unidad litológica más joven con relación a las otras unidades litológicas levantadas, ver figura 68.

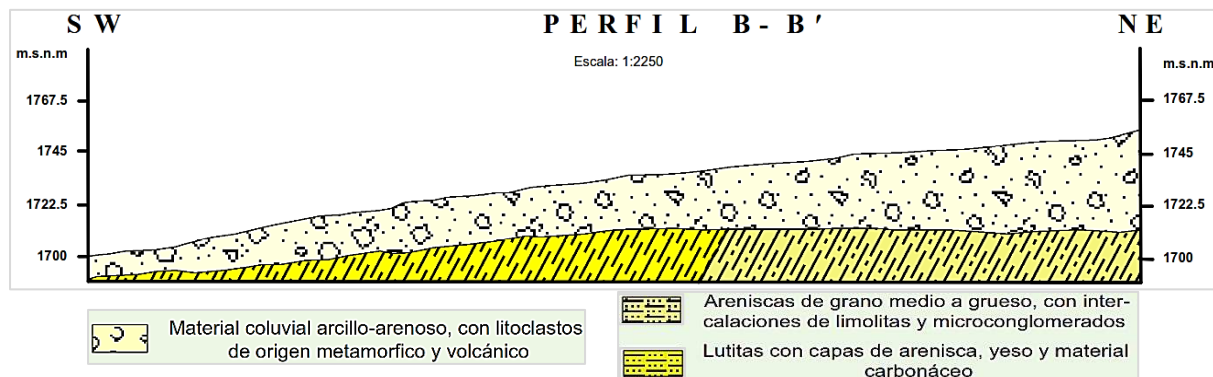


Figura 68. Perfil geológico B-B’

Tabla 27. Litología de la Zona de Estudio

LITOLOGÍA	ÁREA (Ha)	PORCENTA JE
Lutitas con capas de arenisca, yeso y material carbonáceo	1.92	9.04
Areniscas de grano medio a grueso, con intercalaciones de limolitas y conglomerados	1.03	4.87
Material coluvial arcillo-arenoso con litoclastos de origen metamórfico y volcánico	17.98	84.63
Material Aluvial	0.30	1.45
TOTAL	21.24	100 %

6.7 Geología Estructural

Estructuralmente, la cuenca tiene dos bloques tectono–estratigráficos: bien diferenciados el Bloque la Merced al noroeste, donde se identificaron todas las formaciones, y el Bloque la Granja al sureste (Hungerbühler et al., 2002). Están separados por la falla inversa sinistral San Francisco con dirección NE Y SW y un buzamiento aparente vertical, que atraviesa el centro de la cuenca y que ha generado la repetición de las formaciones sedimentarias. El bloque la merced Ocupa el área desde el poblado de San Agustín hasta Cerro Pan de Azúcar. Los límites del bloque son las fallas San Agustín al norte, El Tambo y San Francisco el este y Solanda al oeste y suroeste. El Bloque la Granja abarca el nororiente de la cuenca ocupando el área desde el poblado de San Francisco hasta Cararango. Los límites del bloque son las fallas El Tambo al norte, Loja al este, San Francisco al oeste y Picota al sur (Alulima, 2015).

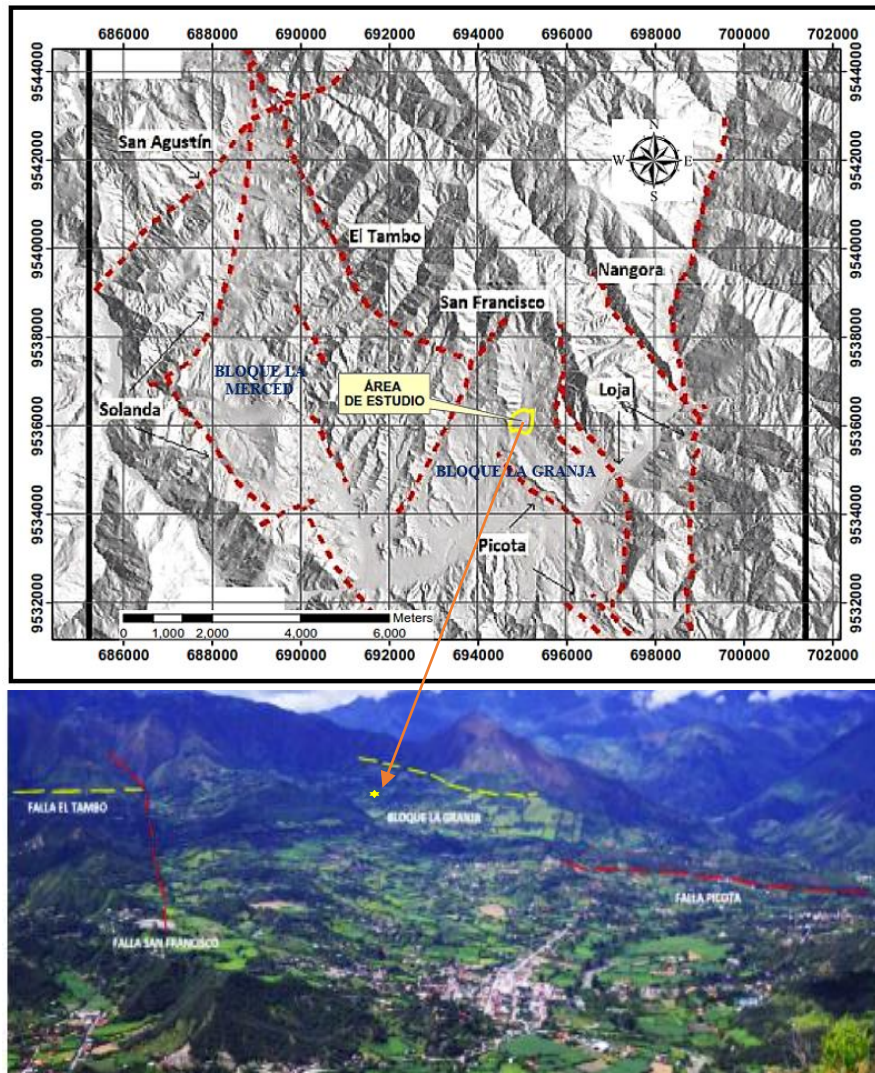


Figura 69. Sistema de fallas que limitan el norte de la cuenca sedimentaria de Malacatos-Vilcabamba
Nota. Elaborado por el Autor-adaptado de Solís, Reyes, & Corrochano, (2017).

En la figura 69, se puede apreciar que el Área de estudio se encuentra presente dentro del bloque tectono–estratigráfico la granja, limitada por la falla inversa picota al Sur, con dirección NW – SE y buzamiento al noreste, la falla inversa siniestral San Francisco al Oeste, con dirección NE – SW y buzamiento vertical y la falla inversa Loja al Este, con dirección principal N-S y buzamiento al este.

De forma puntual en el área de estudio se recolectó los datos estructurales de las unidades litológicas levantadas, principalmente en los flancos E y W, en donde se presentan capas inclinadas con un rumbo de preferencia hacia el NW con un buzamiento entre 22 y 36°.

En la Formación Santo Domingo se identificó la presencia de estructuras sedimentarias como pequeños plegamientos y microfallas, En la figura 70, se puede observar un afloramiento litológicamente compuesto por lutitas alteradas de tonalidad café claro muy fracturadas, pequeñas capas de areniscas blanquecinas, además de finas laminaciones yeso y turba que



siguen el mismo sentido de estratificación de las capas de lutita y arenisca, en donde se presenta un pliegue volcado en el cual su plano axial se ve afectado por una microfalla de tipo inversa en donde el bloque de la izquierda se encuentra levantado y el bloque de la derecha hundido, se infiere que posiblemente se generó por la acción de fuerzas compresivas, se sitúa en las siguientes coordenadas 694999mE/9535991mN (Datum WGS84 UTM17S).

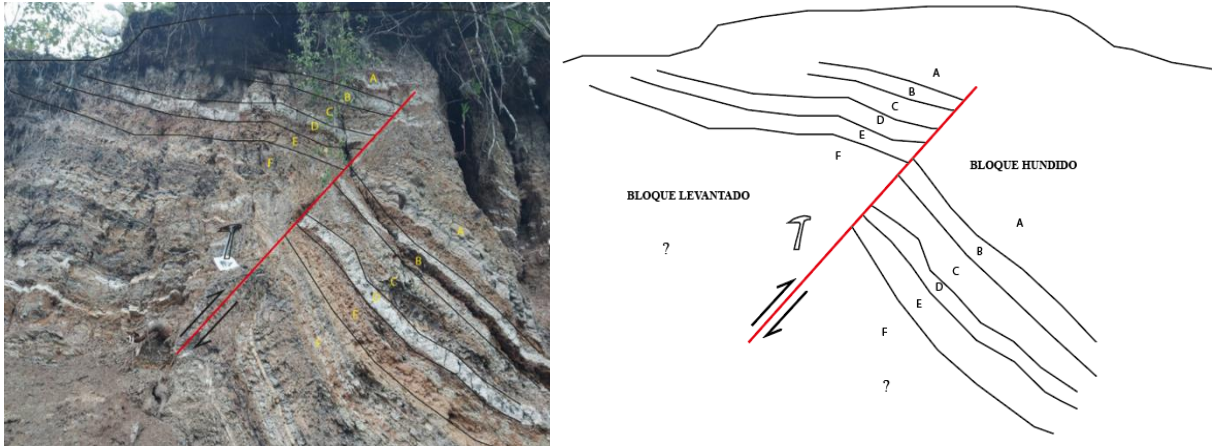


Figura 70. Pliegue volcado presente lutitas y areniscas de la Fm. Santo Domingo. La vergencia de este plegamiento es hacia el SW.

6.8 Contactos Litológicos

✓ Zona Oeste

En la zona Oeste del área de estudio se pudo identificar un contacto entre la Formación Santo Domingo y los Depósitos coluviales, lo cual mediante el levantamiento de campo se determinó que la quebrada Pillaraca es el límite que divide ambas unidades litológicas, en la figura 71 se puede observar dicho contacto. La tabla 30 muestra las coordenadas del contacto tomadas en campo.

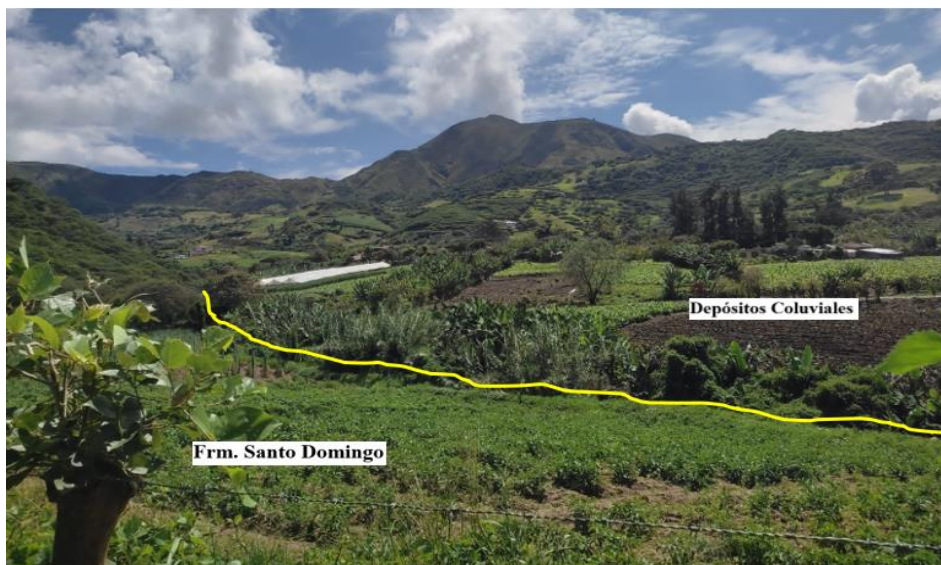


Figura 71. Contacto litológico entre la Formación Santo Domingo y el Depósito coluvio-aluvial antiguo.



Tabla 28. Coordenadas del contacto entre la (F. Msd) y los (Qc).

Coordenadas UTM WGS 84, del contacto entre las dos unidades litológicas					
Punto	X	Y	Punto	X	Y
1	694763	9535055	20	694805	9536163
2	694758	9535884	21	694809	9536171
3	694750	9535916	22	694813	9536179
4	694747	9535922	23	694829	9536201
5	694748	9535942	24	694832	9536207
6	694743	9535949	25	694835	9536225
7	694740	9535971	26	694829	9536237
8	694756	9535986	27	694842	9536260
9	694763	9536003	28	694864	9536272
10	694768	9536031	29	694886	9536298
11	694774	9536051	30	694898	9536302
12	694775	9536061	31	694902	9536310
13	694774	9536075	32	694920	9536321
14	694778	9536093	31	694902	9536310
15	694777	9536104	32	694920	9536321
16	694788	9536119	33	694950	9536361
17	694789	9536138	34	694958	9536376
18	694793	9536147	35	694965	9536393
19	694800	9536159	36	694976	9536411

✓ Zona Este

En la zona Este del área de estudio se pudo identificar un contacto entre la Formación Santo Domingo y la Formación San Francisco, en la figura 72 claramente se puede apreciar el contacto que divide ambas unidades litológicas, a la izquierda tenemos la Frm. San Francisco, en donde se pudieron identificar areniscas y limos con lentes de conglomerados envueltos en una matriz arenosa de tonalidad gris-oscuro, mientras que a la derecha encontramos la Frm. Santo Domingo en donde se pudo observar la presencia de lutitas alteradas de tonalidad rojiza.



Figura 72. Contacto litológico entre la formación Santo Domingo y la formación San Francisco.



Tabla 29. Coordenadas del contacto entre la (F. Msd) y los (F. Msrf).

Coordenadas UTM WGS 84, del contacto entre las dos unidades litológicas					
Punto	X	Y	Punto	X	Y
1	695283.98	9536051.04	12	695223.66	9536024.85
2	695277.37	9536046.54	13	695217.57	9536023.26
3	695274.46	9536045.48	14	695212.52	9536022.23
4	695269.17	9536042.57	15	695204.98	9536021.56
5	695264.14	9536040.46	16	695198.26	9536019.82
6	695259.64	9536038.08	17	695190.85	9536019.55
7	695255.41	9536036.22	18	695183.44	9536017.44
8	695251.97	9536034.90	19	695177.62	9536016.91
9	695246.15	9536031.99	20	695169.68	9536015.85
10	695240.06	9536030.40	21	695163.86	9536015.32
11	695234.77	9536027.23	22	695156.57	9536014.79

6.9 Sondeos Eléctricos Verticales (S.E.V)

✓ SEV 1

Esta línea se realizó al norte del sector de estudio específicamente en las coordenadas 695021mE - 9536254mN, con una dirección de S79°E, una abertura máxima AB/2 de 50 y una profundidad estimada de 17 m. En la tabla 30 se encuentran los datos obtenidos en campo, y en la figura 73 los datos ingresados al software para su interpretación.

Tabla 30. Datos de campo y valores calculados para el SEV N.º 1

N.º	AB/2 (m)	MN (m)	K (m)	$\Delta V/I$	Resistividad ($\Omega \cdot m$)
1	1	0.5	2.4	2.3733	5.6
2	1.5	0.5	6.28	0.98706	6.2
3	2	0.5	11.78	0.51186	6.03
4	2.5	0.5	18.85	0.34899	6.58
5	2.5	1	8.25	0.83885	6.92
6	3	0.5	27.5	0.16586	4.56
7	3	1	12.6	0.37976	4.77
8	5	1	37.7	0.12068	4.55
9	7	1	75.4	0.065857	4.97
10	10	1	155.5	0.034526	5.39
11	10	1.5	58.9	0.076423	4.5
12	15	1	351.9	0.018008	6.34
13	15	2.5	137.4	0.038321	5.25
14	20	2.5	247.4	0.025312	6.25
15	20	10	47.1	0.13233	6.24
16	30	2.5	561.6	0.01371	7.71
17	30	10	125.7	0.057629	7.26
18	40	10	235.6	0.035472	8.37
19	50	10	377	0.026374	9.94

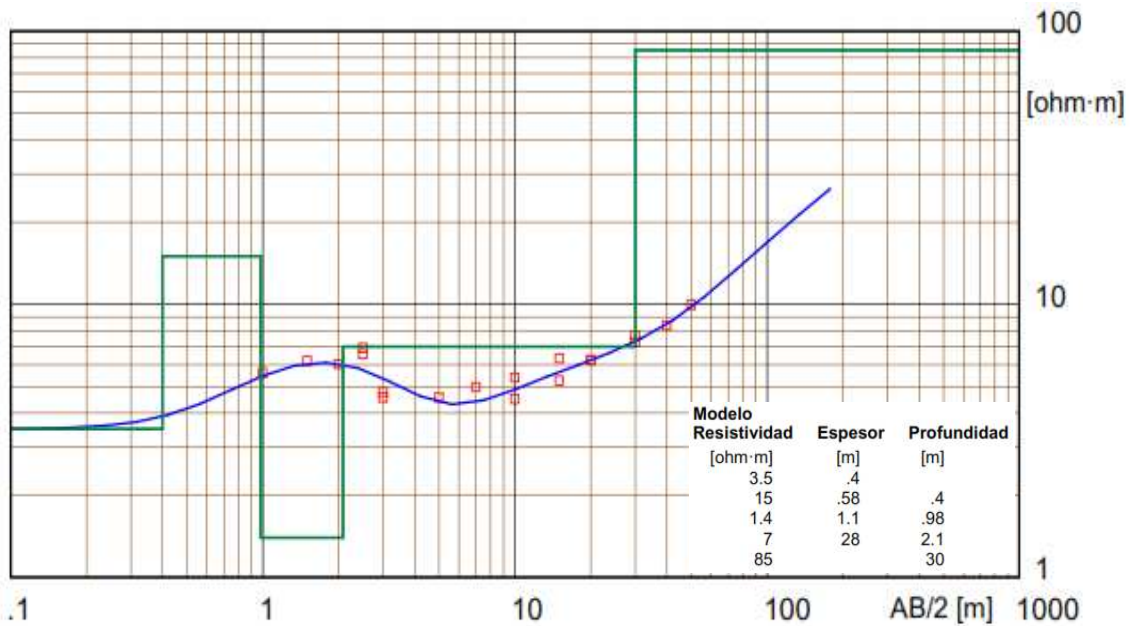


Figura 73. Curva de resistividad del sondeo eléctrico vertical N.º 1.

De acuerdo a la tabla 31 se determina que existen 4 capas. La primera capa correspondería a un suelo arcilloso con presencia de material granular, con una resistividad de 15 Ωm y una potencia de 0.98 m; la segunda capa formada por un horizonte arcillo con alta saturación presentando una resistividad de 1.4 Ωm y una potencia de 1.1 m; la tercera capa se encuentra constituida por una posible capa de arcillas con trazas de saturación, con una resistividad de 7 Ωm y una potencia de 28 m; Se estima a mayor profundidad una última capa compuesta por materiales arcillo limosos correspondientes, con una resistividad de 85 Ωm y una potencia indefinida.

Tabla 31. Corte Geoeléctrico del SEV N.º 1

N.º SEV	Resistividad Ωm	Espesor (m)	Correspondencia del material	Perfil Geoeléctrico
1	3.5	0.40	Suelo superficial arcilloso con presencia de grava.	
	15	0.58		
	1.4	1.1	Horizonte arcilloso con alta saturación	
	7	28	Arcillas con trazas de saturación	
	85	∞	Capa indefinida de roca sedimentaria (arcillas limosas).	



✓ SEV 2

Esta línea se realizó en la parte central del sector de estudio específicamente en las coordenadas 694959mE - 9536136mN, con una dirección de S87°E, una abertura máxima AB/2 de 150 y una profundidad estimada de 50 m. En la Tabla 32 se encuentran los datos obtenidos en campo, y en la Figura 74 los datos ingresados al software para su interpretación.

Tabla 32. Datos de campo y valores calculados para el SEV N.º 2

N.º	AB/2 (m)	MN (m)	K (m)	$\Delta V/I$	Resistividad ($\Omega \cdot m$)
1	1	0.5	2.4	2.3296	5.5
2	1.5	0.5	6.28	0.95475	6
3	2	0.5	11.78	0.50183	5.91
4	2.5	0.5	18.85	0.28667	5.4
5	2.5	1	8.25	0.72382	5.97
6	3	0.5	27.5	0.18844	5.18
7	3	1	12.6	0.45214	5.68
8	5	1	37.7	0.13351	5.03
9	7	1	75.4	0.069362	5.23
10	10	1	155.5	0.03424	5.34
11	10	1.5	58.9	0.092131	5.43
12	15	1	351.9	0.016372	5.76
13	15	2.5	137.4	0.043022	5.89
14	20	2.5	247.4	0.024099	5.95
15	20	10	47.1	0.12924	6.09
16	30	2.5	561.6	0.01416	7.96
17	30	10	125.7	0.0657	8.28
18	40	10	235.6	0.041425	9.78
19	50	10	377	0.029615	11.2
20	70	10	754	0.016463	12.4
21	100	10	1555.1	0.0074862	11.6
22	150	10	3518.6	0.0031909	11.2

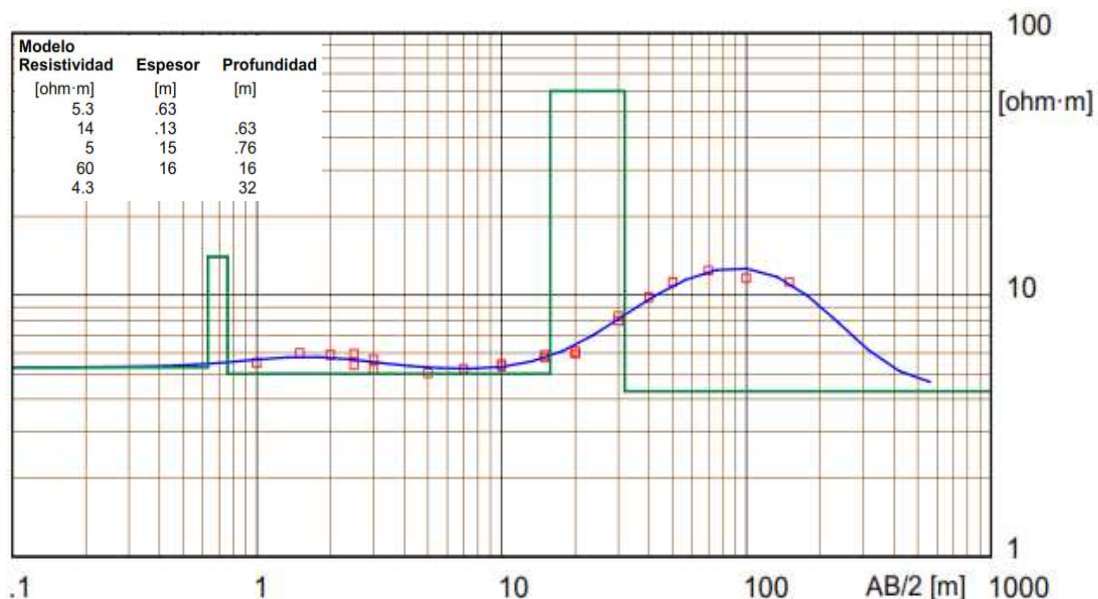


Figura 74. Curva de resistividad del sondeo eléctrico vertical N.º 2

De acuerdo a la tabla 33 se determina que existen 4 capas. La primera capa correspondería a un suelo arcilloso con presencia de material granular, con una resistividad de 14 Ωm y una potencia de 0.76 m; la segunda capa formada por una Posible capa de arcillas con



trazas de saturación presentando una resistividad de $5 \Omega\text{m}$ y una potencia de 15 m; la tercera capa se encuentra constituida por arcillas limosas, con una resistividad de $60 \Omega\text{m}$ y una potencia de 16 m; Se estima a mayor profundidad una última capa compuesta por arcillas con alta saturación., con una resistividad de $4.3 \Omega\text{m}$ y una potencia indefinida.

Tabla 33. Corte Geoeléctrico del SEV N.º 2

Nº SEV	Resistividad Ωm	Espesor (m)	Correspondencia del material	Perfil Geoeléctrico
2	5.3	0.63	Suelo superficial arcilloso con presencia de grava.	
	14	0.13		
	5	15	Posible capa de arcillas con trazas de saturación	
	60	16	Roca sedimentaria (Arcillas limosas)	
	4.3	∞	Arcillas con alta saturación	

✓ **SEV 3**

Esta línea se realizó en la parte central del sector de estudio específicamente en las coordenadas 694882mE - 9535957mN, con una dirección de S61°E, una abertura máxima AB/2 de 70 m y una profundidad estimada de 23 m. En la Tabla 34 se encuentran los datos obtenidos en campo, y en la Figura 75 los datos ingresados al software para su interpretación.

Tabla 34. Datos de campo y valores calculados para el SEV N.º 3

N.º	AB/2 (m)	MN (m)	K (m)	$\Delta V/I$	Resistividad ($\Omega. m$)
1	1	0.5	2.4	3.175	7.49
2	1.5	0.5	6.28	1.0462	6.57
3	2	0.5	11.78	0.61359	7.23
4	2.5	0.5	18.85	0.35618	6.71
5	2.5	1	8.25	0.87252	7.2
6	3	0.5	27.5	0.2342	6.44
7	3	1	12.6	0.55401	6.96
8	5	1	37.7	0.16088	6.07
9	7	1	75.4	0.075577	5.7
10	10	1	155.5	0.038946	6.08
11	10	1.5	58.9	0.11094	6.53
12	15	1	351.9	0.019578	6.89
13	15	2.5	137.4	0.053774	7.37
14	20	2.5	247.4	0.033277	8.22
15	20	10	47.1	0.14814	6.98
16	30	2.5	561.6	0.0179	10.1
17	30	10	125.7	0.077722	9.79
18	40	10	235.6	0.053678	12.7
19	50	10	377	0.038572	14.5
20	70	10	754	0.020462	15.4

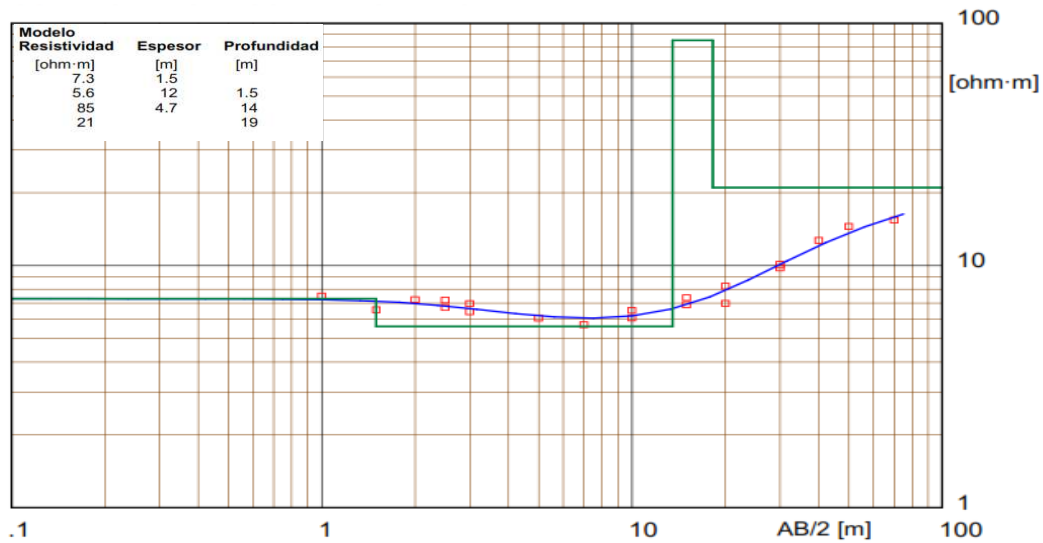


Figura 75. Curva de resistividad del sondeo eléctrico vertical N.º 3.

De acuerdo a la tabla 35 se determina que existen 4 capas. La primera capa correspondería a un suelo superficial arcilloso, con una resistividad de $7.3 \Omega\text{m}$ y una potencia de 1.5 m; la segunda capa formada por una capa de arcillas con trazas de saturación presentando una resistividad de $5.6 \Omega\text{m}$ y una potencia de 12 m; la tercera capa se encuentra constituida por arcillas limosas, con una resistividad de $85 \Omega\text{m}$ y una potencia de 4.7 m; Se estima a mayor profundidad una última capa compuesta por material arcilloso con trazas de saturación., con una resistividad de $21 \Omega\text{m}$ y una potencia indefinida.

Tabla 35. Corte Geoeléctrico del SEV N.º 3

Nº SEV	Resistividad Ωm	Esesor (m)	Correspondencia del material	Perfil Geoeléctrico
3	7.3	1.5	Suelo superficial arcilloso	
	5.6	12	Arcillas con trazas de saturación	
	85	4.7	Roca sedimentaria (Arcillas limosas)	
	21	∞	Material arcilloso con trazas de saturación	

✓ SEV 4

Esta línea se realizó en la parte W del sector de estudio específicamente en las coordenadas 694801mE - 9536175mN, con una dirección de S43°W, una abertura máxima AB/2 de 150 m y una profundidad estimada de 50 m. En la Tabla 36 se encuentran los datos obtenidos en campo, y en la Figura 76 los datos ingresados al software para su interpretación.



Tabla 36. Datos de campo y valores calculados para el SEV N.º 4

N.º	AB/2 (m)	MN (m)	K (m)	$\Delta V/I$	Resistividad ($\Omega \cdot m$)
1	1	0.5	2.4	2.6552	12.5
2	1.5	0.5	6.28	1.1594	14.6
3	2	0.5	11.78	0.71455	16.8
4	2.5	0.5	18.85	0.48308	18.2
5	2.5	1	8.25	1.0636	17.5
6	3	0.5	27.5	0.37372	20.5
7	3	1	12.6	0.78619	19.8
8	5	1	37.7	0.32646	24.6
9	7	1	75.4	0.19565	29.5
10	10	1	155.5	0.095093	29.6
11	10	1.5	58.9	0.24373	28.8
12	15	1	351.9	0.042538	29.9
13	15	2.5	137.4	0.10592	29.1
14	20	2.5	247.4	0.049008	24.3
15	20	10	47.1	0.30358	28.6
16	30	2.5	561.6	0.01767	19.8
17	30	10	125.7	0.11133	27.9
18	40	10	235.6	0.056469	26.6
19	50	10	377	0.039485	29.8
20	70	10	754	0.030328	45.7
21	100	10	1555.1	0.026541	82.5
22	150	10	3518.6	0.024272	171

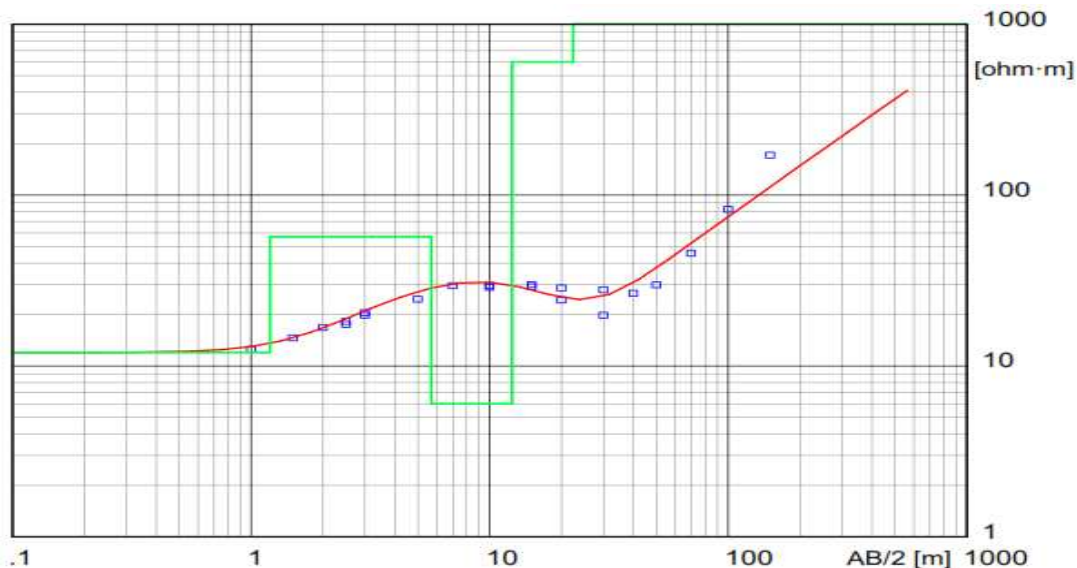



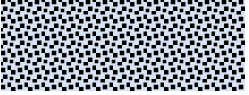



Figura 76. Curva de resistividad del sondeo eléctrico vertical N° 4.

De acuerdo a la tabla 37 se determina que existen 5 capas. La primera capa correspondería a un suelo superficial arcilloso con trazas de saturación, con una resistividad de 12 Ωm y una potencia de 1.2 m; la segunda capa formada por Arcillas limosas con presencia de gravas, presentando una resistividad de 57 Ωm y una potencia de 4.5 m; la tercera capa se encuentra constituida por arcillas con trazas de saturación, con una resistividad de 6 Ωm y una potencia de 6.7 m; la cuarta capa se encuentra constituida por un horizonte arenoso con presencia de gravas, con una resistividad de 602 Ωm y una potencia de 10 m; Se estima a mayor



profundidad una última capa compuesta por un horizonte indeterminado de Areniscas., con una resistividad de 8630 Ωm y una potencia indefinida.

Tabla 37. Corte Geoeléctrico del SEV N.º 4

Nº SEV	Resistividad Ωm	Espesor (m)	Correspondencia del material	Perfil Geoeléctrico
	12	1.2	Suelo superficial arcilloso con trazas de saturación	
	57	4.5	Arcillas limosas (presencia de gravas)	
	6	6.7	arcillas con trazas de saturación	
	602	10	horizonte arenoso con presencia de gravas	
	8630	∞	Horizonte indeterminado - Areniscas	

✓ **SEV 5**

Esta línea se realizó en la parte Este del sector de estudio específicamente en las coordenadas 695204 mE - 9536055mN, con una dirección de NS, una abertura máxima AB/2 de 100 m y una profundidad estimada de 33 m. En la Tabla 38 se encuentran los datos obtenidos en campo, y en la Figura 77 los datos ingresados al software para su interpretación.

Tabla 38. Datos de campo y valores calculados para el SEV N° 5

N.º	AB/2 (m)	MN (m)	K (m)	$\Delta V/I$	Resistividad ($\Omega. m$)
1	1	0.5	2.4	3.7957	8.96
2	1.5	0.5	6.28	1.1788	7.4
3	2	0.5	11.78	0.61522	7.25
4	2.5	0.5	18.85	0.35742	6.74
5	2.5	1	8.25	0.86268	7.12
6	3	0.5	27.5	0.22685	6.24
7	3	1	12.6	0.52143	6.55
8	5	1	37.7	0.15846	5.97
9	7	1	75.4	0.071734	5.41
10	10	1	155.5	0.029443	4.59
11	10	1.5	58.9	0.084196	4.96
12	15	1	351.9	0.010925	3.85
13	15	2.5	137.4	0.030588	4.19
14	20	2.5	247.4	0.021266	5.25
15	20	10	47.1	0.11269	5.31
16	30	2.5	561.6	0.010959	6.16
17	30	10	125.7	0.050048	6.31
18	40	10	235.6	0.032059	7.57
19	50	10	377	0.021949	8.27
20	70	10	754	0.01326	10
21	100	10	1555.1	0.009101	14.2

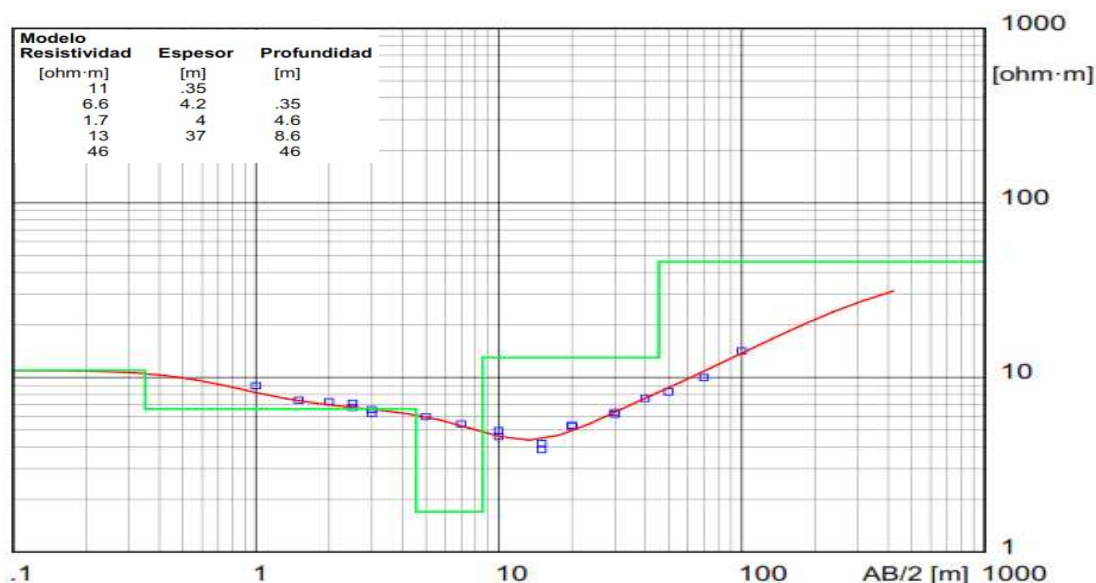


Figura 77. Curva de resistividad del sondeo eléctrico vertical N° 5.

De acuerdo a la tabla 39 se determina que existen 4 capas. La primera capa correspondería a un suelo superficial arcilloso con trazas de saturación, presenta una resistividad de 6.6 Ωm y una potencia de 4.55 m; la segunda capa formada por un Horizonte arcilloso con alta saturación, con una resistividad de 1.7 Ωm y una potencia de 12 m; la tercera capa se encuentra constituida por arcillas con trazas de saturación, con una resistividad de 13 Ωm y una potencia de 37 m; Se estima a mayor profundidad una última capa compuesta por una posible roca sedimentaria de la Formación San Francisco tratándose de posibles limolitas, con una resistividad de 46 Ωm y una potencia indefinida.

Tabla 39. Corte Geoeléctrico del SEV N° 5

N° SEV	Resistividad Ωm	Espesor (m)	Correspondencia del material	Perfil Geoeléctrico
5	11	0.35	Suelo superficial arcilloso con trazas de saturación.	
	6.6	4.2		
	1.7	12	Horizonte arcilloso con alta saturación	
	13	37	Arcillas con trazas de saturación.	
	46	∞	Roca sedimentaria, posibles limolitas	



6.10 Ensayo de Penetración Estándar (S.P.T)

Se realizaron un total de 30 metros de perforación dentro área de estudio, 6 metros para cada SPT, siendo caracterizados de acuerdo a las unidades litológica levantadas, los primeros tres SPT's se realizaron dentro de la zona litológica más conflictiva Deposito coluvio-aluvial antiguo), el SPT4 en el flanco Oeste de la zona de estudio dentro de la Formación Santo Domingo, y el SPT5 en el flanco Este dentro de la formación San Francisco.

✓ SPT 1

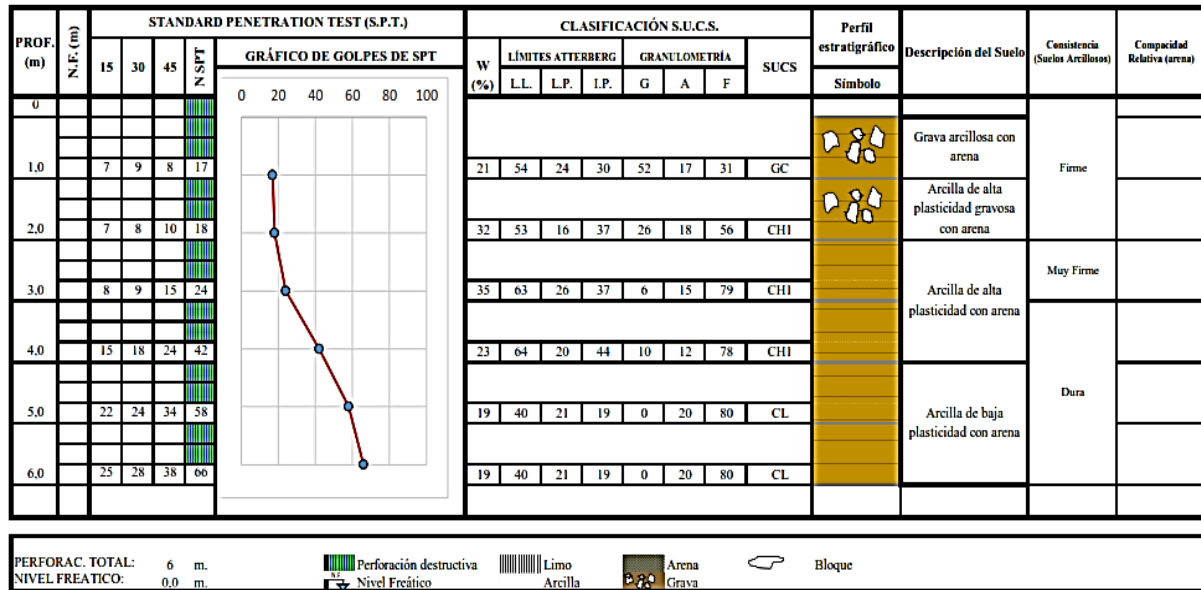


Figura 78. Perfil Estratigráfico del SPT 1

Tabla 40. Datos del SPT 1

SPT 1	Límites de Atterberg				Granulometría			Clasificación		C STROUD 1974					
	PROF. m.	C. H. %	L. L. %	L. P. %	I. P. %	GRAVA %	ARENA %	FINOS %	SUCS	AASHTO	N60 golpes	N160 golpes	qulneta Kg/cm²	qadmnetta Kg/cm²	kg/cm²
1	21.43	54	24	30	52.15	17.28	30.57	GC	A-2-7	12.75	17.24	2.93	0.97	0.57	1.75
2	32.05	53	16	37	26.25	17.91	55.84	CH1	A-7-6	13.5	18.26	3.11	1.03	0.60	1.75
3	34.71	63	26	37	6.37	14.58	79.05	CH1	A-7-6	18	21.74	4.14	1.38	0.80	1.8
4	23.36	64	20	44	9.7	11.93	78.37	CH1	A-7-6	35.7	39.68	8.23	2.74	1.60	1.8
5	18.95	40	21	19	0.3	19.59	80.11	CL	A-6	49.3	48.11	11.36	3.78	2.21	1.8
6	18.95	40	21	19	0.3	19.59	80.11	CL	A-6	62.7	61.19	14.45	4.81	2.81	1.8

Con los resultados se caracteriza que el primer metro corresponde a grava arcillosa con arena, con un NSPT de 17 golpes, con una carga admisible de 0.97 Kg/cm² de consistencia firme, con un contenido de humedad de 21.43%, un peso específico de 1.75Tn/m³, es un material cohesivo con una cohesión de 0.57 Kg/cm².

El segundo metro corresponde a arcillas de alta plasticidad gravosa con arena con un NSPT de 18 golpes, con una carga admisible de 1.03 Kg/cm², de consistencia firme, con un contenido de humedad de 32.05%, un peso específico de 1.75Tn/m³, es un material cohesivo con una cohesión de 0.60 Kg/cm².



El tercer metro corresponde a arcilla de alta plasticidad con arena con un NSPT de 24 golpes, con una carga admisible de 1.38 Kg/cm² de consistencia muy firme, con un contenido de humedad de 34.71 %, un peso específico de 1.8 Tn/m³, es un material cohesivo con una cohesión de 0.81 Kg/cm².

El cuarto metro corresponde a arcilla de alta plasticidad con arena, con un NSPT de 42 golpes, con una carga admisible de 2.74 Kg/cm² de consistencia dura, con un contenido de humedad de 23.36%, un peso específico de 1.8Tn/m³, es un material cohesivo con una cohesión de 1.60 Kg/cm².

El quinto metro corresponde a arcillas de baja plasticidad con arena, con un NSPT de 58 golpes, con una carga admisible de 3.78 Kg/cm² de consistencia dura, con un contenido de humedad de 18.95%, un peso específico de 1.8 Tn/m³, es un material cohesivo con una cohesión de 2.21 Kg/cm².

El sexto metro corresponde a arcillas de baja plasticidad con arena, con un NSPT de 66 golpes, con una carga admisible de 4.81 Kg/cm² de consistencia duro, con un contenido de humedad de 18.95%, un peso específico de 1.8 Tn/m³, es un material cohesivo con una cohesión de 2.81 Kg/cm².

✓ SPT 2

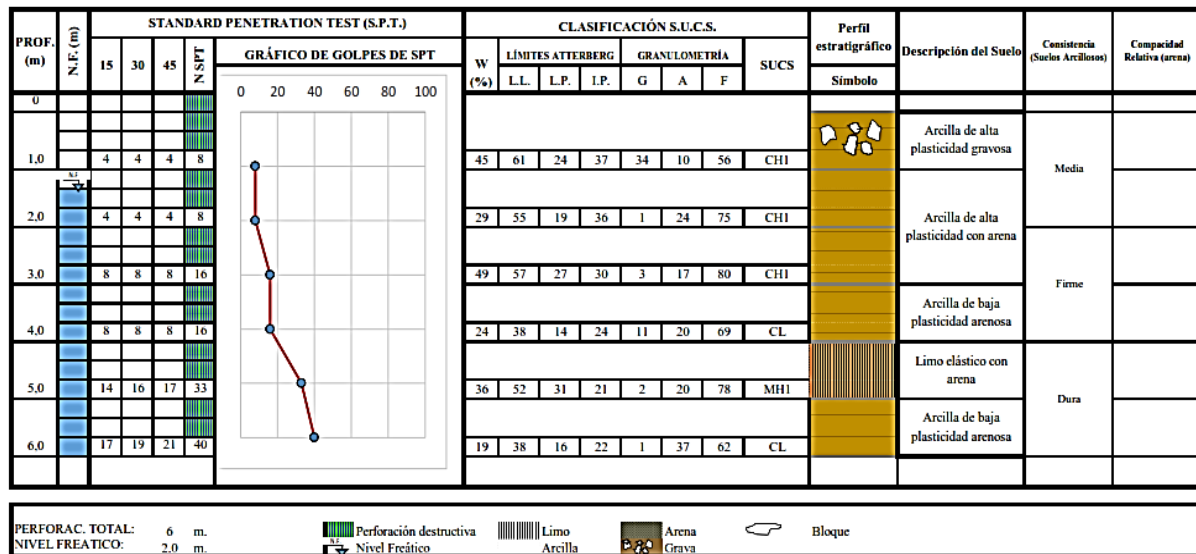


Figura 79. Perfil Estratigráfico del SPT 2

Tabla 41. Datos del SPT 2

SPT 2	Límites de Atterberg					Granulometría			Clasificación		N60		N160		C STROUD 1974		Y
	PROF. m.	C. H. %	L. L. %	L. P. %	I. P. %	GRAVA %	ARENA %	FINOS %	SUCS	AASHTO	golpes	golpes	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	(T/m ³)	
1	45.19	61	24	37	33.69	10.02	56.29	CHI	A-7-6	6	8.87	1.38	0.46	0.26	1.7		
2	29.04	55	19	36	1.15	23.64	75.21	CHI	A-7-6	6	8.87	1.38	0.46	0.26	1.7		
3	48.8	57	27	30	3.32	16.99	79.69	CHI	A-7-6	12	18.00	2.76	0.92	0.53	1.75		
4	23.78	38	14	24	11.46	19.83	68.71	CL	A-6	13.6	19.09	3.13	1.04	0.60	1.75		
5	36.27	52	31	21	1.88	20.19	77.93	MHI	A-7-5	20.4	26.19	4.70	1.56	0.91	1.7		
6	19.19	38	16	22	1.14	36.6	62.26	CL	A-6	38	48.79	8.76	2.92	1.70	1.8		



Se caracteriza que el primer metro corresponde a arcillosa de alta plasticidad gravosa, con un NSPT de 8 golpes, con una carga admisible de 0.46 Kg/cm² de consistencia media, con un contenido de humedad de 45.19%, un peso específico de 1.70 Tn/m³, es un material cohesivo con una cohesión de 0.26 Kg/cm².

El segundo metro presenta arcillas de alta plasticidad con arena, con un NSPT de 8 golpes, con una carga admisible de 0.46 Kg/cm², de consistencia media, con un contenido de humedad de 29.04%, un peso específico de 1.70Tn/m³, es un material cohesivo con una cohesión de 0.26 Kg/cm².

El tercer metro presenta arcillas de alta plasticidad con arena, con un NSPT de 16 golpes, con una carga admisible de 0.92 Kg/cm² de consistencia firme, con un contenido de humedad de 48.8 %, un peso específico de 1.75 Tn/m³, es un material cohesivo con una cohesión de 0.53 Kg/cm².

El cuarto metro presenta arcillas de baja plasticidad arenosa, con un NSPT de 16 golpes, con una carga admisible de 1.04 Kg/cm² de consistencia firme, con un contenido de humedad de 23.78%, un peso específico de 1.75Tn/m³, es un material cohesivo con una cohesión de 0.60 Kg/cm².

El quinto metro presenta un limo elástico con arena, con un NSPT de 33 golpes, con una carga admisible de 1.56 Kg/cm² de consistencia dura, con un contenido de humedad de 36.27%, un peso específico de 1.7 Tn/m³, y una cohesión de 0.91 Kg/cm².

El sexto metro presenta arcillas de baja plasticidad arenosa, con un NSPT de 40 golpes, con una carga admisible de 2.92 Kg/cm² de consistencia duro, con un contenido de humedad de 19.19%, un peso específico de 1.8 Tn/m³, y una cohesión de 1.70 Kg/cm².

✓ SPT 3

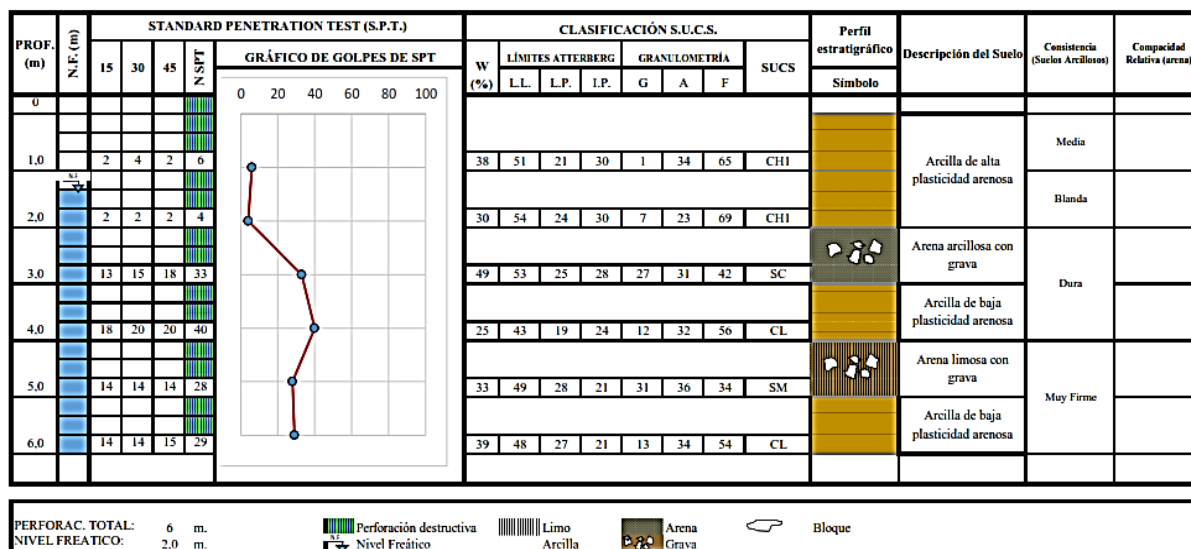


Figura 80. Perfil Estratigráfico del SPT 3



Tabla 42. Datos del SPT 3

SPT 3	Límites de Atterberg				Granulometría			Clasificación								
	PROF.	C. H.	L. L.	L. P.	I. P.	GRAVA	ARENA	FINOS	SUCS	AASHTO	N60	N160	quiltmeta	qadmneteta	C STROUD 1974	Y
m.	%	%	%	%	%	%	%	%			golpes	golpes	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	(T/m ³)
1	37.59	51	21	30	1.17	33.57	65.26		CH1	A-7-6	4.5	6.65	1.03	0.34	0.20	1.7
2	30.22	54	24	30	7.43	23.41	69.16		CH1	A-7-6	3	4.43	0.69	0.23	0.13	1.7
3	49.36	53	25	28	26.83	30.89	42.28		SC	A-7-6	24.75	35.63	5.70	1.90	1.11	1.9
4	25.36	43	19	24	11.65	31.94	56.41		CL	A-7-6	34	45.99	7.83	2.61	1.52	1.8
5	33.27	49	28	21	30.93	35.55	33.52		SM	A-2-7	18.275	22.79	4.21	1.40	0.81	1.8
6	38.95	48	27	21	12.74	33.5	53.76		CL	A-7-6	27.55	34.36	6.35	2.11	1.23	1.8

La caracterización a partir del primer metro corresponde a arcilla de alta plasticidad arenosa, con un NSPT de 6 golpes, con una carga admisible de 0.34 Kg/cm², de consistencia media, con un contenido de humedad de 37.59%, un peso específico de 1.7 Tn/m³, es un material cohesivo con una cohesión de 0.20 Kg/cm².

El segundo metro corresponde a arcilla de alta plasticidad arenosa, con un NSPT de 4 golpes, con una carga admisible de 0.23 Kg/cm², de consistencia Blanda, con un contenido de humedad de 30.22%, un peso específico de 1.7 Tn/m³, es un material cohesivo con una cohesión de 0.13 Kg/cm².

El tercer metro corresponde a arena arcillosa con grava, con un NSPT de 33 golpes, con una carga admisible de 1.90 Kg/cm², de consistencia dura, con un contenido de humedad de 49.36 %, un peso específico de 1.9 Tn/m³, es un material cohesivo con una cohesión de 1.11 Kg/cm².

El cuarto metro corresponde a arcilla de baja plasticidad arenosa, con un NSPT de 40 golpes, con una carga admisible de 2.61 Kg/cm², de consistencia dura, con un contenido de humedad de 25.36%, un peso específico de 1.8 Tn/m³, es un material cohesivo con una cohesión de 1.52 Kg/cm².

El quinto metro corresponde a arena limosa con grava, con un NSPT de 28 golpes, con una carga admisible de 1.40 Kg/cm², de consistencia muy firme, con un contenido de humedad de 33.27 %, un peso específico de 1.8 Tn/m³, es un material cohesivo con una cohesión de 0.81 Kg/cm².

El sexto metro corresponde a arcilla de baja plasticidad arenosa, con un NSPT de 29 golpes, con una carga admisible de 2.11 Kg/cm², de consistencia muy firme, con un contenido de humedad de 38.95 %, un peso específico de 1.8 Tn/m³, es un material cohesivo con una cohesión de 1.23 Kg/cm².



✓ SPT 4

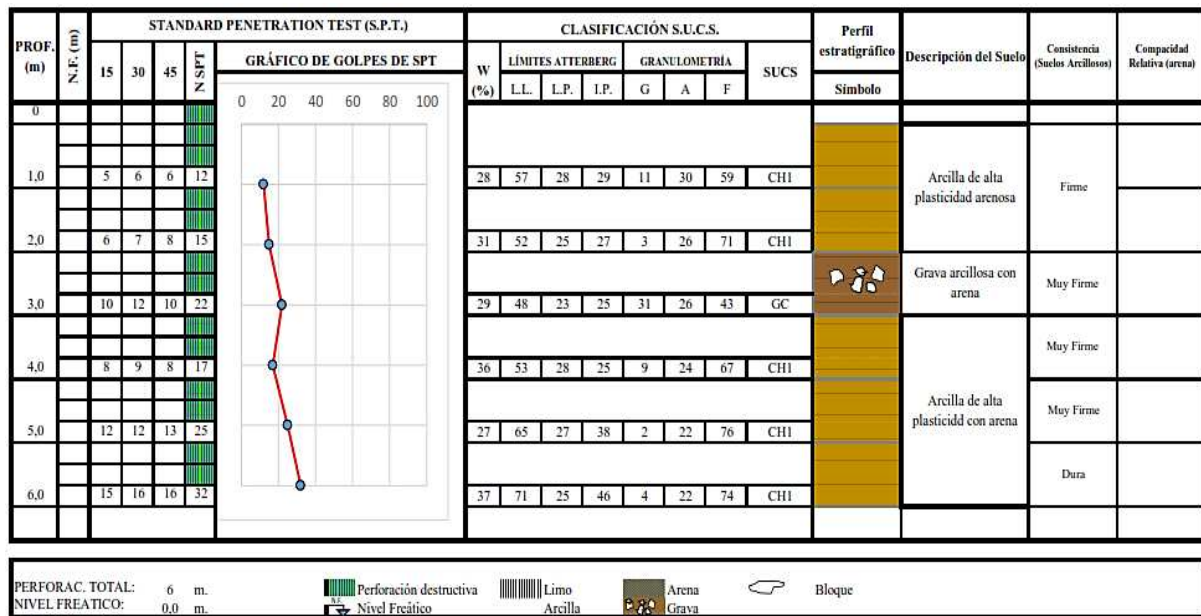


Figura 81. Perfil Estratigráfico del SPT 4

Tabla 43. Datos del SPT 4

SPT 4 PROF. m.	Límites de Atterberg				Granulometría			Clasificación		N60 golpes	N160 golpes	qu _{lneta} Kg/cm ²	q _{admnet} Kg/cm ²	C STROUD 1974 Kg/cm ²	Y (T/m ³)
	C. H. %	L. L. %	L. P. %	I. P. %	GRAVA %	ARENA %	FINOS %	SUCS	AASHTO						
1	28.13	57	28	29	11.09	30.35	58.56	CH1	A-7-6	9	12.17	2.07	0.69	0.40	1.75
2	31.18	52	25	27	3.09	26.18	70.73	CH1	A-7-6	11.25	15.21	2.59	0.86	0.50	1.75
3	29.05	48	23	25	31.21	25.61	43.18	GC	A-7-6	16.5	19.92	3.80	1.26	0.74	1.8
4	35.53	53	28	25	9.46	23.64	66.9	CH1	A-7-6	14.45	16.06	3.33	1.11	0.64	1.8
5	26.71	65	27	38	1.62	22.39	75.99	CH1	A-7-6	21.25	20.74	4.89	1.63	0.95	1.8
6	36.74	71	25	46	3.82	21.89	74.29	CH1	A-7-6	30.4	29.67	7.00	2.33	1.36	1.8

La caracterización a partir del primer metro corresponde a arcilla de alta plasticidad arenosa, con un NSPT de 12 golpes, con una carga admisible de 0.69 Kg/cm², de consistencia firme, con un contenido de humedad de 28.13%, un peso específico de 1.75 Tn/m³, es un material cohesivo con una cohesión de 0.40 Kg/cm².

El segundo metro corresponde a arcilla de alta plasticidad arenosa, con un NSPT de 15 golpes, con una carga admisible de 0.86 Kg/cm², de consistencia firme, con un contenido de humedad de 31.18%, un peso específico de 1.75 Tn/m³, es un material cohesivo con una cohesión de 0.50 Kg/cm².

El tercer metro corresponde a grava arcillosa con arena, con un NSPT de 22 golpes, con una carga admisible de 1.26 Kg/cm², de consistencia muy firme, con un contenido de humedad de 29.05 %, un peso específico de 1.8 Tn/m³, es un material cohesivo con una cohesión de 0.74 Kg/cm².

El cuarto metro corresponde a arcilla de alta plasticidad con arena, con un NSPT de 17 golpes, con una carga admisible de 2.61 Kg/cm², de consistencia muy firme, con un contenido



de humedad de 35.53 %, un peso específico de 1.8 Tn/m³, es un material cohesivo con una cohesión de 0.64 Kg/cm².

El quinto metro corresponde a arcilla de alta plasticidad con arena, con un NSPT de 25 golpes, con una carga admisible de 1.63 Kg/cm², de consistencia muy firme, con un contenido de humedad de 26.71 %, un peso específico de 1.8 Tn/m³, y una cohesión de 0.95 Kg/cm².

El sexto metro corresponde a arcilla de alta plasticidad con arena, con un NSPT de 32 golpes, con una carga admisible de 2.33 Kg/cm², de consistencia dura, con un contenido de humedad de 36.74 %, un peso específico de 1.8 Tn/m³, es un material cohesivo con una cohesión de 1.36 Kg/cm².

✓ SPT 5

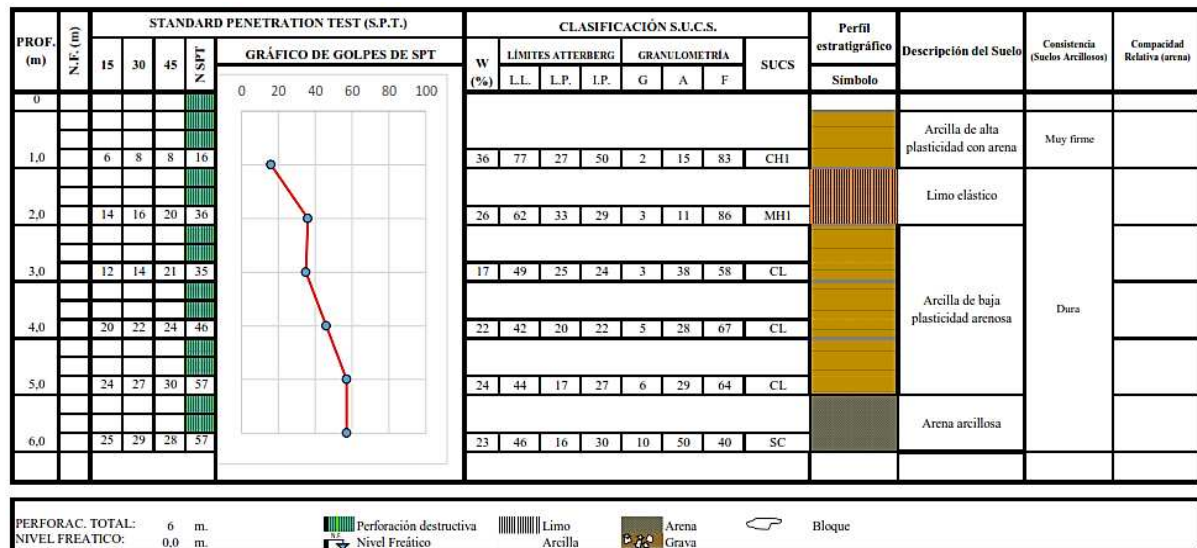


Figura 82. Perfil Estratigráfico del SPT 5

Tabla 44. Datos del SPT 5

SPT 5	Límites de Atterberg				Granulometría			Clasificación		N60 golpes	N160 golpes	qultneta Kg/cm ²	qadmneteta Kg/cm ²	C STROUD 1974 Kg/cm ²	Y (T/m3)
	PROF. m.	C. H. %	L. L. %	L. P. %	I. P. %	GRAVA %	ARENA %	FINOS %	SUCS						
1	36.14	77	27	50	1.86	15.46	82.68	CH1	A-7-6	12	16.23	2.76	0.92	0.53	1.8
2	26.21	62	33	29	3.01	10.71	86.28	MH1	A-7-5	27	36.52	6.22	2.07	1.21	1.7
3	16.56	49	25	24	3.37	38.43	58.2	CL	A-7-6	26.25	31.70	6.05	2.01	1.17	1.8
4	21.99	42	20	22	5.04	27.66	67.3	CL	A-7-6	39.1	43.46	9.01	3.00	1.75	1.8
5	23.95	44	17	27	6.42	29.28	64.3	CL	A-7-6	48.45	47.14	11.16	3.72	2.17	1.8
6	22.55	46	16	30	10.11	49.56	40.33	SC	A-7-6	54.15	52.68	12.48	4.16	2.42	1.9

La caracterización a partir del primer metro corresponde a arcilla de alta plasticidad con arena, con un NSPT de 16 golpes, con una carga admisible de 0.92 Kg/cm², de consistencia muy firme, con un contenido de humedad de 36.14 %, un peso específico de 1.8 Tn/m³, es un material cohesivo con una cohesión de 0.53 Kg/cm².

El segundo metro corresponde a un limo elástico, con un NSPT de 36 golpes, con una carga admisible de 2.07 Kg/cm², de consistencia dura, con un contenido de humedad de 26.21%, un peso específico de 1.70 Tn/m³, y una cohesión de 1.21 Kg/cm².



El tercer metro corresponde a arcilla de baja plasticidad arenosa, con un NSPT de 35 golpes, con una carga admisible de 2.01 Kg/cm², de consistencia dura, con un contenido de humedad de 16.56 %, un peso específico de 1.8 Tn/m³, y una cohesión de 1.17 Kg/cm².

El cuarto metro corresponde a arcilla de baja plasticidad arenosa, con un NSPT de 46 golpes, con una carga admisible de 3 Kg/cm², de consistencia dura, con un contenido de humedad de 21.99 %, un peso específico de 1.8 Tn/m³, y una cohesión de 1.75 Kg/cm².

El quinto metro corresponde a arcilla de baja plasticidad arenosa, con un NSPT de 57 golpes, con una carga admisible de 3.72 Kg/cm², de consistencia dura, con un contenido de humedad de 21.99 %, un peso específico de 1.8 Tn/m³, y una cohesión de 2.17 Kg/cm².

El sexto metro corresponde a una arena arcillosa, con un NSPT de 57 golpes, con una carga admisible de 4.16 Kg/cm², de consistencia dura, con un contenido de humedad de 22.55 %, un peso específico de 1.9 Tn/m³, es un material cohesivo con una cohesión de 2.42 Kg/cm².

En el **Anexo 9** se muestran los resultados detallados de los 5 SPTs realizados dentro del área de estudio. Los resultados de clasificación de suelos para cada metro de perforación se encuentran en el **Anexo 10**.

6.10.1 Cargas (Carga admisible “qadm”).

Para el SPT1, se puede identificar una carga ascendente proporcional a la profundidad del ensayo, en donde las cargas de los 3 primeros metros presentan valores similares llegando hasta una carga de 1.38 kg/cm², estos están constituidos por arcillas gravosas de alta plasticidad, el metro 4 por su lado presenta una carga admisible de 2.74 kg/cm², compuesto por arcilla-arenosa de alta plasticidad, mientras que el metro 5 y 6 presentan un mayor incremento de la carga admisible llegando hasta 4.81 kg/cm² estos están compuestos un material arcillo-arenoso más compacto, ver figura 83.

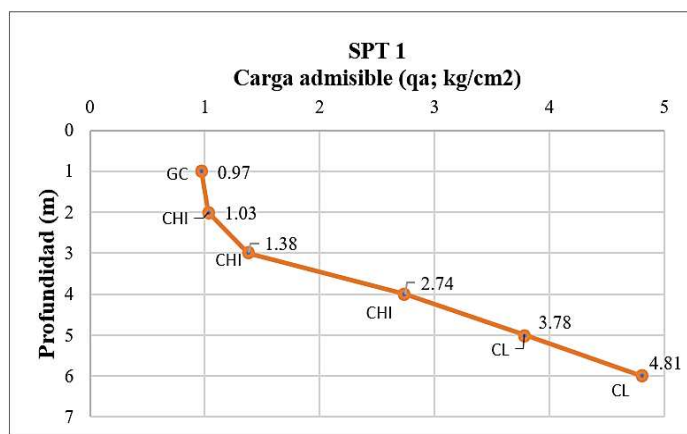


Figura 83. Carga admisible del SPT 1



Para el SPT2, se puede identificar una carga igual para los 2 primeros metros siendo de 0.48 kg/cm^2 , compuestos por arcillas de alta plasticidad arenosa, a partir del tercer metro se presenta una carga ascendente proporcional a la profundidad del ensayo, el metro 3,4 y 5 presentan cargas similares llegando hasta 1.56 kg/cm^2 , compuestos por arcillas de alta y baja plasticidad arenosa y limos-arenosos, mientras que el metro 6 presenta una carga admisible mayor siendo de 2.92 kg/cm^2 , está compuesto por arcillas de baja plasticidad arenosa, ver figura 84.

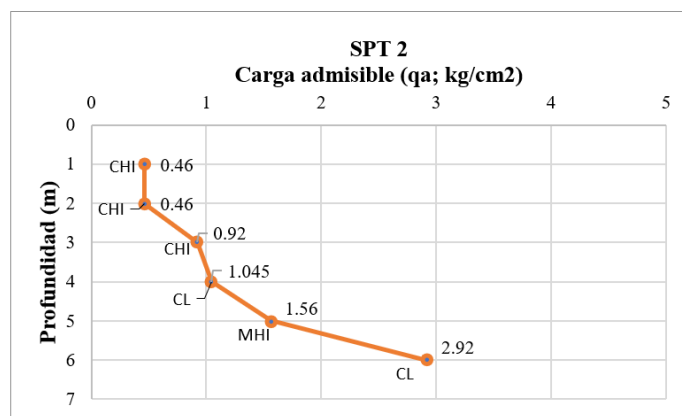


Figura 84. Carga admisible del SPT2

Para el SPT3, se puede identificar una carga inicial de 0.34 kg/cm^2 para el primer metro, en el segundo metro se presenta un descenso llegando a 0.23 kg/cm^2 , tanto el metro 1 y 2 están compuestos de arcilla de alta plasticidad arenosa, para el metro 3 y 4 se presenta un incremento de la carga admisible llegando hasta 2.61 kg/cm^2 , e su orden están compuestos por arena arcillosa con grava y arcilla de baja plasticidad arenosa, para el metro 5 se produce un descenso de la carga hasta 1.40 kg/cm^2 , el cual está formado por arena arcillosa con grava, y para el metro 6 nuevamente se presenta un incremento de la carga admisible hasta 2.11 kg/cm^2 , compuesto por arcilla de baja plasticidad arenosa, ver figura 85.

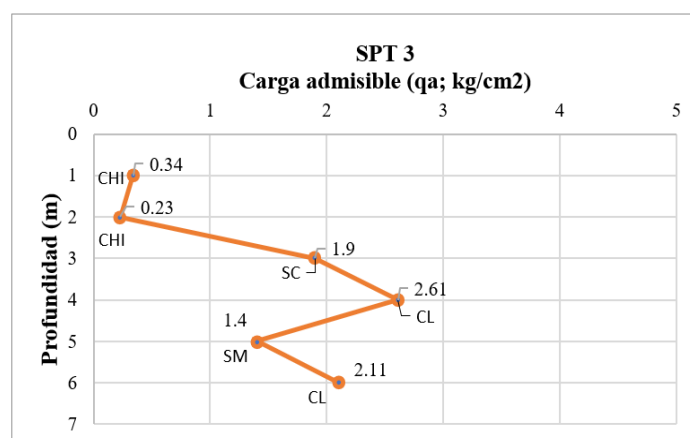


Figura 85. Carga admisible del SPT3



Para el SPT4, se puede identificar una carga ascendente proporcional a la profundidad en los 3 primeros metros de perforación con una carga inicial de 0.69 kg/cm² hasta 1.26 kg/cm², compuestos por arcillas de alta plasticidad arenosa, en el metro 4 se produce un descenso llegando a 1.11 kg/cm², mientras que para el metro 5 y 6 se presenta un incremento de la carga admisible llegando hasta 2.33 kg/cm². Tanto el metro 4,5 y 6 estas compuestos por arcillas de alta plasticidad arenosa, ver figura 86.

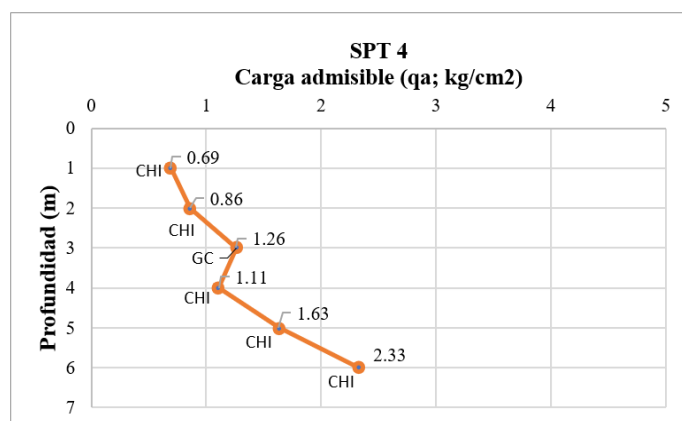


Figura 86. Carga admisible del SPT4

Para el SPT5, se puede identificar una carga inicial de 0.92 kg/cm² para el primer metro, en el segundo metro se presenta un incremento hasta 2.07 kg/cm², en su orden están formados por arcillas de alta plasticidad arenosa y limos elásticos, en el metro 3 se presenta un descenso de la carga hasta 2.01 kg/cm², a partir de aquí el metro 4,5 y 6 presentan un incremento de la carga llegando hasta 4.16 kg/cm², ver figura 87.

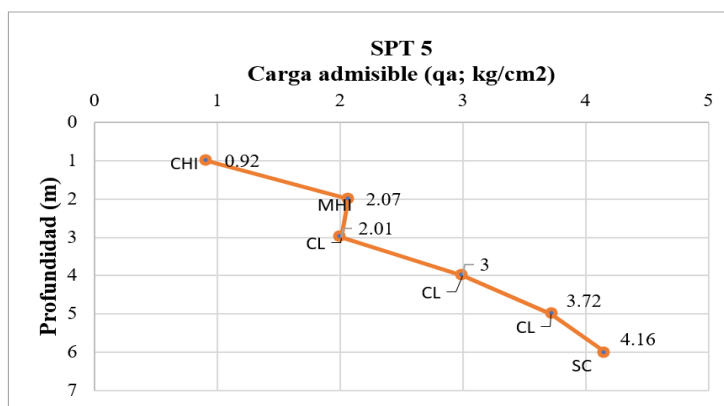


Figura 87. Carga admisible del SPT5

De forma resumida se puede indicar que para el SPT 1, los 3 primeros metros presentan una capacidad de carga inferior (0.97-1.38kg/cm²), mientras que a partir del 4 metro se presenta una capacidad de carga mayor (2.74-4.81kg/cm²); El SPT 2 por su lado los 5 primeros metros presentan una capacidad de carga menor (0.46-1.56 kg/cm²), el ,metro 6 a diferencia presenta



una capacidad de carga mayor (2.92 kg/cm^2); El SPT 3 por su lado se puede deducir que el metro 3, 4 y 6 presentan una capacidad de carga mayor que los metros 1, 2 y 5 en donde se presentan cargas más bajas ($0.34\text{-}1.40 \text{ kg/cm}^2$). En el SPT 4 los metros 4 y 6 presentan una capacidad de carga mayor a diferencia de los 4 primeros metros; En el SPT 5 los 3 primeros metros presentan una capacidad de carga menor ($0.53\text{-}1.21 \text{ kg/cm}^2$), a diferencia de los 3 últimos metros que presentan cargas mayores en función de la profundidad.

6.10.2 SPT VS Humedad.

En el SPT1, se puede apreciar en los tres primeros metros de suelo un contenido de humedad alto, a pesar que en esta perforación no se determinó nivel freático, mientras que para los metros 4,5 y 6 se reduce en función de la profundidad, ver figura 88.

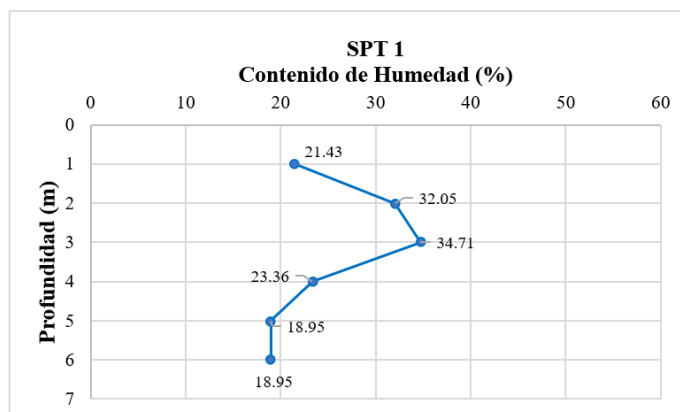


Figura 88. Contenido de humedad para el SPT1

En el SPT2, se puede ver un valor inicial de contenido de humedad bastante alto de 45.19% , en los siguientes metros se observa un aumento y descenso continuo de la humedad, teniendo así para el metro 2,4 y 6 valores más bajos, mientras que el metro 3 y 5 valores más altos, cabe indicar que en esta perforación se identificó el nivel freático a 2 m de profundidad, ver figura 89.

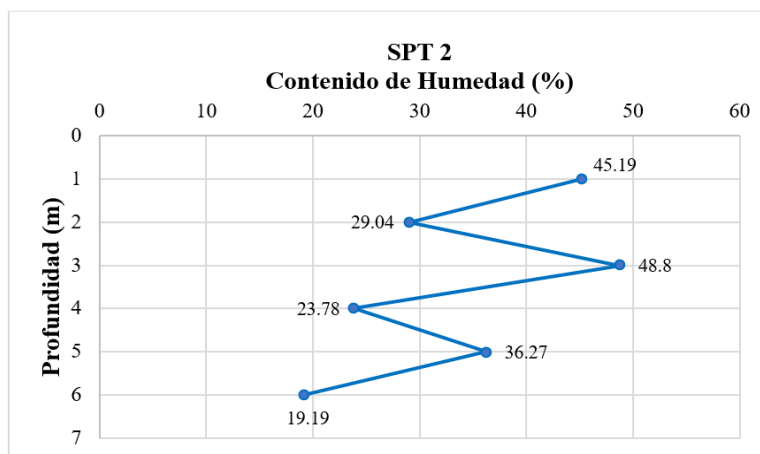


Figura 89. Contenido de humedad para el SPT2



En el SPT3, se aprecia un valor inicial de contenido de humedad alto de 37.59%, en los siguientes metros se observa un aumento y descenso continuo de la humedad, teniendo así para el metro 2 y 4 valores más bajos, mientras que el metro 3,5 y 6 valores más altos, cabe indicar que en esta perforación se identificó el nivel freático a 2 m de profundidad, ver figura 90.

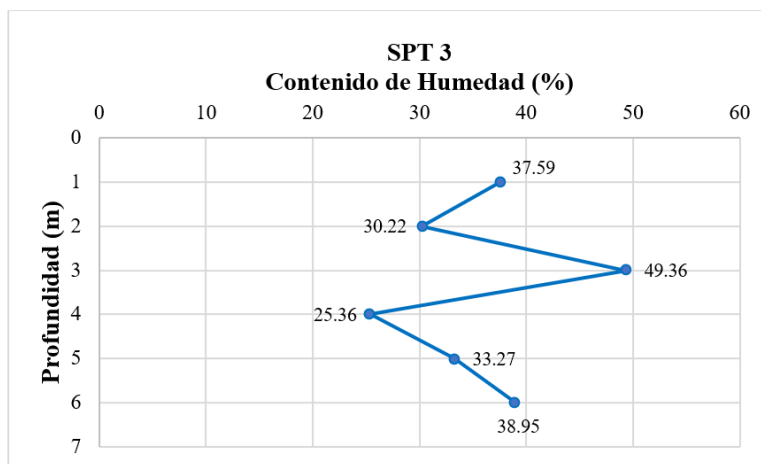


Figura 90. Contenido de humedad para el SPT3

En el SPT4, se puede apreciar un valor inicial de contenido de humedad de 28.13 %, en los siguientes metros se observa un aumento y descenso continuo de la humedad, teniendo así para el metro 3 y 5 valores más bajos, mientras que el metro 2,4 y 6 valores más altos, cabe indicar que en esta perforación no se identificó nivel freático, ver figura 91.

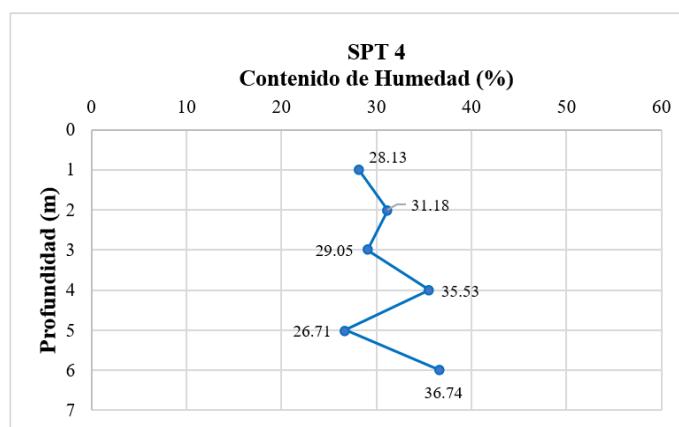


Figura 91. Contenido de humedad para el SPT4

En el SPT5, se puede apreciar un valor inicial de contenido de humedad alto de 36.14 %, en los siguientes metros se observa un descenso continuo de la humedad hasta el metro3, de ahí en adelante se produce un incremento de la humedad para los metros 4 y 5 y por último se produce un ligero descenso de la humedad para el metro 6, cabe indicar que en esta perforación no se identificó nivel freático, ver figura 92.

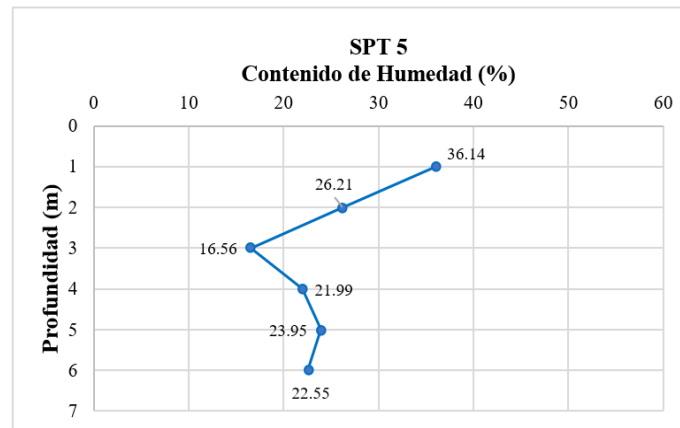


Figura 92. Contenido de humedad para el SPT1

6.10.3 Consistencia Relativa (CR).

La consistencia relativa permitió determinar la firmeza y la solidez del suelo, en la Tabla 45 se observa los resultados obtenidos mediante la aplicación de la fórmula de consistencia relativa y de las tablas de consistencia relativa de los suelos.

Tabla 45. Resultados obtenidos en base a la consistencia relativa

N.º de SPT	Profundidad (m)	Consistencia Relativa	Interpretación
1	1-3-4-5-6	1.08-0.76-0.92-1.10-1.10	Un suelo con consistencia rígida y tiene una resistencia a la presión Inconfinada (qu) 1 – 5 kg/cm ²
	2	0.56	Un suelo con consistencia media y tiene una resistencia a la presión Inconfinada (qu) 1 – 5 kg/cm ²
2	1-3	0.42-0.27	Un suelo con consistencia blando y tiene una resistencia a la presión Inconfinada (qu) 0.25 – 1 kg/cm ²
	2-4-5	0.72-0.59-0.75	Un suelo con consistencia media y tiene una resistencia a la presión Inconfinada (qu) 1 – 5 kg/cm ²
	6	0.85	Un suelo con consistencia rígida y tiene una resistencia a la presión Inconfinada (qu) 1 – 5 kg/cm ²
3	1-6	0.45-0.43	Un suelo con consistencia blando y tiene una resistencia a la presión Inconfinada (qu) 0.25 – 1 kg/cm ²
	2	0.79	Un suelo con consistencia rígida y tiene una resistencia a la presión Inconfinada (qu) 1 – 5 kg/cm ²
	3	0.14	Un suelo con consistencia muy blando y tiene una resistencia a la presión Inconfinada (qu) 0.25 – 1 kg/cm ²
	4-5	0.73-0.71	Un suelo con consistencia media y tiene una resistencia a la presión Inconfinada (qu) 1 – 5 kg/cm ²
4	1-2-3-5	0.99-0.77-0.76-1.00	Un suelo con consistencia rígida y tiene una resistencia a la presión Inconfinada (qu) 1 – 5 kg/cm ²
	4	0.46	Un suelo con consistencia blando y tiene una resistencia a la presión Inconfinada (qu) 0.25 – 1 kg/cm ²
	6	0.74	Un suelo con consistencia media y tiene una resistencia a la presión Inconfinada (qu) 1 – 5 kg/cm ²
5	1-2-3-4-6	0.81-1.23-1.35-0.91-0.78	Un suelo con consistencia rígida y tiene una resistencia a la presión Inconfinada (qu) 1 – 5 kg/cm ²
	5	0.74	Un suelo con consistencia media y tiene una resistencia a la presión Inconfinada (qu) 1 – 5 kg/cm ²



6.10.4 Índice de Liquidez (IL).

Este índice nos permite evaluar el comportamiento plástico de los depósitos (suelos) y obtener una idea de la historia de esfuerzos a los que el suelo ha estado sometido, los resultados presentados en la Tabla 46.

Tabla 46. Resultados obtenidos a partir del Índice de Liquidez

N.º de SPT	Índice de Liquidez	Interpretación
1	0.071	Se determina que son suelos preconsolidados, han sufrido presiones efectivas (T') y acción de erosión. Se trata de arcillas plásticas y expansivas.
2	0.39	Se determina que son suelos preconsolidados, han sufrido presiones efectivas (T') y acción de erosión. Se trata de arcillas plásticas y expansivas.
3	0.45	Se determina que son suelos preconsolidados, han sufrido presiones efectivas (T') y acción de erosión. Se trata de arcillas plásticas y expansivas.
4	0.16	Se determina que son suelos preconsolidados, han sufrido presiones efectivas (T') y acción de erosión. Se trata de arcillas plásticas y expansivas.
5	0.02	Se determina que son suelos preconsolidados, han sufrido presiones efectivas (T') y acción de erosión. Se trata de arcillas plásticas y expansivas.

Con los resultados obtenidos de acuerdo a las tablas, el SPT 1 corresponde a suelos preconsolidados, han sufrido presiones efectivas (T') y acción de erosión, tratándose de arcillas plásticas con un cambio de volumen moderado y un potencial expansivo moderado.

En el SPT 2, corresponde a suelos preconsolidados, han sufrido presiones efectivas (T') y acción de erosión, tratándose de arcillas plásticas con un cambio de volumen moderado y un potencial expansivo moderado.

En el SPT 3, corresponde a suelos preconsolidados, han sufrido presiones efectivas (T') y acción de erosión, tratándose de arcillas plásticas con un cambio de volumen moderado y un potencial expansivo moderado.

En el SPT 4, corresponde a suelos preconsolidados, han sufrido presiones efectivas (T') y acción de erosión, tratándose de arcillas plásticas con un cambio de volumen alto y un potencial expansivo moderado.

En el SPT 5, corresponde a suelos preconsolidados, han sufrido presiones efectivas (T') y acción de erosión, tratándose de arcillas plásticas con un cambio de volumen alto y un potencial expansivo moderado.



6.11 Correlación de los SEVs

A continuación, se presenta una correlación en sentido Norte-Sur, alineando los SEVs 1,2 y 3, ver figura 93.

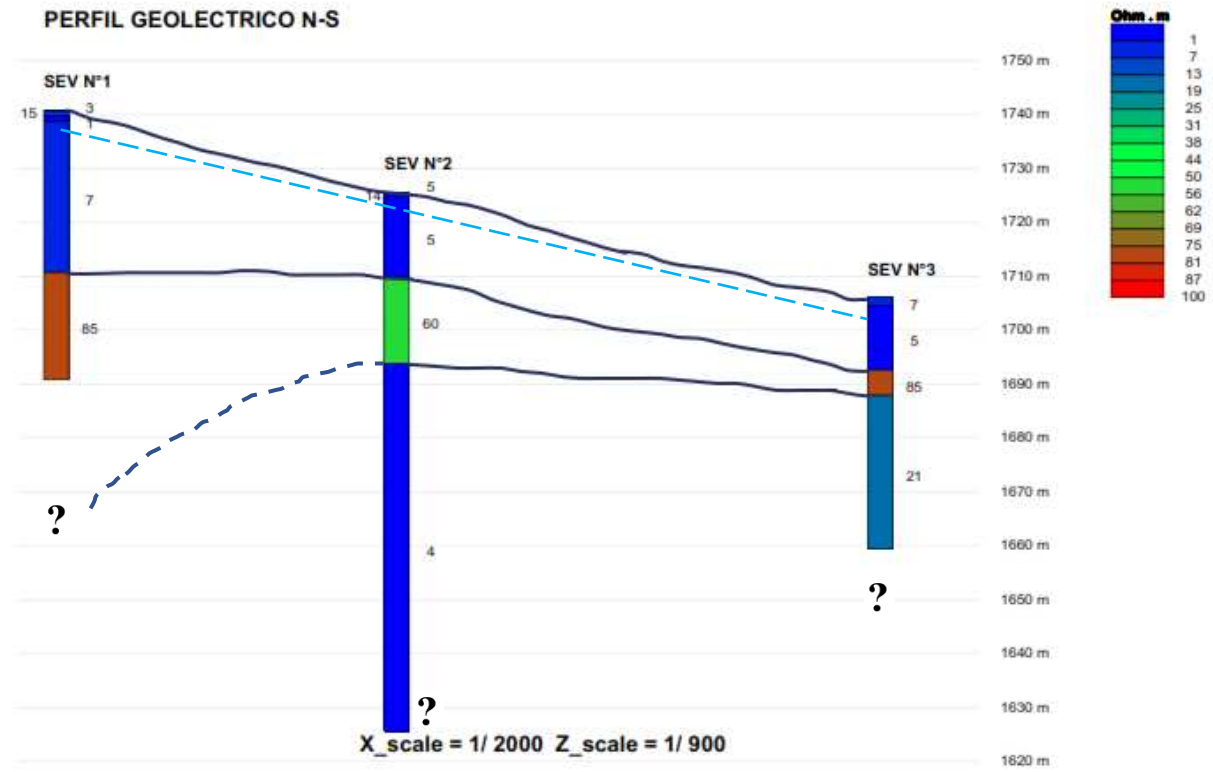


Figura 93. Correlación de los SEVs 1,2 y 3-sentido N-S

Correlación en sentido Este-Oeste, alineando los SEVs 5-2 y 4, ver figura 94.

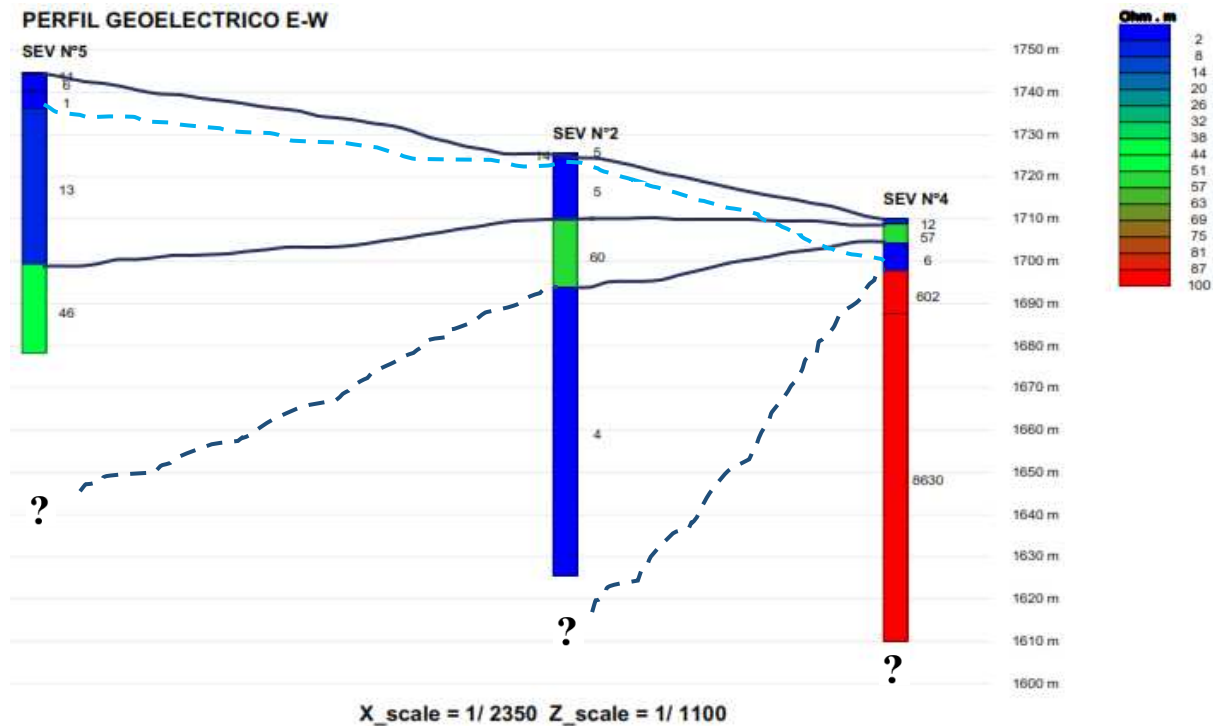


Figura 94. Correlación de los SEVs 5,2 y 4-sentido E-W



Tras haber obtenido los resultados para cada uno de los SEVs, a través del software interpretador automático IPI2win, se logró correlacionar los Sevs, alineándolos en primera instancia en sentido Norte-Sur abarcando los (SEVs 1,2 y 3). Y otro perfil en sentido Este-Oeste, abarcando los (SEVs 5,2 y 4), se pudo interpretar de forma global lo siguiente:

De acuerdo al comportamiento de las curvas de resistividad, de acuerdo a la geología de la zona (rocas sedimentarias) se entiende que los materiales arcillosos tengan una variación por presencia de cantidad de limos y arenas en su composición, ubicándose un bajo contenido de gravas. Así para valores de resistividad por debajo de $15 \Omega m$, se estima horizontes posiblemente saturados, en rangos hasta los $85 \Omega m$ horizontes arcillo limosos y valores superiores horizontes arenosos con presencia de gravas.

6.12 Correlación de los SPTs

Para la correlación de los SPT se generó al igual que los Sevs dos alineamientos, una en sentido Norte-Sur alineando el SPT 1,2 y 3 (ver figura 95); y el otro perfil en sentido Este-Oeste alineando los SPT 5,2 y 4, (ver figura 96).

✓ Correlación N-S (SPT 1-2-3)

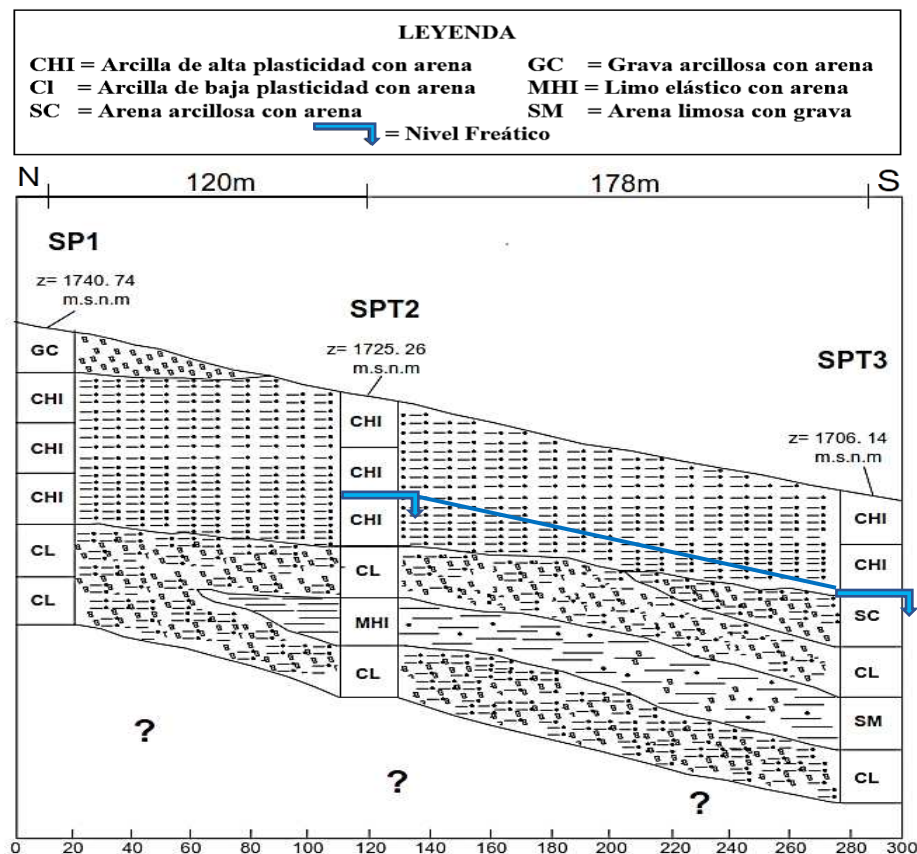


Figura 95. Correlación de los SPTs 1,2 y 3-sentido N-S

En este primer perfil se puede observar que el primer metro del SPT1 está compuesto por grava-arcillosa con arena, dicho material no se encuentra presente en el SPT 2 Y 3, el



segundo, tercero y cuarto metro del SPT1 está formado por material arcilloso de alta plasticidad con arena, este material se relaciona con los 3 primeros metros del SPT2 y los 2 primeros metros del SPT3; el 3 metro del SPT 3 está formado por arena arcillosa con grava dicho material no se encuentra presente el SPT 1 y 2; El quinto metro y sexto metro del SPT 1 comprende arcilla de baja plasticidad con arena la cual se relaciona con el cuarto y sexto metro tanto del SPT2 al igual que el SPT3, se puede apreciar además que el quinto metro del SPT 2 está formado por limo elástico con arena mientras que el quinto metro del SPT3 y 3 se componer de arena limosa con grava, por tanto los el quinto metro del SPT 2 y 3 se relacionan al estar compuestos por materiales similares, este material se presenta como un lente de contacto ya que no se lo aprecia en el SPT1.

✓ **Correlación W-E (SPT 4-2-5)**

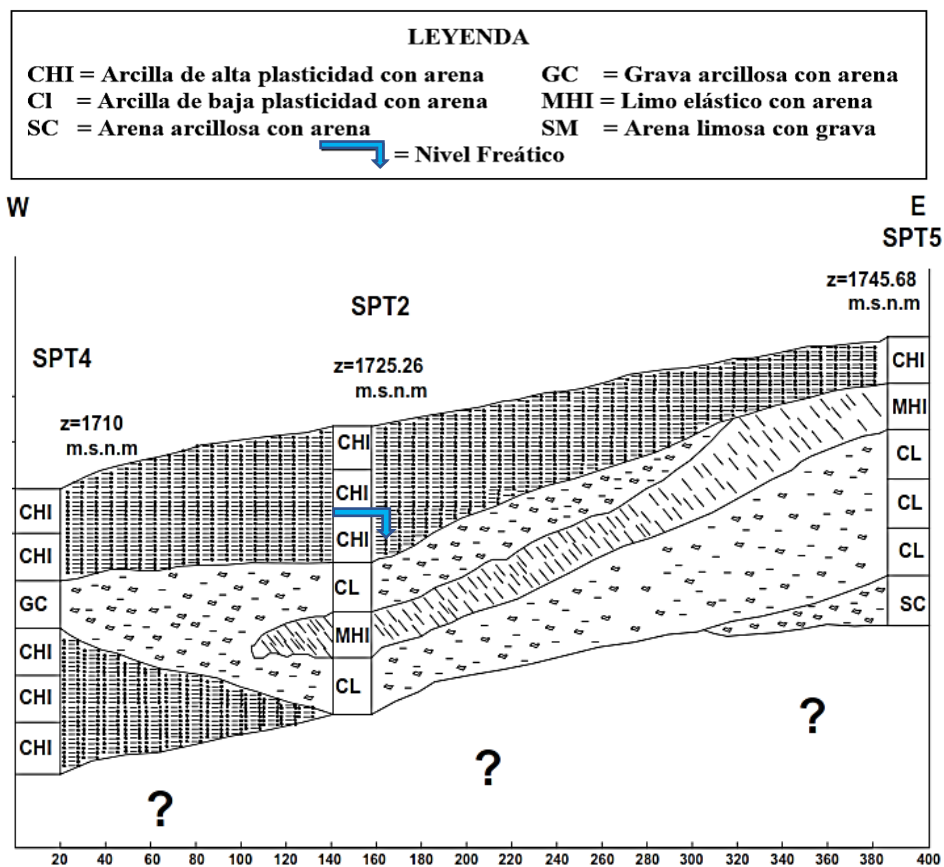


Figura 96. Correlación de los SPTs 4,2 y 5-sentido W-E

En este perfil se puede apreciar que los dos primeros metros del SPT4 estas compuestos por arcilla de alta plasticidad con arena, este material se relaciona con los 3 primeros metros del SPT2 y el 1 metro del SPT 5; el segundo metro del SPT5 formado por limo elástico con arena, se relaciona con el 5 metro del SPT2, formando así un lente de contacto ya que este material no se encuentra presente en el SPT4; el 3,4 y 5 metro del SPT 5 formados por arcilla de baja plasticidad arenosa, se relacionan con el 4 y 6 metro del SPT 2 y a su vez con el 3 metro



del SPT4 formado por un material similar (grava arcillosa con arena); los metros 4,5 y 6 del SPT4 formados por arcilla de alta plasticidad arenosa no se encuentran presentes en el SPT 2 y 5; el ultimo metro del SPT5 formado por arena arcillosa con grava no se encuentra presente en el SPT 2 y 4.

6.13 Zonificación Geotécnica

Con el mapa de zonificación geotécnica se obtuvo como resultado 3 zonas geotécnicas en la tabla 47 se muestran los resultados, el mapa de zonificación se generó a escala 1:2250, el cual se encuentra en el (Anexo 11).

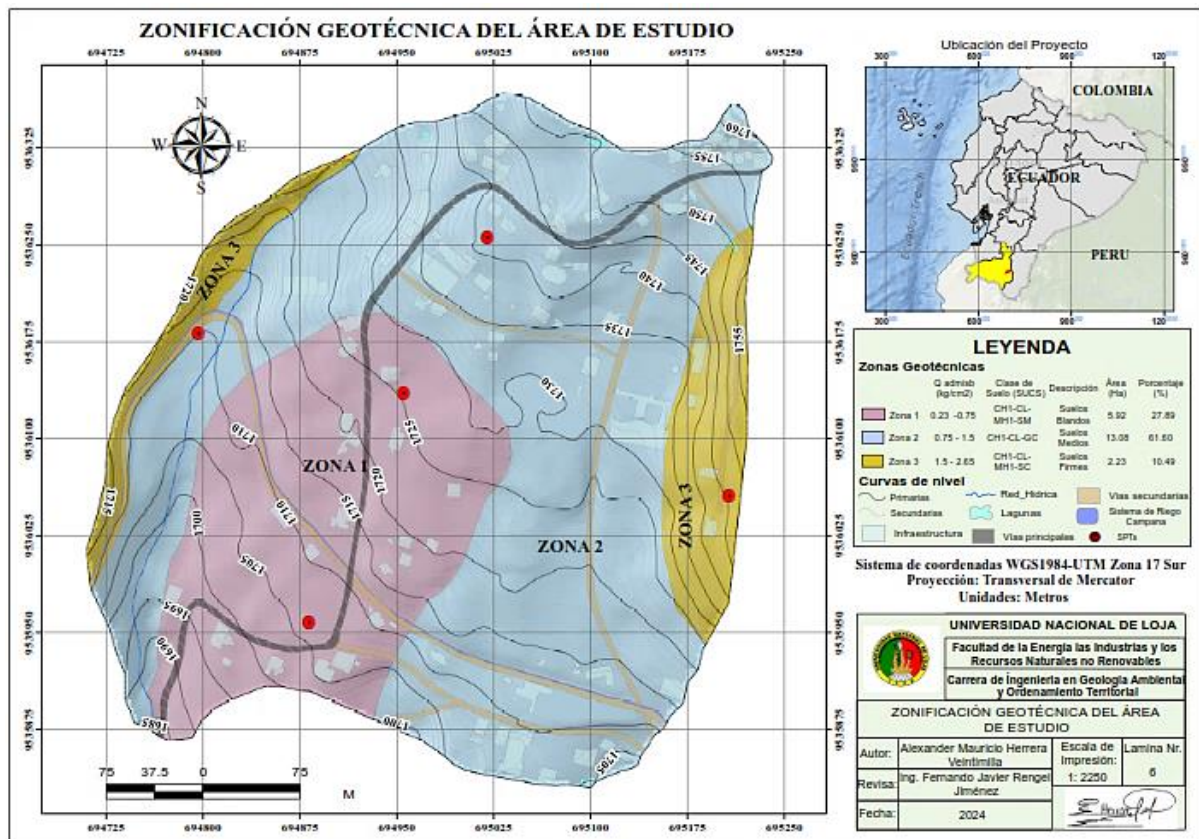


Figura 97. Zonificación geotécnica del área de estudio

Tabla 47. Resultados de zonificación geotécnica de 1 a 3 m de profundidad

Zonas Geotécnicas del área de estudio								
Zona	Q admisible (kg/ cm ²)	Litología	Clasificación de suelos (SUCS)	Material	Pendientes	Nivel F.	Área (Ha)	Porcentaje (%)
1	0.23-0.75	Deposito coluvial	CH1-CL-MH1-SM	Suelos Blandos	2-15°	2 m	5.92	27.89
2	0.75-1.5	Deposito Coluvial	CH1-CL-GC	Suelos Medios	2-35°	3-8 m	13.08	61.60
3	1.5-2.65	Lutitas-Aeniscas-micro-conglomer.	CH1-CL-MH1-SC	Suelos Firmes	15-39. 51°	8 m	2.23	10.49



✓ **ZONA 1**

Deposito coluvial del cuaternario de naturaleza poligénica compuesto por materiales arcillo-arenosos con litoclastos de origen volcánico y metamórfico, predominan suelos agrícolas, bajo la normativa de clasificación de suelos (SUCS) comprende suelos del tipo “CH1-CL-MH1-SM”, abarca pendientes de planas fuertemente inclinadas entre 0-15°, presenta niveles freáticos someros identificados a 2 m de profundidad, compuesta por materiales blandos moderadamente expansivos, con una carga admisible entre el rango de 0.23-0.75 kg/cm².

✓ **ZONA 2**

Deposito coluvial del cuaternario, de naturaleza poligénica compuesto por materiales arcillo-arenosos con litoclastos de origen volcánico y metamórfico, predominan suelos de carácter agrícolas y antrópico, bajo la normativa de clasificación de suelos (SUCS) comprende suelos del tipo “CH1-CL-GC”, abarca pendientes de ligeramente inclinadas muy inclinadas entre 2-35°, presenta niveles freáticos identificados a una profundidad de 3-8m, compuesta por materiales medios moderadamente expansivos, con una carga admisible entre el rango de 0.75-1.5 kg/cm².

✓ **ZONA 3**

Areniscas, lutitas, lomolitas y micro-conglomerados del mioceno medio, de naturaleza tectónico-erosivo compuesto, predominan suelos de uso agrícola y antrópico, bajo la normativa de clasificación de suelos (SUCS) comprende suelos del tipo “CH1-CL-GC”, abarca pendientes de ligeramente inclinadas a muy inclinadas entre 15-39.51°, presenta niveles freáticos identificados a una profundidad de 8m aproximadamente, compuesta por materiales firmes moderadamente expansivos, con una carga admisible entre el rango de 1.5-2.65 kg/cm².



7 Discusión

Topográficamente la zona de estudio resulta irregular, existiendo un desnivel de 78 m en relación a la cota mayor (1762m.s.n.m) y menor (1684 m.s.n.m). la topografía levantada difiera en gran medida con la información del PDOT actual de la parroquia Malacatos (2019-2023), principalmente debido al nivel de detalle de 1:25000 a 1:2250, en el trabajo realizado se determinan con mejor precisión infraestructura, red hídrica, vías principales y secundarias actualizadas.

Las pendientes de la zona de estudio se obtuvieron aplicando la metodología propuesta por Demmek 1972, obteniendo 5 clases de pendientes que van desde pendientes planas a pendientes empinadas; esta información en contraste con la del PDOT de la parroquia guarda estrecha relación a pesar que no se aplica la misma metodología, el mayor porcentaje de la zona de estudio presenta pendientes de media a fuertemente inclinadas al igual que en el presente trabajo investigativo.

Tomando como base el levantamiento de campo y la fotointerpretación realizada así como también la información brindada en el catálogo descriptivo de objetos geomorfológicos del Ecuador escala 1:25000 (2015), se determinaron 3 unidades geomorfológicas, las cuales al realizar una comparativa con las información del PDOT se evidencia que en el mismo el área de estudio se encuentra dentro de una sola unidad geomorfológica catalogada como (Relieve colinado alto), en este no se toma en cuenta los depósitos coluviales que se extienden de S a N desde el barrio el Sauce, Belén y parte del barrio San Francisco Alto.

El uso actual del suelo fue se lo obtuvo mediante trabajo de campo y de gabinete a través de la ortofoto genera en el levantamiento topográfico, la clasificación se la obtuvo mediante el protocolo metodológico “Mapa de cobertura y uso de la tierra del Ecuador continental 2013- 2014, escala 1:100.000, del MAE-MAGAP (2015)”, en el cual se sintetiza las actividades agrícolas y pecuarias, considerando que el barrio Belén gran parte de sus suelos son destinados a cultivos agrícolas, información que a su vez se puede relacionar con el PDOT de la parroquia.

El diagnóstico de la situación actual del barrio Belén, se lo obtuvo a partir del análisis de las variables de topografía, pendientes, uso de suelo y geomorfología, determinando que los suelos del barrio Belén actualmente se ven afectados por problemas de inestabilidad principalmente por las malas prácticas de irrigación sobre el alto porcentaje de suelos agrícolas presentes en la zona, adicionalmente por el pobre y colapsado sistema de eliminación de aguas hervidas con las que cuentan casi el 100% de las viviendas del barrio, esta información se corrobora con la expuesta en el PDOT de la parroquia Malacatos, en donde se indica que las áreas rurales de la parroquia al carecer de un sistema de alcantarillado usan principalmente las



fosas sépticas como medio de eliminación aguas servidas. Cabe mencionar que otro aspecto importante citado en el PDOT en donde que la mala infraestructura del sistema de riego Campana-Malacatos influye en la inestabilidad de los suelos en algunos sectores, sin embargo a pesar que el sistema de riego atraviesa el barrio Belén esto no se lo pudo constatar debido a que actualmente el mismo se encuentra entubado.

La geología del sector partiendo de las general a lo más específico el autor Hungerbühler 1997, tras un estudio detallado de la cuenca sedimentaria de Malacatos-Vilcabamba estableció una estratigrafía de las formaciones geológicas que conforman la cuenca, tiendo así de base a techo la unidad chiguinda, unidad tres lagunas, formación San José, Formación Sato Domingo; Formación Cerro Mandango; más tarde el autor Corrochano 2014, en su estudio (SEDIMENTOLOGÍA Y ESTRATIGRAFÍA DEL NORTE DE LA CUENCA MALACATOS – VILCABAMBA (MIOCENO, PROVINCIA DE LOJA – SUR DE ECUADOR), redefine la secuencia sedimentaria de la cuenca, apareciendo así la formación San Francisco que anteriormente Hungerbühler 1997 la denomino como miembro arenisca dentro de la formación Cerro Mandango.

Localmente el área de estudio abarca tres unidades litológicas principales, la formación Santo Domingo y la Formación San Francisco que corresponden al mioceno medio y Depósitos Coluviales formados en el cuaternario; La formación Santo Domingo está compuesta principalmente por lutitas, areniscas y finas láminas de yeso y material carbonáceo, mientras que la formación san francisco está formada por areniscas, limolitas y conglomerados, esta información guarda relación con la litología expuesta para estas formaciones según el autor Corrochano 2014, los depósitos coluviales están formados principalmente por una matriz arcillo-arenoso, acompañado de cantos y clastos subredondeados y subangulosos de origen metamórfico y volcánico que oscilan entre 0.1 y 1.2 m. El PDOT actual de la parroquia Malacatos (2019-2023), en el levantamiento geológico escala 1:25000, solamente da a conocer una formación presente dentro del área de trabajo correspondiente a la formación (San Cayetano), la cual no se contrasta con en el trabajo realizado a escala 1:2250, ya que dicha formación no se encuentra presente dentro de la zona de estudio.

Estructuralmente en el área de estudio se han podido determinar estructuras sedimentarias puntuales pequeños pliegues y fallas, sin embargo, de forma regional Corrochano 2014, menciona que el norte de cuenca sedimentaria de Malacatos-Vilcabamba se encuentra formada por un sistema de fallas con diferentes tendencias las cuales establecen los límites de la cuenca y los contactos tectónicos entre unidades y formaciones geológicas. Fierro (1991) describe que la falla San Francisco, divide el norte de la cuenca en dos bloques, además es



aquella que ha generado la repetición de las formaciones sedimentarias al occidente (la Merced) y al oriente (la Granja), cabe mencionar que la zona de estudio se encuentra situada sobre el bloque Nor-oriental la granja.

Mediante la caracterización Geotécnica a través de métodos de exploración indirecta como los SEVs, se determinó la existencia de niveles freáticos a 2 m de profundidad para los SEVs 1,2 y 3, de acuerdo al comportamiento de las curvas de resistividad y la geología de la zona se entiende que la zona de estudio está formada principalmente por materiales arcillosos los cuales presentan variaciones en las resistividades debido a la presencia limos y arenas en su composición. Así para valores de resistividad por debajo de 15 Ω m, se estima horizontes saturados compuestos por material arcilloso, en rangos hasta los 85 Ω m horizontes arcillo limosos y para valores superiores horizontes arenosos con presencia de gravas.

A partir de los ensayos de penetración estándar (SPT), se determinó que para el primer SPT se obtuvo un rango de golpes de 7-38, formado principalmente por arcilla de alta y baja plasticidad arenosa, con porcentajes de humedad entre 19-35 % y una carga admisible promedio de 2.45 kg/cm²; el SPT2 presenta un rango de golpes entre 4-21, compuesto principalmente por arcillas de alta y baja plasticidad arenosa y limos elásticos con arena, presenta un porcentaje de humedad entre 19-49 % y una carga admisible promedio de 1.23 kg/cm², a los 2 metros se identificó el nivel freático; El SPT 3 presenta un rango de golpes entre 2-20, compuesto por arcillas de alta y baja plasticidad arenosa y limos arenosos, tiene un porcentaje de humedad entre 25-49%, con una carga admisible promedio de 1.43 kg/cm², el nivel freático se identificó a 2 m; el SPT4 presenta un rango de golpes entre 5-16, formado por arcillas de alta plasticidad arenosa y gravas arcillosas con arena, tiene un porcentaje de humedad entre 28-37 % y una carga admisible promedio de 1.32 kg/cm²; el SPT5 presenta un rango de golpes entre 6-30, formado principalmente por arcillas de baja plasticidad arenosa, limos elásticos y arena arcillosa, tiene un porcentaje de humedad entre 17-36 % y una carga admisible promedio 2.65 kg/cm².

Mediante los parámetros de Contenido de Humedad (C.H), Limite Liquido (LL), limite plástico (LP), índice de plasticidad (IP), y porcentaje de gravas, arenas, finos, consistencia relativa, índice de liquidez y el comportamiento de las arcillas se dedujo que los 5 SPTs corresponden al grupo de las caolinitas las cuales tienen un cambio de volumen moderado a alto y un potencial expansivo moderado, Vallejo 2002, menciona que en suelos con cambios de volumen pueden generar afectaciones muy perjudiciales sobre todo en obras ligeras como viviendas de una o dos plantas, estas afectaciones se producen a raíz de construir en estaciones



o periodos secos o húmedos ya que al cambiar las condiciones de evapotranspiración bajo la vivienda el suelo puede contraerse o expandirse.

Con la zonificación geotécnica se logró determinar 3 zonas geotécnicas, las cuales comprenden materiales de blandos a firmes moderadamente expansivos, presentan pendientes mayormente en el rango de 2-35°, donde se ha podido constatar la presencia de niveles freáticos someros para la zona 1, mientras que para la zona 2 y 3 estos se encuentran a mayor profundidad, las cargas admisibles para estas zonas están comprendida entre (0.23-2.65 kg/cm²). Con la zonificación geotécnica se constató que preferentemente se presentan suelos del tipo CHI, CL, MHI, SC, los cuales son catalogados como suelos expansivos, bajo este contexto el autor Vallejo, (2002), menciona que los suelos expansivos no son aptos para apoyar directamente sobre ellos cimentaciones sin antes tomar posibles soluciones constructivas sobre estos suelos, recomendando realizar un reemplazamiento del terreno, cimentación con pozo y cimentaciones profundas mediante pilotaje, dicha información se contrasta con la de los autor O'Neill y Poormoayed, (1980), los cuales recomiendan las mismas soluciones propuestas por Vallejo, (2002) y destacan además el uso de Cal para reducir o eliminar el potencial expansivo de este tipo de suelos.



8 Conclusiones

- ✓ Topográficamente el área de estudio comprende una superficie total de 21.24 Ha, presentando un relieve de terreno irregular, donde las alturas varían desde 1684 a 1762 m.s.n.m, existiendo un desnivel de 78 metros.
- ✓ De acuerdo al modelo de pendientes se obtuvieron 5 clases, pendientes planas (4.19%); pendientes ligeramente inclinadas (18.48%), pendientes fuertemente inclinadas (65.96%), pendientes muy inclinadas (11.29%) y pendientes empinadas (0.05%).
- ✓ Dentro de la geomorfología se determinaron 3 unidades geomorfológicas, siendo el depósito coluvio-aluvial antiguo la unidad más predominante abarcando 17.72 Ha lo que representa el (83.40%), el relieve colinado medio abarca 3.21 Ha lo cual representa el 15.14 %, y el depósito coluvial que abarca 0.30 Ha lo cual representa el 1.45%.
- ✓ En el mapa de uso de suelos se obtuvieron 5 tipos de uso de suelo, teniendo así principalmente el uso de tierra agropecuaria la cual abarca 13.77 Ha, representando el 64.79 %, este uso como tal incide en la desestabilización y erosión de los suelos del sector, seguidamente se tiene el uso por zonas antrópicas el cual abraza 3.07 Ha y representa el 14.46 %; el uso por vegetación arbustiva y herbácea abarcan 2.5 Ha (11.75%), el uso por áreas sin cobertura vegetal representan 1.49 Ha (7.04%), y por último el uso por cuerpos de agua representando 0.41 Ha correspondientes al 1.93 % del área de estudio.
- ✓ El levantamiento geológico permitió definir que el área de estudio se encuentra dentro de cuatro unidades litológicas bien definidas, específicamente sobre la Formación Santo Domingo, donde predominan capas de lutita, arenisca y finas láminas de yeso y material carbonáceo (9.04%). La Formación San Francisco que está caracterizada por areniscas, limolitas y conglomerados (4.87%). Los depósitos coluviales se caracterizan por presentar materiales poco consolidados que se han ido acumulando a largo del tiempo a partir de materiales predominantes de otras formaciones geológicas aledañas al sector Estos depósitos se constituyen principalmente por una matriz arcillo-arenosa, con la presencia de cantos y clastos metamórficos y volcánicos que oscilan entre 0.1m-1.2 m de diámetro (84.63 %). El depósito aluvial formado por cantos subredondeados de fuentes metamórficas y volcánicas los cuales se encuentran principalmente en un matriz arenosa (1.45%).
- ✓ Con los sondeos eléctricos verticales (SEVs), se localizó un nivel freático en los primeros metros de exploración especialmente en la zona central del área, en sentido Norte-Sur, en los SEVs 1,2 y 3, por lo que se determinó que en esta zona predominan materiales arcillo-arenosos con un alto grado de saturación, con resistividades menores a los 15 Ω m, a partir de los 25 m de profundidad aproximadamente se localizan estratos con resistividades



mayores tratándose de limos y arenas gravosas con resistividades que fluctúan los 85 Ω m, en el caso del SEV4 se obtuvieron valores particulares muy altos llegando hasta los 8630 Ω m.

- ✓ Así mismo se realizaron 5 ensayos de penetración estándar (SPT), con lo cual se determinó que los suelos del área de estudio según la normativa SUCS están caracterizados por gravas arcillosas con arena (GC), limos elásticos con arena (MHI), arena arcillosa con grava (SC) y principalmente por arcillas de alta y baja plasticidad con arena (CH₁;CL), por lo cual, de acuerdo al comportamiento de las arcillas, estas tienen un cambio de volumen moderado a alto y con un potencial expansivo moderado. Los SPTs al ser ubicados en los mismos puntos donde se realizaron los SEVs se pudo contrastar la presencia de materiales arcillosos en los primeros metros del suelo, así como también la existencia de niveles freáticos a 2 m de profundidad para los SPT 2 y 3.
- ✓ Con el mapa de zonificación geotécnica se obtuvieron 3 zonas geotécnicas, la primera y segunda compuestas por un depósito coluvial del cuaternario, de naturaleza poligénica compuesto por materiales por materiales arcillo-arenosos con litoclastos de origen volcánico y metamórfico, bajo la normativa (SUCS) comprenden suelos del tipo “CH₁-CL-MH₁-SM-GC”, abarca pendientes entre 0-35°, presentan niveles freáticos identificados de 2 a 8 m de profundidad, compuesta por materiales blandos a medios con una carga admisible entre el rango de 0.23-1.5 kg/cm², y la tercera zona abarca areniscas, lutitas, lomolitas y micro-conglomerados del mioceno medio, de naturaleza tectónico-erosivo, predominan suelos de uso agrícola y antrópico, bajo la normativa (SUCS) comprende suelos del tipo “CH₁-CL-GC”, abarca pendientes de ligeramente inclinadas a muy inclinadas entre 15-39.51°, presenta niveles freáticos identificados a una profundidad de 8m, compuesta por materiales firmes con una carga admisible entre el rango de 1.5-2.65kg/cm².



9 Recomendaciones

- ✓ Ejecutar estudios hidrogeológicos e hidrológicos dentro de la zona de la zona para identificar áreas de recarga natural y direcciones de flujo de agua subterránea.
- ✓ Realizar ensayos de sísmica de refracción en la zona más conflictiva del barrio belén bajo donde esto para complementar el ensayo SPT realizado previamente y poder determinar la estructura del subsuelo a mayor profundidad.
- ✓ Previamente a la construcción, se mejore y adapte el suelo para crear una mayor capacidad portante y así evitar asentamientos mediante técnicas como la sustitución del suelo bajo compactación, y la introducción de elementos que estabilicen los suelos expansivos como el caso de la Cal.
- ✓ Ante los resultados obtenidos se recomienda la implementación de una fosa séptica colectiva diseñada técnicamente, y esta sea ubicada en la parte baja del barrio belén en donde se colecten todas las aguas de uso doméstico de las viviendas del sector, para de esta forma alivianar la carga de agua que afecta directamente a los suelos del sector.
- ✓ Además, se recomienda la implementación de drenajes a largo de la vía belén, a una profundidad de 3 m, para de esta forma cortar el nivel freático determinado a 2m de profundidad, y así alivianar el contenido de humedad de los suelos Este drenaje podría desembocar en la parte baja del barrio en la quebrada Pillaraca.
- ✓ Hacer uso de la información y los resultados obtenidos en esta investigación para que sirva como base para futuros proyectos o estudios dentro del área o zonas aledañas.



10 Bibliografía

- Alulima, B. E. (2015). *Sedimentología y Estratigrafía del norte de la cuenca Malacatos-Vilcabamba (Mioceno, Provincia de Loja-Sur del Ecuador)*. Quito: Escuela Politécnica Nacional.
- ÁLVAREZ, J. E. (2014). *repository.ucatolica.edu.co*. Obtenido de https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/2572/1/SPT_factor_CN_%C3%A1ngulo_%C3%98_diferentes_correlaciones.pdf
- Arias, D., Hoyos, F., & Echeverri, O. (2012). RELACIONES GEOELECTRICAS EN LA EXPLORACION GEOTECNICA. *Boletín de Ciencias de la Tierra*.
- CABASCANGO, L. (2020). *CARACTERIZACIÓN ESTRUCTURAL DE LAS CUENCAS SEDIMENTARIAS DE GONZANAMÁ, CATAMAYO Y MALACATOS VILCABAMBA AL SUR DEL ECUADOR, PROVINCIA DE LOJA*. QUITO.
- Casanova, L. M. (2002). TOPOGRAFÍA PLANA. En L. M. Casanova. MERIDA: TALLER DE PUBLICACIONES DE INGENIERIA,ULA. Obtenido de http://www.serbi.ula.ve/serbiula/libros-electronicos/Libros/topografia_plana/pdf/topografia.pdf
- Chalén, G. C. (2017). *Aplicación de la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-15*. Guayaquil-Ecuador.
- CONRED. (2015). *dipecholac.net*. Obtenido de <https://dipecholac.net/docs/herramientas-proyecto-dipecho/guatemala/6-GUIA-TECNICA-DEL-PROCESO-DE-EVALUACION-RAPIDA-DE-DANOS-EN-VIVIENDA.pdf>
- DAS, B. M. (2015). *FUNDAMENTOS DE INGENIERIA GEOTECNICA*. Mexico: Cengage Learning Editores, S.A.
- DOBRIN, M. B. (1980). *INTRODUCCION A LA PROSPECCION GEOFÍSICA*. Barcelona: EDICIONES OMEGA, S. A. .
- ESCOBAR, G. D. (2020). *MANUAL DE GEOLOGIA PARA INGENIEROS*. Manizales, UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA.
- Fernández Lozano, J., & Gutiérrez, G. (2016). APLICACIONES GEOLÓGICAS DE LOS DRONES. *Revista de la Sociedad Geológica de España*.
- FRANQUET BERNIS, J., & GÓMEZ, A. (2010). *NIVELACIÓN DE TERRENOS POR REGRESIÓN TRIDIMENSIONAL*. Tortosa: UNED-Tortosa. C/ Cervantes.
- Guaillas, D. F. (2014). *Análisis de información de geomecánica de suelos para la elaboración de una propuesta de mapa de zonificación geotécnica para la ciudad de Loja una propuesta de* . Loja: Repositorio UTPL.
- JIMENEZ SALAS, J. A., & ALPAÑES, J. (1975). *GEOTECNIA Y CIMENTOS*. Madrid: Rueda.
- Juárez, B., & Rodríguez, R. (2005). *FUNDAMENTOS DE MECANICA DE SUELOS* . Mexico: LIMUSA S,A. de C.V.
- López, M. (2003). *DETERMINACION IN SITU DE PROPIEDADES INGENIERILES DE LOS SUELOS Y SU RELACION CON EL ENSAYO NORMAL DE PENETRACION*. Buenos Aires.
- Masabanda, M., Morales, B., & Bonifaz, H. (2018). *Geotecnia para Ingenieria Civil*. Quito: Editorial de la Universidad de las Fuerzas Armadas.



- Medina, M. Z. (2010). APUNTES DE TOPOGRAFÍA. En M. Z. Medina, *APUNTES DE TOPOGRAFÍA*. UNAN (ACATLÁN). Obtenido de <http://www.bibliotecacpa.org.ar/greenstone/collect/facagr/index/assoc/HASHa003.dir/doc.pdf>
- Orellana, H. (1982). *Prospección Geoeléctrica*. Madrid: Paraninfo.
- PALADINES, A., & SOTO, J. (2010). *GEOLOGÍA Y YACIMIENTOS MINERALES DEL ECUADOR*. Loja .
- PDOT. (2019-2023). *Plan de desarrollo y ordenamiento territorial de la parroquia Malacataos*. Malacatos .
- Ramírez, P., & Alejano, L. (2004). *Fundamentos e Ingeniería de Taludes*. Madrid.
- Solís , B., Tobar, J., Coronel, O., & León, J. (2020). *LÉXICO ESTRATIGRÁFICO DE LAS CUENCAS SEDIMENTARIAS MIOCÉNICAS DEL SUR DEL ECUADOR*. Ecuador.
- Solís, B., Reyes, P., & Corrochano, D. (2017). Revisión morfoestructural y tectónica del norte de la cuenca Malacatos-Vilcabamba. *GEO Latitud*, 13.
- Spikermann, J. P. (2010). *ELEMENTOS DE GEOLOGIA GENERAL*. Buenos Aires : Fundación de Historia Natural Félix de Azara. Obtenido de <https://www.fundacionazara.org.ar/img/libros/elementos-de-geologia-general.pdf>
- SUAREZ, J. (2009). *Deslizamientos - Analisis Geotecnico*. Colombia: Universidad Industrial de Santander UIS.
- Tamez, E. (2001). *Ingeniería de cimentaciones*. México: TGCgeotecniaS.A. de C.V.
- Tarback, E., & Lutgens, F. (2005). *CIENCIAS DE LA TIERRA: Una Introduccion a la Geologia Física*. Madrid: Pearson Educación S. A.
- Taylor, D. (1961). *Principios fundamentales de mecanica de suelos*. Mexico : CONTINENTAL, S.A.
- Vallejo, L. I. (2002). *INGENIERÍA GEOLÓGICA*. Madrid: PEARSON EDUCACIÓN, S.A.
- VARELA, R. (2014). www.insugeo.org.ar. Obtenido de http://www.insugeo.org.ar/libros/misc_21/pdf/varela_miscelanea_21_manual_de_geologia.pdf



11 Anexos

Anexo 1. Informe de calidad de los puntos según “Leica Geosystems AG”

Leica Geosystems AG
Heinrich Wild Strasse
CH-9435 Heerbrugg
St. Gallen, Switzerland

Phone: + 41 71 727 3131
Fax: + 41 71 727 4674

- when it has to be right



Points Quality Report

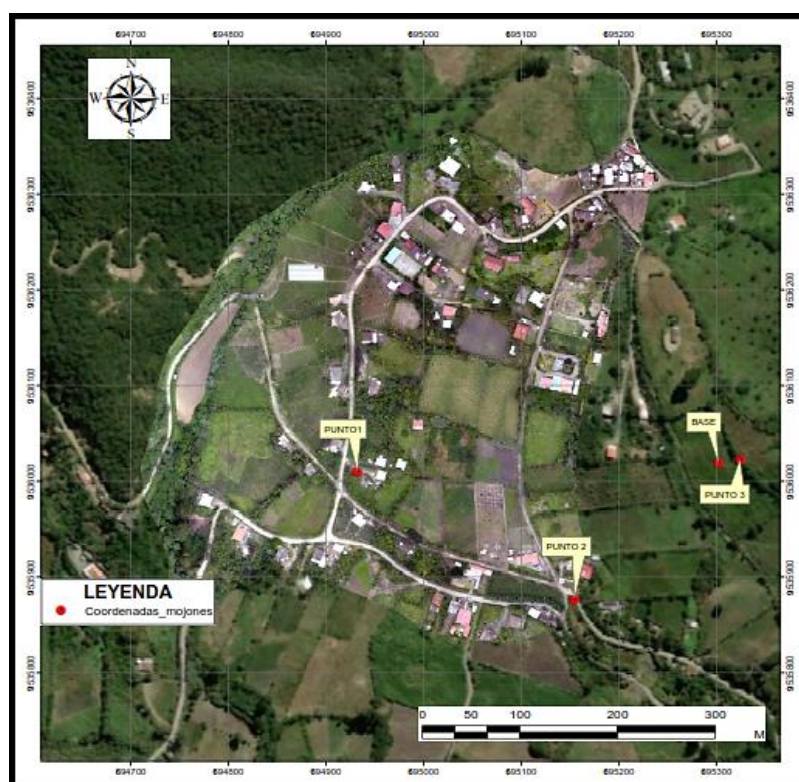
Report created: 27/12/2021 23:56:01

Project Details

General		Customer Details		Master Coordinate System	
Project Name:	TESIS ALEXANDER HERRERA	Customer Name:	-	Coordinate System Name:	WGS84-175_EGM96
Owner:	ALEXANDER HERRERA	Contact Person:	-	Transformation Type:	None
Lead Surveyor:	-	Number:	-	Residual Distribution:	None
Date Created:	27/12/2021 23:08:22	Email:	-	Ellipsoid:	WGS 1984
Last Accessed:	27/12/2021 23:32:53	Skype:	-	Projection Type:	UTM
Application Software:	Infinity 3.0	Website:	-	Geoid Model:	EGM96ec
				CSCS Model:	-
Path:	D:\ALEXANDER HERRERA LEICA\TESIS ALEXANDER HERRERA.iprj				
Size:	83.2 MB				
Comments:	-				

Summary

#	Point ID	Point Role	Easting [m]	Northing [m]	Ortho. Height [m]	Ellips. Height [m]	Code	Tilt [gon]	3D CQ [m]	2D CQ [m]	1D CQ [m]	Date/Time
1	BASE	Control	695 302.2069	9 536 019.2200	1 774.0295	1 791.6227		-	0.0003	0.0002	0.0003	27/12/2021 23:48:21
2	LJEC	Control Fixed 3D	700 008.3092	9 558 951.5747	2 125.7095	2 143.5100		-	-	-	-	27/12/2021 23:34:02
3	PUNTO 1	Fixed PP	694 931.9680	9 536 010.0781	1 714.8353	1 732.4392		-	0.0005	0.0003	0.0005	13/12/2021 12:00:43
4	PUNTO 2	Fixed PP	695 154.5163	9 535 877.1702	1 710.8562	1 728.4522		-	0.0006	0.0004	0.0005	13/12/2021 13:03:07
5	PUNTO 3	Fixed PP	695 324.2594	9 536 022.8252	1 782.7444	1 800.3370		-	0.0005	0.0002	0.0004	13/12/2021 14:13:02





Anexo 2. Reporte de procesamiento de datos

Quality Report

Generated with Pix4Dentiprte version 4.5.6

! **Important:** Click on the different icons for:

- ?** Help to analyze the results in the Quality Report
- i** Additional information about the sections

💡 Click [here](#) for additional tips to analyze the Quality Report

Summary **i**

Project	ORTOFOTO ALEXANDER HERRERA
Processed	2021-12-28 02:34:08
Camera Model Name(s)	FC8310_8.8_5472x3648 (RGB)
Average Ground Sampling Distance (GSD)	4.15 cm / 1.64 in
Area Covered	0.670 km ² / 67.0412 ha / 0.26 sq. mi. / 165.7482 acres

Quality Check **i**

? Images	median of 77548 keypoints per image	✓
? Dataset	709 out of 709 images calibrated (100%), all images enabled	✓
? Camera Optimization	0.87% relative difference between initial and optimized internal camera parameters	✓
? Matching	median of 30565.2 matches per calibrated image	✓
? Georeferencing	yes, 10 GCPs (10 3D), mean RMS error = 0.017 m	✓

? Preview **i**

Figure 1: Orthomosaic and the corresponding sparse Digital Surface Model (DSM) before densification.



Calibration Details

Number of Calibrated Images	709 out of 709
Number of Geolocated Images	709 out of 709

Initial Image Positions

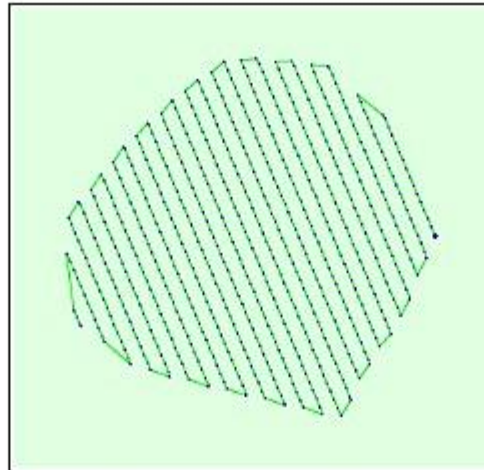
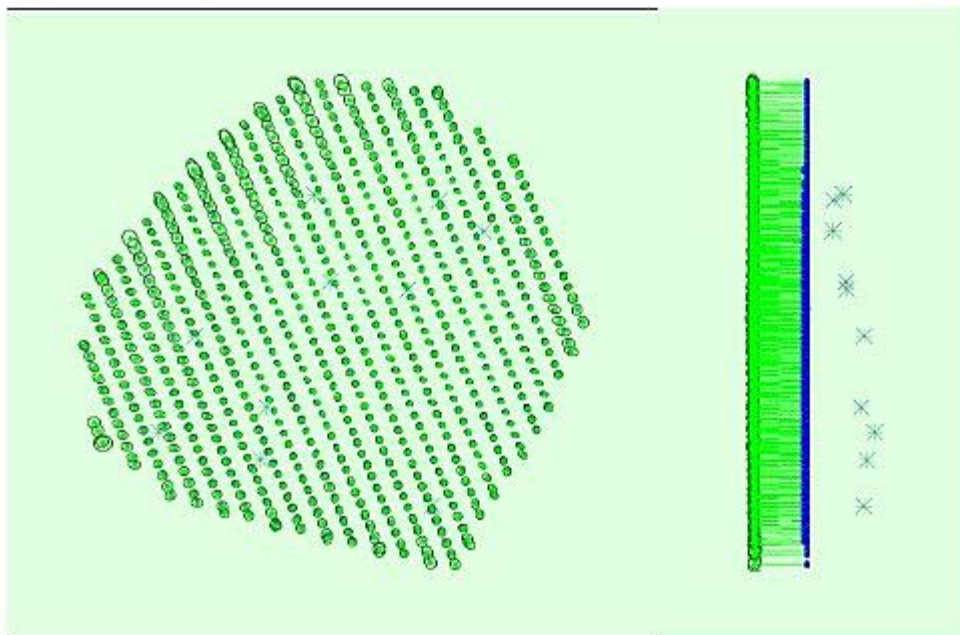


Figure 2: Top view of the initial image position. The green line follows the position of the images in time starting from the large blue dot.

Computed Image/GCPs/Manual Tie Points Positions



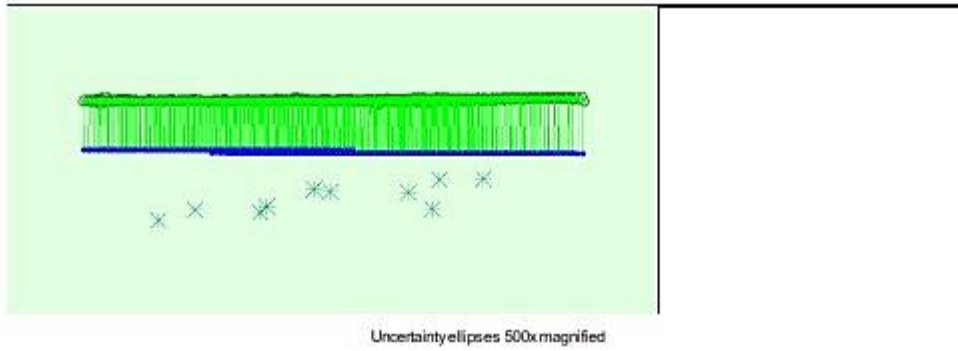


Figure 3: Offset between initial (blue dots) and computed (green dots) image positions as well as the offset between the GCPs initial positions (blue crosses) and their computed positions (green crosses) in the top-view (XY plane), front-view (XZ plane), and side-view (YZ plane). Dark green ellipses indicate the absolute position uncertainty of the bundle block adjustment result.

Absolute camera position and orientation uncertainties

	X [m]	Y [m]	Z [m]	Omega [degree]	Phi [degree]	Kappa [degree]
Mean	0.011	0.011	0.013	0.005	0.004	0.002
Sigma	0.003	0.003	0.002	0.002	0.001	0.001

Overlap

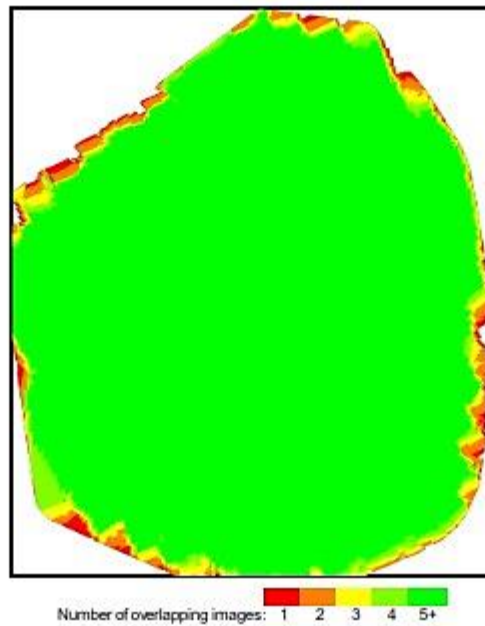


Figure 4: Number of overlapping images computed for each pixel of the orthomosaic. Red and yellow areas indicate low overlap for which poor results may be generated. Green areas indicate an overlap of over 5 images for every pixel. Good quality results will be generated as long as the number of keypoint matches is also sufficient for these areas (see Figure 5 for keypoint matches).

Bundle Block Adjustment Details



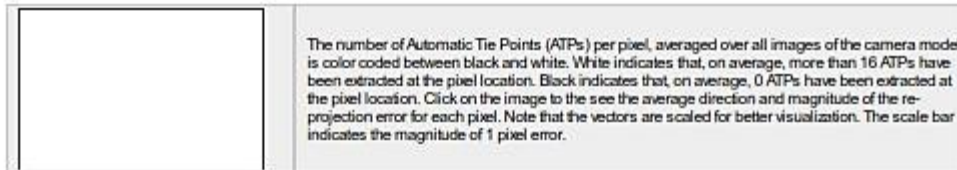
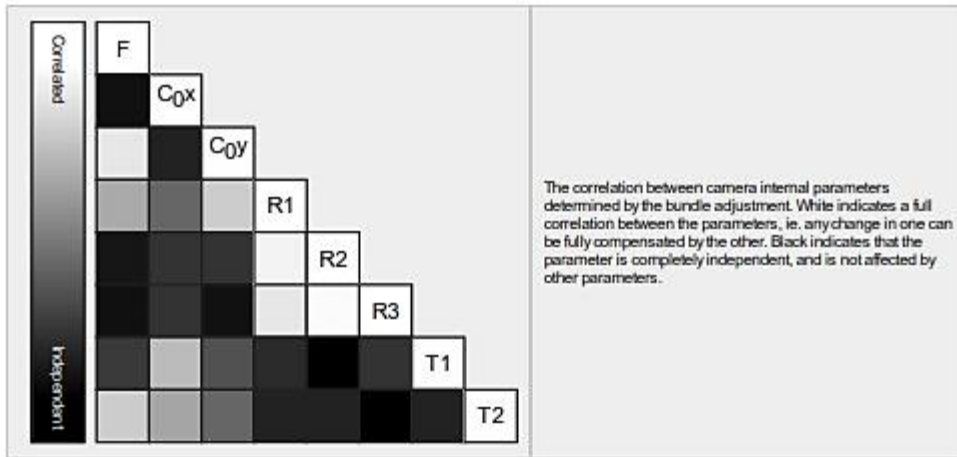
Number of 2D Keypoint Observations for Bundle Block Adjustment	21868939
Number of 3D Points for Bundle Block Adjustment	8389748
Mean Reprojection Error [pixels]	0.152

Internal Camera Parameters

FC6310_8.8_5472x3648 (RGB). Sensor Dimensions: 12.833 [mm] x 8.556 [mm]

EXIF ID: FC63105_8.8_5472x3648

	Focal Length	Principal Point x	Principal Point y	R1	R2	R3	T1	T2
Initial Values	3668.759 [pixel] 8.604 [mm]	2736.001 [pixel] 6.417 [mm]	1823.999 [pixel] 4.278 [mm]	0.003	-0.008	0.008	-0.000	0.000
Optimized Values	3700.823 [pixel] 8.679 [mm]	2703.462 [pixel] 6.340 [mm]	1803.579 [pixel] 4.230 [mm]	-0.012	0.000	0.007	-0.002	-0.003
Uncertainties (Sigma)	0.210 [pixel] 0.000 [mm]	0.075 [pixel] 0.000 [mm]	0.195 [pixel] 0.000 [mm]	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000



2D Keypoints Table

	Number of 2D Keypoints per Image	Number of Matched 2D Keypoints per Image
Median	77548	30565
Min	33699	7179
Max	90642	53761
Mean	77025	30845

3D Points from 2D Keypoint Matches

	Number of 3D Points Observed
In 2 Images	6033342
In 3 Images	1355909
In 4 Images	471049
In 5 Images	211889
In 6 Images	111828



In 7 Images	64440
In 8 Images	39763
In 9 Images	25629
In 10 Images	17312
In 11 Images	11953
In 12 Images	8892
In 13 Images	6782
In 14 Images	5216
In 15 Images	4226
In 16 Images	3296
In 17 Images	2715
In 18 Images	2214
In 19 Images	1754
In 20 Images	1558
In 21 Images	1293
In 22 Images	1130
In 23 Images	951
In 24 Images	815
In 25 Images	691
In 26 Images	638
In 27 Images	572
In 28 Images	436
In 29 Images	411
In 30 Images	354
In 31 Images	315
In 32 Images	274
In 33 Images	245
In 34 Images	217
In 35 Images	201
In 36 Images	166
In 37 Images	141
In 38 Images	129
In 39 Images	111
In 40 Images	98
In 41 Images	77
In 42 Images	83
In 43 Images	62
In 44 Images	69
In 45 Images	65
In 46 Images	46
In 47 Images	49
In 48 Images	46
In 49 Images	44
In 50 Images	30
In 51 Images	34
In 52 Images	25
In 53 Images	18
In 54 Images	15
In 55 Images	19
In 56 Images	16
In 57 Images	17
In 58 Images	14
In 59 Images	8
In 60 Images	10
In 61 Images	10
In 62 Images	6
In 63 Images	5
In 64 Images	5
In 65 Images	4



In 66 Images	1
In 67 Images	1
In 69 Images	3
In 70 Images	2
In 73 Images	1
In 76 Images	2
In 78 Images	1
In 80 Images	2
In 86 Images	1

2D Keypoint Matches

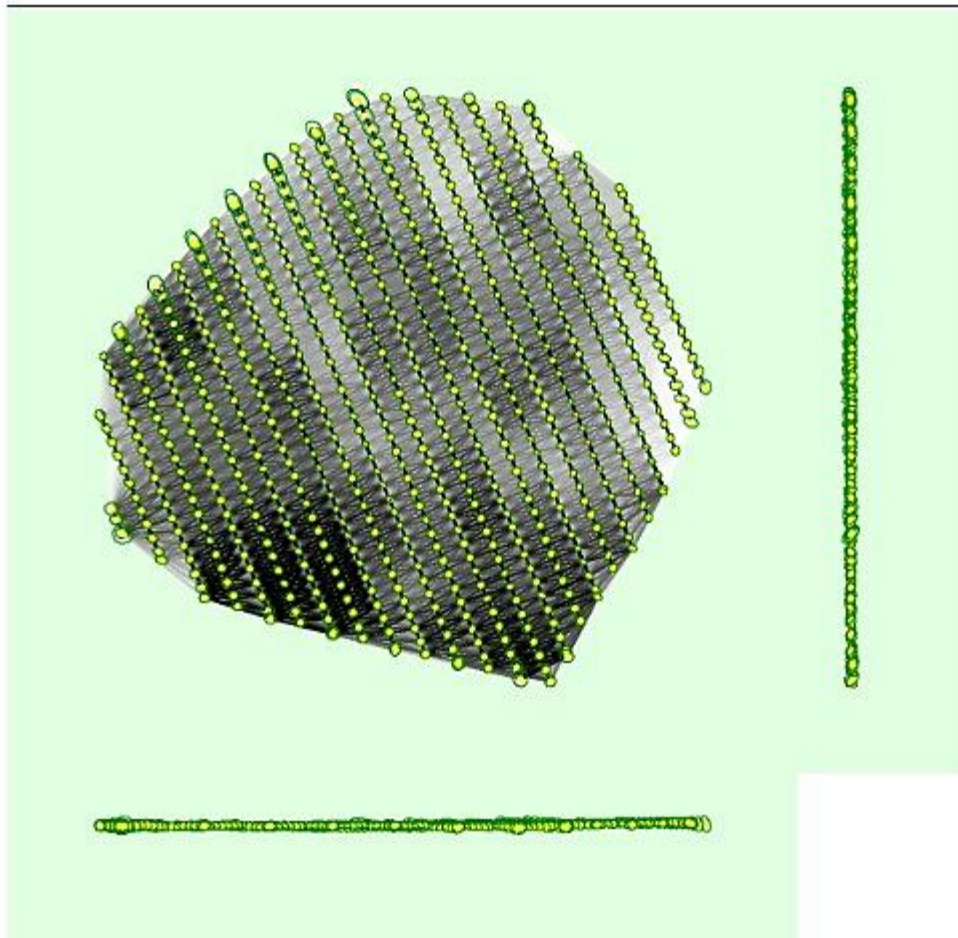


Figure 5: Computed image positions with links between matched images. The darkness of the links indicates the number of matched 2D keypoints between the images. Bright links indicate weak links and require manual tie points or more images. Dark green ellipses indicate the relative camera position uncertainty of the bundle block adjustment result.

Relative camera position and orientation uncertainties

X [m]	Y [m]	Z [m]	Omega [degree]	Phi [degree]	Kappa [degree]
-------	-------	-------	----------------	--------------	----------------



Mean	0.010	0.010	0.009	0.005	0.004	0.003
Sigma	0.003	0.003	0.002	0.002	0.001	0.001

Geolocation Details

Ground Control Points

GCP Name	Accuracy XYZ [m]	Error X [m]	Error Y [m]	Error Z [m]	Projection Error [pixel]	Verified/Marked
1 (3D)	0.020/ 0.020	-0.009	0.030	-0.033	1.036	10 / 10
2 (3D)	0.020/ 0.020	0.011	-0.010	0.028	0.571	10 / 10
3 (3D)	0.020/ 0.020	0.003	-0.019	0.012	0.697	10 / 10
4 (3D)	0.020/ 0.020	-0.000	-0.005	-0.013	0.834	10 / 10
5 (3D)	0.020/ 0.020	0.005	0.017	0.021	0.872	10 / 10
6 (3D)	0.020/ 0.020	-0.019	0.024	-0.005	1.037	10 / 10
7 (3D)	0.020/ 0.020	0.006	-0.007	-0.022	0.539	10 / 10
8 (3D)	0.020/ 0.020	0.012	-0.016	-0.021	0.777	10 / 10
9 (3D)	0.020/ 0.020	-0.018	-0.008	0.051	0.959	10 / 10
10 (3D)	0.020/ 0.020	-0.001	-0.006	-0.030	0.809	10 / 10
Mean [m]		-0.001046	-0.000036	-0.001204		
Sigma [m]		0.010478	0.016278	0.026472		
RMS Error [m]		0.010530	0.016278	0.026499		

Localisation accuracy per GCP and mean errors in the three coordinate directions. The last column counts the number of calibrated images where the GCP has been automatically verified vs. manually marked.

Absolute Geolocation Variance

Min Error [m]	Max Error [m]	Geolocation Error X [%]	Geolocation Error Y [%]	Geolocation Error Z [%]
-	-15.00	0.00	0.00	0.00
-15.00	-12.00	0.00	0.00	0.00
-12.00	-9.00	0.00	0.00	0.00
-9.00	-6.00	0.00	0.00	0.00
-6.00	-3.00	0.00	0.00	19.89
-3.00	0.00	47.25	48.66	32.30
0.00	3.00	52.75	51.34	18.62
3.00	6.00	0.00	0.00	29.20
6.00	9.00	0.00	0.00	0.00
9.00	12.00	0.00	0.00	0.00
12.00	15.00	0.00	0.00	0.00
15.00	-	0.00	0.00	0.00
Mean [m]		-0.358877	0.422463	-70.212697
Sigma [m]		0.233706	0.415355	2.884416
RMS Error [m]		0.428266	0.582448	70.271919

Min Error and Max Error represent geolocation error intervals between -1.5 and 1.5 times the maximum accuracy of all the images. Columns X, Y, Z show the percentage of images with geolocation errors within the predefined error intervals. The geolocation error is the difference between the initial and computed image positions. Note that the image geolocation errors do not correspond to the accuracy of the observed 3D points.

Geolocation Bias	X	Y	Z
Translation [m]	-0.358877	0.422463	-70.212697

Bias between image initial and computed geolocation given in output coordinate system.



Relative Geolocation Variance

Relative Geolocation Error	Images X [%]	Images Y [%]	Images Z [%]
[-1.00, 1.00]	100.00	100.00	100.00
[-2.00, 2.00]	100.00	100.00	100.00
[-3.00, 3.00]	100.00	100.00	100.00
Mean of Geolocation Accuracy [m]	5.000000	5.000000	10.000000
Sigma of Geolocation Accuracy [m]	0.000000	0.000000	0.000000

Images X, Y, Z represent the percentage of images with a relative geolocation error in X, Y, Z.

Geolocation Orientational Variance	RMS [degree]
Omega	0.810
Phi	1.583
Kappa	3.232

Geolocation RMS error of the orientation angles given by the difference between the initial and computed image orientation angles.

Initial Processing Details

System Information

Hardware	CPU: AMD Ryzen 7 5700G with Radeon Graphics RAM: 31GB GPU: NVIDIA GeForce RTX 3060 (Driver: 30.0.14.7212)
Operating System	Windows 10 Pro, 64-bit

Coordinate Systems

Image Coordinate System	WGS 84 (EGM96 Geoid)
Ground Control Point (GCP) Coordinate System	WGS 84 / UTM zone 17S (EGM96 Geoid)
Output Coordinate System	WGS 84 / UTM zone 17S (EGM96 Geoid)

Processing Options

Detected Template	No Template Available
Keypoints Image Scale	Full, Image Scale: 1
Advanced: Matching Image Pairs	Aerial Grid or Corridor
Advanced: Matching Strategy	Use Geometrically Verified Matching: no
Advanced: Keypoint Extraction	Targeted Number of Keypoints: Automatic
Advanced: Calibration	Calibration Method: Standard Internal Parameters Optimization: All External Parameters Optimization: All Rematch: Auto, no

Point Cloud Densification details

Processing Options

Image Scale	multiscale, 1/2 (Half image size, Default)
Point Density	Optimal
Minimum Number of Matches	3
3D Textured Mesh Generation	yes
3D Textured Mesh Settings:	Resolution: High Resolution Color Balancing: yes



LOD	Generated: no
Advanced: 3D Textured Mesh Settings	Sample Density Divider: 1
Advanced: Image Groups	group1
Advanced: Use Processing Area	yes
Advanced: Use Annotations	yes
Time for Point Cloud Densification	01h:41m:38s
Time for Point Cloud Classification	08m:23s
Time for 3D Textured Mesh Generation	01h:21m:12s

Results

Number of Processed Clusters	2
Number of Generated Tiles	4
Number of 3D Densified Points	78265377
Average Density (per m ³)	75.15

DSM, Orthomosaic and Index Details



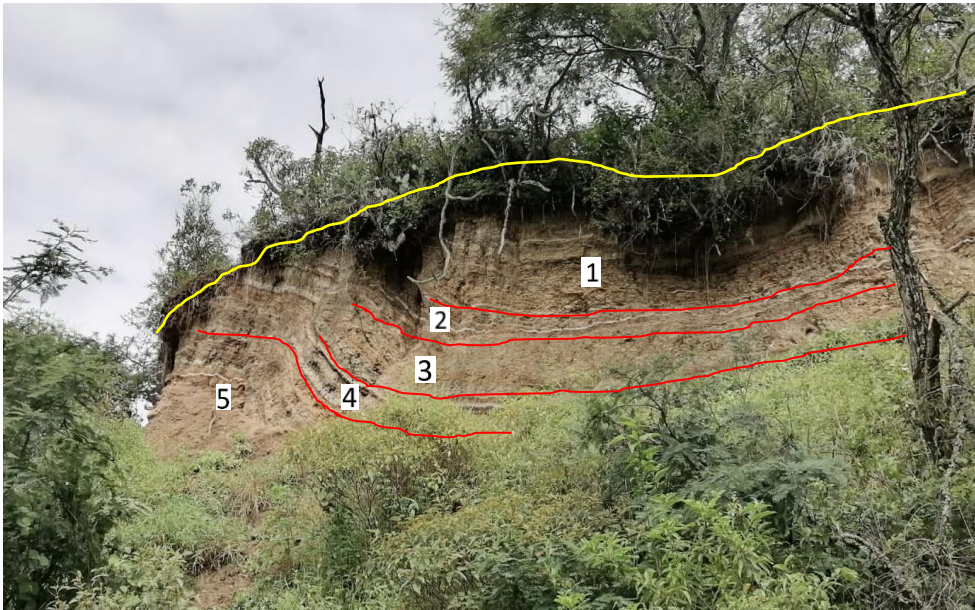
Processing Options

DSM and Orthomosaic Resolution	1 x GSD (4.15 [cm/pixel])
DSM Filters	Noise Filtering: yes Surface Smoothing: yes, Type: Sharp
Raster DSM	Generated: yes Method: Inverse Distance Weighting Merge Tiles: yes
Orthomosaic	Generated: yes Merge Tiles: yes GeoTIFF Without Transparency: no Google Maps Tiles and KM: no
Grid DSM	Generated: yes, Spacing [cm]: 100
Raster DTM	Generated: yes Merge Tiles: yes
DTM Resolution	5 x GSD (4.15 [cm/pixel])
Contour Lines Generation	Generated: yes Contour Base [m]: 0 Elevation Interval [m]: 1 Resolution [cm]: 100 Minimum Line Size [vertices]: 20
Time for DSM Generation	27m:09s
Time for Orthomosaic Generation	50m:29s
Time for DTM Generation	06m:13s
Time for Contour Lines Generation	09s
Time for Reflectance Map Generation	00s
Time for Index Map Generation	00s



Anexo 3. Fichas de descripción de afloramientos y calicatas

Fichas de Afloramientos

  Universidad Nacional de Loja		<i>Caracterización geológica-geotécnica del barrio Belén bajo, parroquia Malacatos, cantón y provincia de Loja</i>			
Código del afloramiento: 01			Perfil litológico del afloramiento		
Responsable: Alexander Herrera			Tipo de Afloramiento	Natural	
Cantón: Loja			Cobertura Vegetal	Arbustiva	
Parroquia: Malacatos			Estado de meteorización	Alto	
Sector: Belén			Angulo de inclinación	86°	
Coordenadas UTM-DATUM WGS84			Formación Geológica	Formación Santo Domingo	
X:694699	Y:9535991	Z:1735.9	Datos estructurales		
Dimensiones	Ancho	Alto	Rumbo	N71°W	
	17.8 m	2.75 m	Buzamiento	16°	
Fecha: 05/11/2022			D. de Buzamiento	N18°E	
Nro. Capas	Génesis	Litología			Potencia (m)
1	Sedimentario	Lutitas alteradas con hidróxido de hierro			0.90
2	Sedimentario	Finas capas de arenisca blanquecina de grano medio			0.35
3	Sedimentario	Lutitas con hidróxido de hierro y finas láminas de yeso			0.60
4	Sedimentario	Finas capas de arenisca blanquecina de grano medio			0.30
5	Sedimentario	Lutita con finas láminas de yeso y material carbonáceo			indefinido
<p>Descripción Litológica: Se encuentra en el flanco SW de la zona de estudio, específicamente dentro de la formación Santo Domingo, está conformado por una serie de estratos sedimentarios compuestos por lutitas y areniscas, a lo largo de los estratos se puede apreciar una gran cantidad de pequeñas láminas de yeso las cuales tienen una dirección paralela a los estratos de lutita y arenisca, estructuralmente en el afloramiento se observa un plegamiento afectado por una falla de tipo inversa en su plano axial, el salto de falla es de 68 cm, presenta un rumbo azimutal de 306°, buzamiento de 31°, y Dir. Buzamiento de (N36°E).</p>					
Fotografía					
					
Observaciones					



UNL

Universidad Nacional de Loja

Caracterización geológica-geotécnica del barrio Belén bajo, parroquia Malacatos, cantón y provincia de Loja

Código del afloramiento: 02			Perfil litológico del afloramiento		
Responsable: Alexander Herrera			Tipo de Afloramiento		Natural
Cantón: Loja			Cobertura Vegetal		Arbustiva
Parroquia: Malacatos			Estado de meteorización		Alto
Sector: Belén			Angulo de inclinación		80°
Coordenadas UTM-DATUM WGS84			Formación Geológica		Formación Santo Domingo
X: 694724	Y: 9535991	Z: 1735.9	Datos estructurales		
Dimensiones	Ancho	Alto	Rumbo	N58°W	
	10.70 m	2.40 m	Buzamiento	36°	
Fecha: 05/11/2022			D. de Buzamiento	N32°E	
Nro. Capas	Génesis	Litología			Potencia (m)
1	Sedimentario	Lutitas alteradas			0.35
2	Sedimentario	Areniscas blanquecinas de grano medio			0.10
3	Sedimentario	Lutitas alteradas			0.15
4	Sedimentario	Areniscas blanquecinas de grano medio			0.10
5	Sedimentario	Lutitas con láminas de yeso			0.70
6	Sedimentario	Areniscas blanquecinas de grano medio			0.20
7	Sedimentario	Lutitas con láminas de yeso y material carbonáceo			indefinido
<p>Descripción Litológica: Se encuentra en el flanco SW de la zona de estudio dentro de la formación Santo Domingo, está conformado por una serie de estratos sedimentarios siguiendo la misma orientación, presenta lutitas y areniscas de grano medio, a lo largo de los estratos se puede apreciar finas láminas de yeso no mayores a 0.6 cm, además en la parte inferior del afloramiento se aprecia un capa formada por de material carbonáceo mezclada con sulfato de calcio alterado, se puede apreciar además aprecia material erosionado y meteorización biológica. Presenta un rumbo azimutal de 303°, buzamiento de 34°, y Dir. Buzamiento de (N33°E).</p>					
<p>Fotografía</p>					
Observaciones					



UNL

Universidad Nacional de Loja

Caracterización geológica-geotécnica del barrio Belén bajo, parroquia Malacatos, cantón y provincia de Loja

Código del afloramiento: 03			Perfil litológico del afloramiento		
Responsable: Alexander Herrera			Tipo de Afloramiento		Natural
Cantón: Loja			Cobertura Vegetal		Arbustiva
Parroquia: Malacatos			Estado de meteorización		Alto
Sector: Belén			Angulo de inclinación		82°
Coordenadas UTM-DATUM WGS84			Formación Geológica		Formación Santo Domingo
X: 694684	Y: 9536116	Z: 1702.2	Datos estructurales		
Dimensiones	Ancho	Alto	Rumbo	N43°W	
	7.3m	1.85 m	Buzamiento	26°	
Fecha: 05/11/2022			D. de Buzamiento	N47°E	
Nro. Capas	Génesis	Litología			Potencia (m)
2	Sedimentario	Lutitas con presencia de hidróxido de hierro y finas laminas de yeso			indefinido

Descripción Litológica: Se encuentra en el flanco W de la zona de estudio, dentro de la formación Santo Domingo, está conformado por lutitas con hidróxido de hierro, se puede apreciar pequeñas láminas de yeso paralelas a la estratificación de las lutitas estas laminas no superan los 0.2 cm, presentan una tonalidad café clara, se puede observar además material erosionado en la base del afloramiento y meteorización biológica. Presenta un rumbo azimutal de 317°, buzamiento de 26°, y Dir. Buzamiento de (N47°E).

Fotografía



Observaciones



UNL

Universidad Nacional de Loja

Caracterización geológica-geotécnica del barrio Belén bajo, parroquia Malacatos, cantón y provincia de Loja

Código del afloramiento: 04			Perfil litológico del afloramiento			
Responsable: Alexander Herrera			Tipo de Afloramiento		Antrópico	
Cantón: Loja			Cobertura Vegetal		Arbustiva	
Parroquia: Malacatos			Estado de meteorización		Alto	
Sector: Belén			Angulo de inclinación		78	
Coordenadas UTM-DATUM WGS84			Formación Geológica		Formación Santo Domingo	
X: 694819	Y: 9536256	Z: 1695.5	Datos estructurales			
Dimensiones	Ancho	Alto	Rumbo	N51°W		
	16.3 m	2.4 m	Buzamiento	21°		
Fecha: 05/11/2022			D. de Buzamiento	N39°E		
Nro. Capas	Génesis	Litología			Potencia (m)	
1	Sedimentario	Lutitas alteradas mezcladas con material orgánico			1.30	
2	Sedimentario	Lutitas negras con contenido orgánico y un alto grado de compactación			indefinido	
<p>Descripción Litológica: Se encuentra en el flanco W de la zona de estudio, dentro de la formación Santo Domingo, está conformado por lutitas alteradas mezcladas con materia orgánica en el primer estrato, en el segundo estrato se puede apreciar lutitas compactas en proceso de metamorfización, el material presente en los estratos se encuentra altamente meteorizado debido a la acción de agentes atmosféricos, los materiales se disgregan con facilidad, presentan una tonalidad café oscura, existe la presencia de hidróxido de manganeso. Presenta un rumbo azimutal de 309°, buzamiento de 24°, y Dir. Buzamiento de (N39°E).</p>						
Fotografía						
Observaciones						



UNL

Universidad Nacional de Loja

Caracterización geológica-geotécnica del barrio Belén bajo, parroquia Malacatos, cantón y provincia de Loja

Código del afloramiento: 05			Perfil litológico del afloramiento		
Responsable: Alexander Herrera			Tipo de Afloramiento		Antrópico
Cantón: Loja			Cobertura Vegetal		Arbustiva
Parroquia: Malacatos			Estado de meteorización		Alto
Sector: Belén			Angulo de inclinación		70°
Coordenadas UTM-DATUM WGS84			Formación Geológica		Formación Santo Domingo
X: 694754	Y: 9536215	Z: 1707	Datos estructurales		
Dimensiones	Ancho	Alto	Rumbo	S27°W	
	7.60 m	2.75 m	Buzamiento	30°	
Fecha: 05/11/2022			D. de Buzamiento	N63°W	
Nro. Capas	Génesis	Litología			Potencia (m)
1	Sedimentario	Lutitas color café mezcladas con materia orgánica			0.90
2	Sedimentario	Lutitas color café compactas			0.80
3	Sedimentario	Lutitas color café alteradas			Indefinido
<p>Descripción Litológica: Se encuentra en el flanco W de la zona de estudio, dentro de la formación Santo Domingo está conformado por 3 estratos sedimentarios siguiendo específicamente por lutitas, a lo largo de los estratos se puede apreciar una gran cantidad de venillas de yeso en diferentes direcciones, se aprecia material erosionado por la acción de agentes atmosféricos, meteorización biológica, los materiales se disgregan con facilidad, presentan una tonalidad café clara. Presentan un rumbo azimutal de 207°, buzamiento de 30°, y Dir. Buzamiento de (N63°W).</p>					
<p>Fotografía</p>					
<p>Observaciones</p>					



unl

Universidad Nacional de Loja

Caracterización geológica-geotécnica del barrio Belén bajo, parroquia Malacatos, cantón y provincia de Loja

Código del afloramiento: 06			Perfil litológico del afloramiento		
Responsable: Alexander Herrera			Tipo de Afloramiento	Antrópico	
Cantón: Loja			Cobertura Vegetal	Herbácea	
Parroquia: Malacatos			Estado de meteorización	Alto	
Sector: Belén			Angulo de inclinación	72	
Coordenadas UTM-DATUM WGS84			Formación Geológica	San Francisco	
X: 695189	Y: 9536174	Z: 1723.4	Datos estructurales		
Dimensiones	Ancho	Alto	Rumbo	N52°W	
	8.40 m	3.10 m	Buzamiento	25°	
Fecha: 05/11/2022			D. de Buzamiento	N38E	
Nro. Capas	Génesis	Litología		Potencia (m)	
1	Sedimentario	Arenisca arcillosa con contenido de materia orgánica		0.30	
2	Sedimentario	Arenisca de grano grueso de tonalidad crema		0.25	
3	Sedimentario	Arenas limosas con presencia de hidróxido de hierro		1.50	
4	Sedimentario	Limos arenosos de tonalidad gris-azulado		indefinido	
<p>Descripción Litológica: Se encuentra en el flanco NE de la zona de estudio, dentro de la formación San Francisco está conformado por una serie estratos sedimentarios, todos siguiendo la misma orientación, en los estratos se aprecia presencia de areniscas de grano grueso y limos arenosos de tonalidad gris-azulados, se evidencia la presencia de hidróxido de hierro y manganeso, material erosionado por la acción de agentes atmosféricos, y meteorización biológica. Presentan un rumbo azimutal de 308°, buzamiento de 25°, y Dir. Buzamiento de (N38°E).</p>					
Fotografía					
Observaciones					



UNL

Universidad Nacional de Loja

Caracterización geológica-geotécnica del barrio Belén bajo, parroquia Malacatos, cantón y provincia de Loja

Código del afloramiento: 07			Perfil litológico del afloramiento		
Responsable: Alexander Herrera			Tipo de Afloramiento		Antrópico
Cantón: Loja			Cobertura Vegetal		Herbácea
Parroquia: Malacatos			Estado de meteorización		Alto
Sector: Belén			Angulo de inclinación		78
Coordenadas UTM-DATUM WGS84			Formación Geológica		San Francisco
X: 695218	Y: 9536144	Z: 1747.6	Datos estructurales		
Dimensiones	Ancho	Alto	Rumbo	N56°W	
	17.30 m	1.95 m	Buzamiento	24°	
Fecha: 05/11/2022			D. de Buzamiento	N34°E	
Nro. Capas	Génesis	Litología			Potencia (m)
1	Sedimentario	Limos arenosos con presencia de hidróxido de hierro			0.80
2	Sedimentario	Areniscas de grano medio con presencia de hidróxido de hierro			indefinido
<p>Descripción Litológica: Se encuentra en el flanco NE de la zona de estudio, dentro de la formación San Francisco, está compuesto por arenas limosas en el primer estrato y areniscas de grano medio en el segundo estrato. Se puede apreciar material erosionado a la base del afloramiento por la acción de agentes atmosféricos, los materiales presentan una tonalidad café clara, existe la presencia de hidróxido de hierro. Presentan un rumbo azimutal de 304°, buzamiento de 24°, y Dir. Buzamiento de (N34°E).</p>					
Fotografía					
Observaciones					



UNL




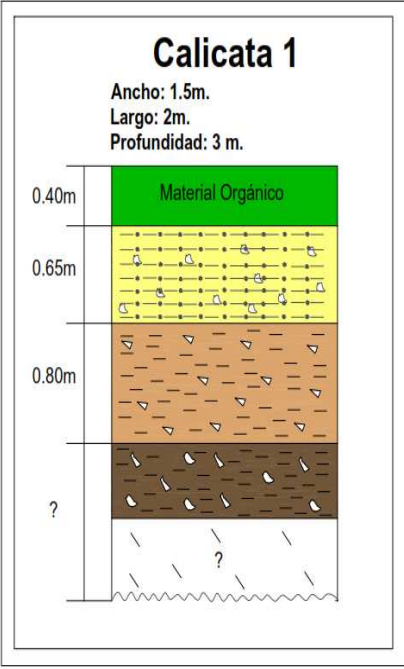

Universidad Nacional de Loja

Caracterización geológica-geotécnica del barrio Belén bajo, parroquia Malacatos, cantón y provincia de Loja

Código del afloramiento: 08			Perfil litológico del afloramiento		
Responsable: Alexander Herrera			Tipo de Afloramiento	Antrópico	
Cantón: Loja			Cobertura Vegetal	Herbácea	
Parroquia: Malacatos			Estado de meteorización	Alto	
Sector: Belén			Angulo de inclinación	75	
Coordenadas UTM-DATUM WGS84			Formación Geológica	San Francisco	
X: 695210	Y: 9536093	Z: 1746.3	Datos estructurales		
Dimensiones	Ancho	Alto	Rumbo	N57°W	
	7.60 m	2.10 m	Buzamiento	22°	
Fecha: 05/11/2022			D. de Buzamiento	N33°E	
Nro. Capas	Génesis	Litología		Potencia (m)	
1	Sedimentario	Areniscas de grano medio a grueso		indefinida	
<p>Descripción Litológica: Se encuentra en el flanco E de la zona de estudio, dentro de la formación San Francisco, está compuesto en su totalidad por areniscas de grane medio a grueso, presentan una tonalidad rojiza por la existencia de hidróxido de hierro, se aprecia a demás material erosionado a la base del afloramiento por la acción de agentes atmosféricos, se puede ver también meteorización biológica, los materiales presentan una tonalidad rojiza por la existencia de hidróxido de hierro. Presentan un rumbo azimutal de 303°, buzamiento de 22°, y Dir. Buzamiento de (N33°E).</p>					
Fotografía					
Observaciones					



Fichas de Calicatas

  Universidad Nacional de Loja						<i>Caracterización geológica-geotécnica del barrio Belén bajo, parroquia Malacatos, cantón y provincia de Loja</i>					
Código de la calicata		01		COORDENADAS							
Responsable		Alexander Herrera		X		Y		Z			
Sector		Belén		694981.66		9536278.21		1735.79			
Dimensiones:		Ancho: 1.5 m		Largo: 2 m		Presencia de Nivel Freático:		SÍ			
Profundidad		DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA									
3 m		<p>Para la primera calicata, se determinó que el tipo de suelo corresponde a un suelo en su mayoría arcillo-arenoso con una consistencia media, se determinó la presencia de 4 capas, la primera con una potencia de 40 cm corresponde a material orgánico, la segunda capa comprende una matriz arcillo-arenoso en un porcentaje del 80% y un 20 % abarca cantos subredondeados de origen metamórfico y volcánico; la tercera capa comprende una matriz arcillosa en un porcentaje del 80 % y un 20% compuesto por fragmentos clastos angulosos de origen volcánico; la cuarta y última capa con una potencia indefinida comprende una matriz arcillosa con presencia de material orgánico.</p>									
Registro Fotográfico					Columna Estratigráfica						
					 <p style="text-align: center;">Calicata 1 Ancho: 1.5m. Largo: 2m. Profundidad: 3 m.</p> <p>0.40m Material Orgánico</p> <p>0.65m</p> <p>0.80m</p> <p>?</p>						
OBSERVACIONES:											
					<p>En la calita luego de haber transcurrido 24 hr, se pudo constatar la presencia de agua acumulada en el fondo, lo cual nos indica la presencia del nivel freático a 3 mtr de profundidad aproximadamente.</p>						



unl

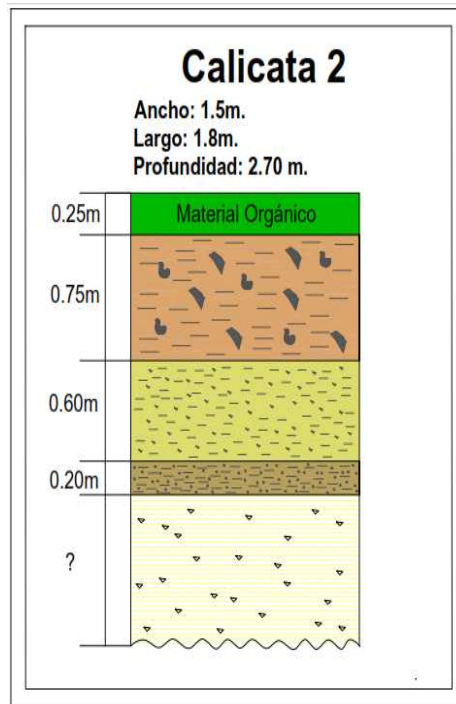
Universidad Nacional de Loja

Caracterización geológica-geotécnica del barrio Belén bajo, parroquia Malacatos, cantón y provincia de Loja

Código de la calicata	02		COORDENADAS		
Responsable	Alexander Herrera		X	Y	Z
Sector	Belén		695149.74	9536226.71	1740.82
Dimensiones:	Ancho:	1.5 m	Largo:	1.8 m	Presencia de Nivel Freático: SÍ

Profundidad	DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA				
2.70 m	<p>Para la segunda calicata, se determinó que el tipo de suelo corresponde a un suelo en su mayoría arcilloso con una consistencia Blanda, se determinó la presencia de 5 capas, la primera corresponde a material orgánico, la segunda capa comprende una matriz arcillosa con presencia de hidróxido de hierro, en un porcentaje del 90% y un 10 % abarca clastos metamórficos y de arenisca con un alto grado de compactación; la tercera capa comprende un material arcilloso con contenido orgánico, se pudo evidenciar la presencia de pequeños cristales de sulfato de calcio alterado; la cuarta capa comprende una matriz arcillo-arenosa con hidróxido de hierro en un 85 % y un 15 % compuesto por clastos metamórficos; La quinta y última capa con una potencia indefinida comprende material arcilloso con contenido orgánico, además se evidencio la presencia de pequeños clastos sedimentarios compactos de lutita y arenisca.</p>				

Registro Fotográfico	Columna Estratigráfica
-----------------------------	-------------------------------



OBSERVACIONES:

En la calicata luego de haber transcurrido 24 hr, se pudo constatar la presencia de agua acumulada en el fondo, el espejo de agua se lo pudo medir a 2 m de profundidad lo cual nos indica la presencia del nivel freático se encuentra a 2m de profundidad.



unl

Universidad Nacional de Loja

Caracterización geológica-geotécnica del barrio Belén bajo, parroquia Malacatos, cantón y provincia de Loja

Código de la calicata	03		COORDENADAS		
Responsable	Alexander Herrera		X	Y	Z
Sector	Belén		695105.61	9535998.30	1720.47
Dimensiones:	Ancho:	1.5 m	Largo:	1.8 m	Presencia de Nivel Freático:
Profundidad					SÍ

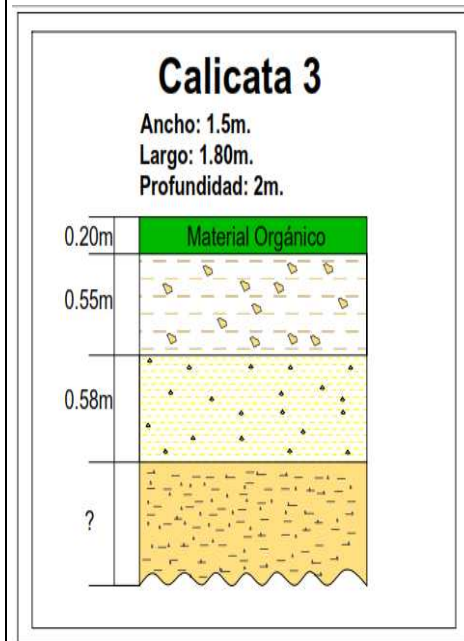
DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA

2 m Para la tercera calicata, se determinó que el tipo de suelo corresponde a un suelo en su mayoría arcilloso con una consistencia Blanda, se determinó la presencia de 3 capas, la primera comprende material orgánico, la segunda capa está formada por una matriz arcillosa con presencia de hidróxido de hierro, además se evidencio pequeños clastos de lutita compacta; la tercera capa comprende un material arcilloso, se pudo evidenciar la presencia de pequeños cristales de yeso ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$); la cuarta y última capa con una potencia indefinida comprende una matriz arcillosa con contenido orgánico, se evidencio además la presencia de pequeños fragmentos de arenisca compacta.

Registro Fotográfico



Columna Estratigráfica



OBSERVACIONES:

En la calita luego de haber transcurrido 24 hr, se pudo constatar la presencia de agua acumulada en el fondo, el espejo de agua se lo pudo medir a 2 m de profundidad lo cual nos indica la presencia del nivel freático se encuentra a 2 m de profundidad.



Universidad Nacional de Loja

Caracterización geológica-geotécnica del barrio Belén bajo, parroquia Malacatos, cantón y provincia de Loja

Código de la calicata	04		COORDENADAS		
Responsable	Alexander Herrera		X	Y	Z
Sector	Belén		695095.68	9535862.40	1708.29
Dimensiones:	Ancho:	1.5 m	Largo:	2 m	Presencia de Nivel Freático: NO
Profundidad	DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA				
2.60 m	Para la cuarta calicata, se determinó que el tipo de suelo corresponde a un suelo en su mayoría arcilloso con una consistencia blanda, se determinó la presencia de 2 capas, la primera con una potencia de 30 cm, que corresponde a material orgánico, la segunda y última capa con una potencia indefinida comprende una matriz arcillosa con un alto contenido orgánico en un porcentaje del 85 % y un 15 % compuesto por sulfato de calcio alterado. En la calita no se determinó la presencia de Nivel Freático.				

Registro Fotográfico	Columna Estratigráfica
	<div style="border: 1px solid black; padding: 10px;"> <p style="text-align: center;">Calicata 4</p> <p>Ancho: 1.5m. Largo: 2m. Profundidad: 2.60m.</p> </div>

OBSERVACIONES:
En la calita luego de haber transcurrido 24 hr, se pudo constatar que no existe la presencia de nivel freático.



Universidad Nacional de Loja

Caracterización geológica-geotécnica del barrio Belén bajo, parroquia Malacatos, cantón y provincia de Loja

Código de la calicata	05		COORDENADAS		
Responsable	Alexander Herrera		X	Y	Z
Sector	Belén		694998.57	9535885.01	1707.14
Dimensiones:	Ancho:	1.5 m	Largo:	2 m	Presencia de Nivel Freático: SÍ
Profundidad	DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA				
2.60 m	<p>Para la quinta calicata, se determinó que el tipo de suelo corresponde a un suelo en su mayoría arcilloso con una consistencia Blanda, se determinó la presencia de 6 capas, la primera corresponde a material orgánico, la segunda capa comprende una matriz arcillo-arenoso con presencia de clastos de lutita compacta; la tercera capa comprende una matriz arcillo-arenoso con hidróxido de hierro y óxido de Manganeseo, además se evidencio la presencia de clastos de lutita compacta ; la cuarta capa comprende una matriz arcillo-arenosa con presencia de clastos de lutita y arenisca compacta; la quinta capa comprende una matriz arcillo-arenoso con presencia de pequeños fragmentos de lutita compacta. La sexta y última capa comprende una matriz arcillo-arenoso con un alto contenido orgánico, además se evidencio la presencia de pequeños clastos metamórficos.</p>				
Registro Fotográfico			Columna Estratigráfica		
			<div style="border: 1px solid black; padding: 10px;"> <p style="text-align: center;">Calicata 5</p> <p>Ancho: 1.5m. Largo: 2m. Profundidad: 2.60m.</p>  </div>		
OBSERVACIONES:					
<p>En la calita luego de haber transcurrido 24 hr, se pudo constatar la presencia de agua acumulada en el fondo, el espejo de agua se lo pudo medir a 2 m de profundidad lo cual nos indica la presencia del nivel freático se encuentra a 2 m de profundidad.</p>					



unl

Universidad Nacional de Loja

Caracterización geológica-geotécnica del barrio Belén bajo, parroquia Malacatos, cantón y provincia de Loja

Código de la calicata	06		COORDENADAS		
Responsable	Alexander Herrera		X	Y	Z
Sector	Belén		694825.34	9535944.51	1699.22
Dimensiones:	Ancho:	1.5 m	Largo:	2 m	Presencia de Nivel Freático: SI

Profundidad	DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA				
2.40 m	<p>Para la Sexta calicata, se determinó que el tipo de suelo corresponde a un suelo en su mayoría arcilloso con una consistencia Blanda, se determinó la presencia de 3 capas, la primera con una potencia de 15 cm corresponde a material orgánico, la segunda capa con una potencia de 90 cm comprende una matriz arcillosa con mínimas cantidades de arena fina, se identificó la presencia de hidróxido de hierro; La tercera y última capa con una potencia indefinida comprende una matriz arcillosa con alto contenido orgánico, además se identificó la presencia de pequeños clastos de origen metamórfico. En la calita luego de haber transcurrido 24 hr, se pudo constatar la presencia de agua acumulada en el fondo, el espejo de agua se lo pudo medir a 2 m de profundidad lo cual nos indica que el nivel freático se encuentra a 2 m desde la superficie.</p>				

Registro Fotográfico	Columna Estratigráfica

OBSERVACIONES:
 En la calita luego de haber transcurrido 24 hr, se pudo constatar la presencia de agua acumulada en el fondo, el espejo de agua se lo pudo medir a 2 m de profundidad lo cual nos indica la presencia del nivel freático se encuentra a 2 m de profundidad.



UNL


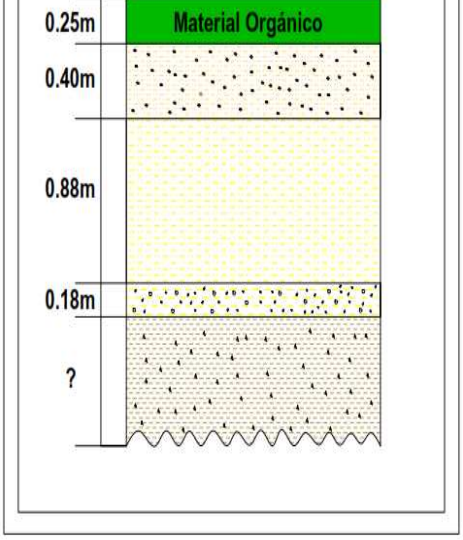
Universidad Nacional de Loja

Caracterización geológica-geotécnica del barrio Belén bajo, parroquia Malacatos, cantón y provincia de Loja

Código de la calicata	07		COORDENADAS		
Responsable	Alexander Herrera		X	Y	Z
Sector	Belén		694912.63	9536125.34	1720.63
Dimensiones:	Ancho:	1.2 m	Largo:	2 m	Presencia de Nivel Freático: SÍ
Profundidad	DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA				

2.40 m

Para la Séptima calicata, se determinó que el tipo de suelo corresponde a un suelo en su mayoría arcilloso con una consistencia Blanda, se determinó la presencia de 5 capas, la primera con una potencia de 25 cm corresponde a material orgánico, la segunda capa con una potencia de 40 cm comprende una matriz arcillo-arenoso, se identificó la presencia de cantos de origen volcánico de pequeño a medio tamaño; La tercera capa con una potencia de 88 cm comprende en su totalidad un material arcillo-arenoso; La cuarta capa con una potencia de 18 cm comprende un material arcilloso con la presencia de cantos de origen volcánico; La quinta y última capa con una potencia indefinida comprende un matriz arcillosa con contenido orgánico, se identificó la presencia de pequeños fragmentos angulosos de origen metamórfico.

Registro Fotográfico	Columna Estratigráfica
	<div style="border: 1px solid black; padding: 10px;"> <p style="text-align: center;">Calicata 7</p> <p>Ancho: 1.20m. Largo: 2m. Profundidad: 2.40m.</p>  </div>

OBSERVACIONES:

En la calita luego de haber transcurrido 24 hr, se pudo constatar la presencia de agua acumulada en el fondo, el espejo de agua se lo pudo medir a 2 m de profundidad lo cual nos indica la presencia del nivel freático se encuentra a 2 m de profundidad.



Anexo 4. Mapa topográfico del barrio Belén

Anexo 5. Mapa de pendientes del barrio Belén

Anexo 6. Mapa de uso actual del suelo del barrio Belén

Anexo 7. Mapa de geomorfológico del barrio Belén

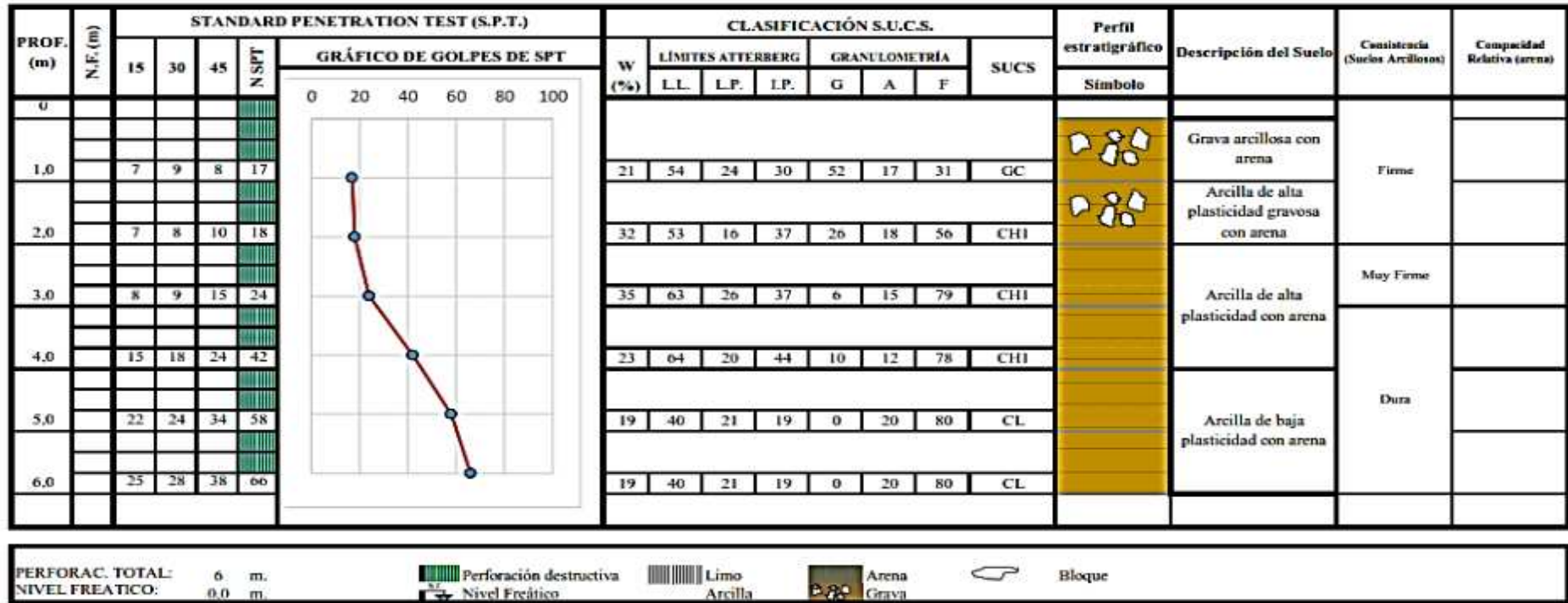
Anexo 8. Mapa geológico del barrio Belén

(Ubicado en carpeta)



Anexo 9. Resultados de Ensayos SPTs

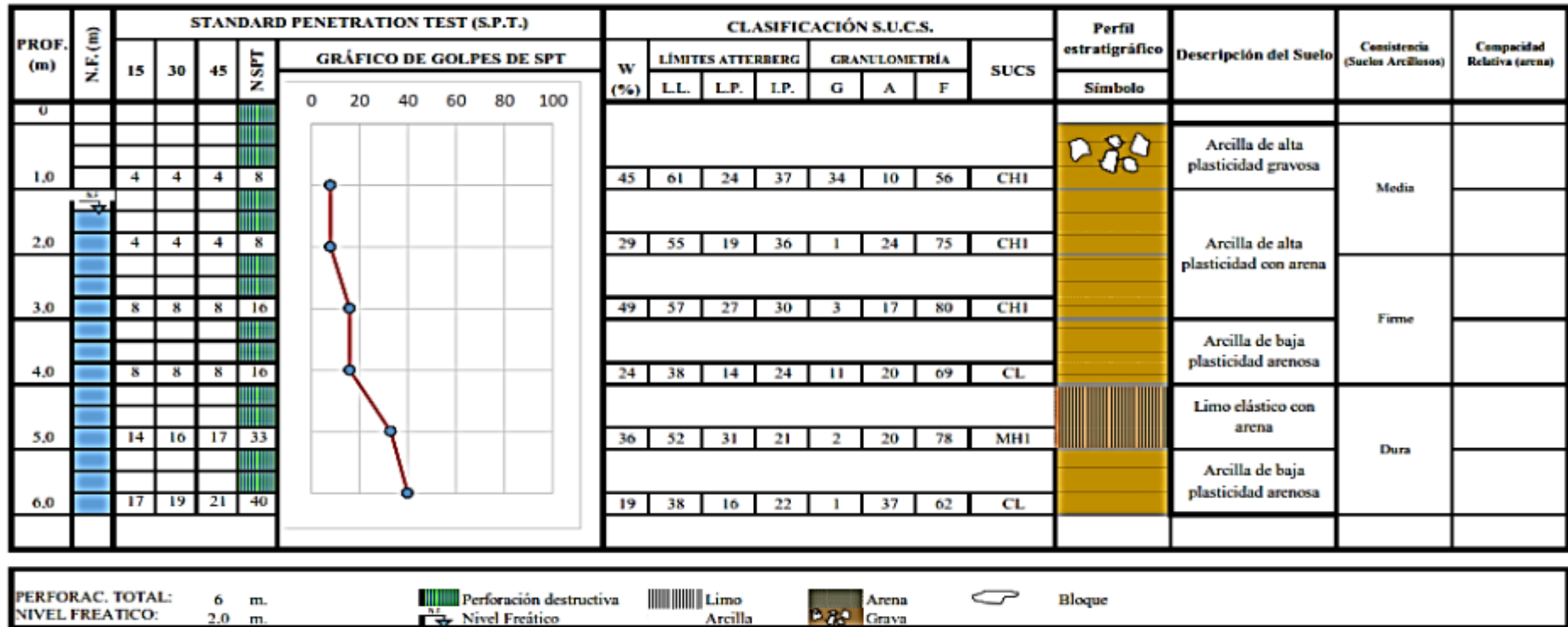
SPT1



SPT 1	Límites de Atterberg				Granulometría			Clasificación		N60 golpes	N160 golpes	qu _{lneta} Kg/cm ²	q _{admnet} Kg/cm ²	C STROUD 1974 Kg/cm ²	Y (T/m ³)	
	PROF.	C. H.	L. L.	L. P.	I. P.	GRAVA	ARENA	FINOS	SUCS							AASHTO
	m.	%	%	%	%	%	%	%								
1	21.43	54	24	30	52.15	17.28	30.57	GC	A-2-7	12.75	17.24897396	2.939388379	0.979796126	0.571865443	1.75	
2	32.05	53	16	37	26.25	17.91	55.84	CH1	A-7-6	13.5	18.26361948	3.112293578	1.037431193	0.605504587	1.75	
3	34.71	63	26	37	6.37	14.58	79.05	CH1	A-7-6	18	21.74129823	4.149724771	1.38324159	0.80733945	1.8	
4	23.36	64	20	44	9.7	11.93	78.37	CH1	A-7-6	35.7	39.68580056	8.230287462	2.743429154	1.601223242	1.8	
5	18.95	40	21	19	0.3	19.59	80.11	CL	A-6	49.3	48.11960048	11.36563507	3.788545022	2.211213048	1.8	
6	18.95	40	21	19	0.3	19.59	80.11	CL	A-6	62.7	61.19876167	14.45487462	4.818291539	2.812232416	1.8	



SPT2



SPT 2	Límites de Atterberg				Granulometría			Clasificación		N60 golpes	N160 golpes	qulneta Kg/cm²	qadmneteta Kg/cm²	C STROUD 1974 Kg/cm²	Y (T/m3)
	PROF. m.	C. H. %	L. L. %	L. P. %	I. P. %	GRAVA %	ARENA %	FINOS %	SUCS						
1	45.19	61	24	37	33.69	10.02	56.29	CH1	A-7-6	6	8.874182643	1.38324159	0.46108053	0.26911315	1.7
2	29.04	55	19	36	1.15	23.64	75.21	CH1	A-7-6	6	8.874182643	1.38324159	0.46108053	0.26911315	1.7
3	48.8	57	27	30	3.32	16.99	79.69	CH1	A-7-6	12	18.00735069	2.76648318	0.92216106	0.5382263	1.75
4	23.78	38	14	24	11.46	19.83	68.71	CL	A-6	13.6	19.09997234	3.135347604	1.045115868	0.609989806	1.75
5	36.27	52	31	21	1.88	20.19	77.93	MH1	A-7-5	20.4	26.19405667	4.703021407	1.567673802	0.914984709	1.7
6	19.19	38	16	22	1.14	36.6	62.26	CL	A-6	38	48.79285066	8.760530071	2.92017669	1.704383282	1.8



SPT 3

PROF. (m)	N.F. (m)	STANDARD PENETRATION TEST (S.P.T.)				GRÁFICO DE GOLPES DE SPT	CLASIFICACIÓN S.U.C.S.							Perfil estratigráfico	Descripción del Suelo	Consistencia (Suelos Arcillosos)	Capacidad Relativa (arena)	
		15	30	45	N SPT		W (%)	LÍMITES ATTERBERG			GRANULOMETRÍA							SUCS
		15	30	45	N SPT			LL	LP	IP	G	A	F					
0																		
1.0		2	4	2	6		38	51	21	30	1	34	65	CHI		Arcilla de alta plasticidad arenosa	Media	
2.0		2	2	2	4		30	54	24	30	7	23	69	CHI		Arcilla de alta plasticidad arenosa	Blanda	
3.0		13	15	18	33		49	53	25	28	27	31	42	SC		Arena arcillosa con grava	Dura	
4.0		18	20	20	40		25	43	19	24	12	32	56	CL		Arcilla de baja plasticidad arenosa		
5.0		14	14	14	28		33	49	28	21	31	36	34	SM		Arena limosa con grava	Muy Firme	
6.0		14	14	15	29		39	48	27	21	13	34	54	CL		Arcilla de baja plasticidad arenosa		

SPT 3	Límites de Atterberg				Granulometría			Clasificación							
PROF.	C. H.	L. L.	L. P.	I. P.	GRAVA	ARENA	FINOS	SUCS	AASHTO	N60	N160	qulneta	qadmnet	C STROUD 1974	Y
m.	%	%	%	%	%	%	%			golpes	golpes	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	(T/m ³)
1	37.59	51	21	30	1.17	33.57	65.26	CHI	A-7-6	4.5	6.655636982	1.037431193	0.345810398	0.201834862	1.7
2	30.22	54	24	30	7.43	23.41	69.16	CHI	A-7-6	3	4.437091322	0.691620795	0.230540265	0.134556575	1.7
3	49.36	53	25	28	26.83	30.89	42.28	SC	A-7-6	24.75	35.63116421	5.70587156	1.901957187	1.110091743	1.9
4	25.36	43	19	24	11.65	31.94	56.41	CL	A-7-6	34	45.99726389	7.838369011	2.61278967	1.524974516	1.8
5	33.27	49	28	21	30.93	35.55	33.52	SM	A-2-7	18.275	22.79326246	4.213123344	1.404374448	0.819673802	1.8
6	38.95	48	27	21	12.74	33.5	53.76	CL	A-7-6	27.55	34.36138882	6.351384302	2.117128101	1.23567788	1.8



SPT4

PROF. (m)	N.E. (m)	STANDARD PENETRATION TEST (S.P.T.)				GRÁFICO DE GOLPES DE SPT	CLASIFICACIÓN S.U.C.S.							Perfil estratigráfico	Descripción del Suelo	Consistencia (Suelos Arcillosos)	Compacidad Relativa (arena)	
		15	30	45	N SPT		W (%)	LÍMITES ATTERBERG			GRANULOMETRÍA							SUCS
		15	30	45	N SPT			LL	LP	IP	G	A	F					
0																		
1,0		5	6	6	12		28	57	28	29	11	30	59	CH1	Arcilla de alta plasticidad arenosa	Firme		
2,0		6	7	8	15		31	52	25	27	3	26	71	CH1				
3,0		10	12	10	22		29	48	23	25	31	26	43	GC	Grava arcillosa con arena	May Firme		
4,0		8	9	8	17		36	53	28	25	9	24	67	CH1	Arcilla de alta plasticidad con arena	May Firme		
5,0		12	12	13	25		27	65	27	38	2	22	76	CH1		May Firme		
6,0		15	16	16	32		37	71	25	46	4	22	74	CH1		Dura		

PERFORAC. TOTAL: 6 m. Nivel Freático: 0,0 m.

Perforación destructiva
 Nivel Freático
 Limo Arcilla
 Arena Grava
 Bloque

SPT 4	Límites de Atterberg				Granulometría			Clasificación		N60 golpes	N160 golpes	qu1neta Kg/cm²	qadmneteta Kg/cm²	C STROUD 1974 Kg/cm²	Y (T/m3)
	C. H.	L. L.	L. P.	L. P.	GRAVA	ARENA	FINOS	SUCS	AASHTO						
	%	%	%	%	%	%	%								
1	28.13	57	28	29	11.09	30.35	58.56	CH1	A-7-6	9	12.17574632	2.074862385	0.691620795	0.403669725	1.75
2	31.18	52	25	27	3.09	26.18	70.73	CH1	A-7-6	11.25	15.2196829	2.593577982	0.864525994	0.504587156	1.75
3	29.05	48	23	25	31.21	25.61	43.18	GC	A-7-6	16.5	19.92952338	3.803914373	1.267971458	0.740061162	1.8
4	35.53	53	28	25	9.46	23.64	66.9	CH1	A-7-6	14.45	16.06330023	3.33130683	1.11043561	0.648114169	1.8
5	26.71	65	27	38	1.62	22.39	75.99	CH1	A-7-6	21.25	20.7412071	4.898980632	1.632993544	0.953109072	1.8
6	36.74	71	25	46	3.82	21.89	74.29	CH1	A-7-6	30.4	29.67212687	7.008424057	2.336141352	1.363506626	1.8



SPT5

PROF. (m)	N.F. (m)	STANDARD PENETRATION TEST (S.P.T.)				GRÁFICO DE GOLPES DE SPT	CLASIFICACIÓN S.U.C.S.							Perfil estratigráfico	Descripción del Suelo	Consistencia (Suelos Arcillosos)	Capacidad Relativa (arena)	
		15	30	45	N SPT		W (%)	LÍMITES ATTERBERG			GRANULOMETRÍA							SUCS
		15	30	45	N SPT			LL	LP	LP	G	A	F					
0																		
1.0		6	8	8	16		36	77	27	50	2	15	83	CH1	Arcilla de alta plasticidad con arena	Muy firme		
2.0		14	16	20	36		26	62	33	29	3	11	86	MH1	Limo elástico	Dura		
3.0		12	14	21	35		17	49	25	24	3	38	58	CL	Arcilla de baja plasticidad arenosa			
4.0		20	22	24	46		22	42	20	22	5	28	67	CL				
5.0		24	27	30	57		24	44	17	27	6	29	64	CL				
6.0		25	29	28	57		23	46	16	30	10	50	40	SC	Arcilla arcillosa			

PERFORAC. TOTAL: 6 m. Nivel Freático: 0.0 m.

Perforación destructiva
 Limo Arcilla
 Arena Grava
 Bloque

SPT 5	Límites de Atterberg				Granulometría			Clasificación		Propiedades Mecánicas						
	PROF.	C. H.	L. L.	L. P.	L. P.	GRAVA	ARENA	FINOS	SUCS	AASHTO	N60	N160	qulneta	qadmneteta	C STROUD 1974	Y
	m.	%	%	%	%	%	%	%			golpes	golpes	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	(T/m ³)
1	36.14	77	27	50	1.86	15.46	82.68	CH1	A-7-6	12	16.23432843	2.76648318	0.92216106	0.5382263	1.8	
2	26.21	62	33	29	3.01	10.71	86.28	MH1	A-7-5	27	36.52723897	6.224587156	2.074862385	1.211009174	1.7	
3	16.56	49	25	24	3.37	38.43	58.2	CL	A-7-6	26.25	31.70605992	6.051681957	2.017227319	1.177370031	1.8	
4	21.99	42	20	22	5.04	27.66	67.3	CL	A-7-6	39.1	43.46540061	9.014124363	3.004708121	1.753720693	1.8	
5	23.95	44	17	27	6.42	29.28	64.3	CL	A-7-6	48.45	47.14062389	11.16967584	3.72322528	2.173088685	1.8	
6	22.55	46	16	30	10.11	49.56	40.33	SC	A-7-6	54.15	52.68657964	12.48375535	4.161251784	2.428746177	1.9	



Anexo 10. Resultados de Clasificación de suelos para los ensayos SPT

SPT 1



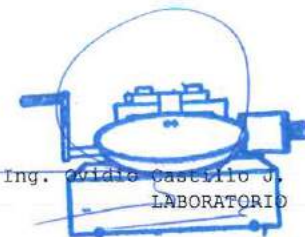
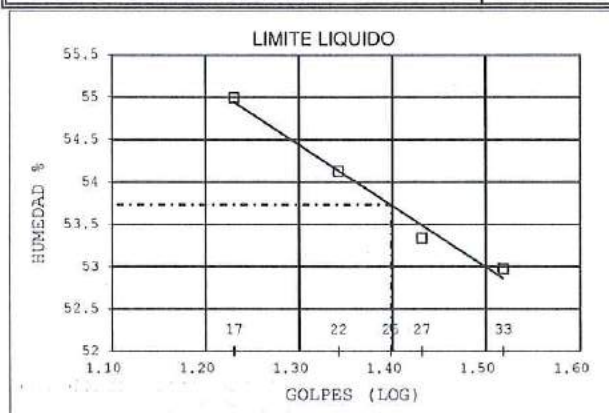
ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN

ASTM D2487-AASHTO 3282 - 2487

PROYECTO : ESTUDIO GEOLÓGICO GEOTÉCNICO DEL BARRIO BELÉN BAJO, PARROQUIA MALACATOS, CANTON Y PROVINCIA DE LOJA						
OBRA : ESTUDIO GEOTECNICO						
UBICACIÓN : MALACATOS, CANTÓN LOJA, PROVINCIA DE LOJA						
OPERADOR : A.H			MUESTRA : POZO 1			
FECHA : Agosto 2022			PROFUNDIDAD : 1.00 m			
	GOLPES	W HM. (gr)	W SECO (gr)	W CAPS (gr)	w %	RESULTADO%
1.- CONTENIDO HUMEDAD		24.70	23.45	17.73	21.85	21.43
		25.92	24.63	18.49	21.01	
2.- LIM. LIQUIDO	33	32.23	27.24	17.82	52.97	53.73
	27	37.66	34.06	27.31	53.33	
	22	35.96	31.96	24.57	54.13	
	17	31.84	27.16	18.65	54.99	
3.- LIMITE PLASTICO		20.83	20.26	17.87	23.85	24.26
		20.97	20.41	18.14	24.67	
4.- GRANULOMETRIA			5.- CLASIFICACION.-			
PESO INICIAL DE CALCULO:		87 gr		GRAVA= 52.15 %		
				ARENA= 17.28 %		
				FINOS= 30.58 %		
				LL = 54.00 %		
				LP = 24.00 %		
				IP = 30.00 %		
				cu 2687.57		
				cc 0.11		
				CLASIFICACION:		
				SUCS = GC		
				Grava arcillosa con arena		
				AASHTO= A-2-7 IG 3		
				Grava o Arena limosa o arcillosa		
				Excelente a Bueno		
TAMIZ	ESO R (gr	% R.A.	% PASA			
1 1/2"	0.00	0.00	100			
1"	0.00	0.00	100			
3/4"	16.97	23.62	76			
1/2"	7.89	34.61	65			
3/8"	8.50	46.44	54			
No. 4	4.10	52.15	48			
No. 10	2.34	55.40	45			
No. 40	4.58	61.78	38			
No. 200	5.49	69.42	31			
COLOR : MARRÓN PÁLIDO						



ESTSUELCON
Ing. Ovidio Castillo



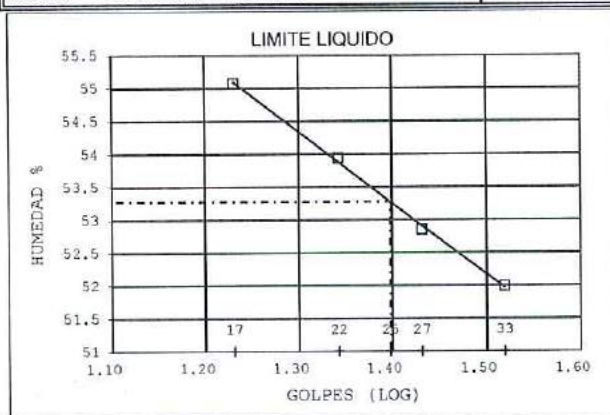
ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN

ASTM D2487-AASHTO 3282 - 2487

PROYECTO : ESTUDIO GEOLÓGICO GEOTÉCNICO DEL BARRIO BELÉN BAJO, PARROQUIA MALACATOS, CANTON Y PROVINCIA DE LOJA						
OBRA : ESTUDIO GEOTECNICO						
UBICACIÓN : MALACATOS, CANTÓN LOJA, PROVINCIA DE LOJA						
OPERADOR : A.H			MUESTRA : POZO 1			
FECHA : Agosto 2022			PROFUNDIDAD : 2.00 m			
	GOLPES	W HM. (gr)	W SECO (gr)	W CAPS (gr)	w %	RESULTADO%
1.- CONTENIDO HUMEDAD		26.75	24.81	18.74	31.96	32.05
		26.65	24.66	18.47	32.15	
2.- LIM. LIQUIDO	33	29.07	25.28	17.99	51.99	53.28
	27	32.22	27.49	18.54	52.85	
	22	29.03	25.54	19.07	53.94	
	17	33.90	28.42	18.47	55.08	
3.- LIMITE PLASTICO		21.08	20.63	17.87	16.30	16.45
		20.60	20.25	18.14	16.59	
4.- GRANULOMETRIA			5.- CLASIFICACION.-			
PESO INICIAL DE CALCULO:		78 gr				
TAMIZ	ESO R (gr)	% R.A.	% PASA			
1 1/2"	0.00	0.00	100			
1"	0.00	0.00	100			
3/4"	0.00	0.00	100			
1/2"	11.67	19.84	80			
3/8"	1.54	22.46	78			
No. 4	2.23	26.25	74			
No. 10	2.51	30.52	69			
No. 40	3.73	36.87	63			
No. 200	4.29	44.16	56			
COLOR : MARRÓN PÁLIDO						
		GRAVA=	26.25	%		
		ARENA=	17.91	%		
		FINOS=	55.84	%		
		LL =	53.00	%		
		LP =	16.00	%		
		IP =	37.00	%		
		cu	81.85			
		cc	0.27			
CLASIFICACION: SUCS = CH1 Arcilla de alta plasticidad gravosa con arena AASHTO= A-7-6 IG 11 Suelos arcillosos Regular a Pobre						





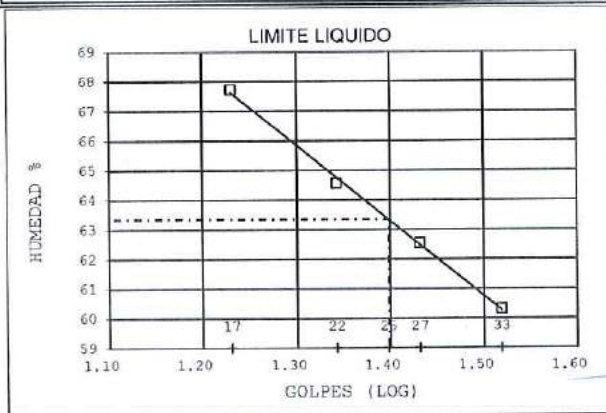
ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN

ASTM D2487-AASHTO 3282 - 2487

PROYECTO	: ESTUDIO GEOLÓGICO GEOTÉCNICO DEL BARRIO BELÉN BAJO, PARROQUIA MALACATOS, CANTON Y PROVINCIA DE LOJA					
OBRA	: ESTUDIO GEOTECNICO					
UBICACIÓN	: MALACATOS, CANTÓN LOJA, PROVINCIA DE LOJA					
OPERADOR	: A.H	MUESTRA				: POZO 1
FECHA	: Agosto 2022	PROFUNDIDAD				: 3.00 m
	GOLPES	W HM. (gr)	W SECO (gr)	W CAPS (gr)	w %	RESULTADO%
1.- CONTENIDO HUMEDAD		29.10	26.15	17.79	35.29	34.71
		31.86	28.47	18.54	34.14	
2.- LIM. LIQUIDO	33	41.84	36.46	27.54	60.31	63.35
	27	32.78	27.37	18.72	62.54	
	22	33.34	27.09	17.41	64.57	
	17	34.51	27.94	18.24	67.73	
3.- LIMITE PLASTICO		28.88	28.25	25.85	26.25	26.44
		21.27	20.70	18.56	26.64	
4.- GRANULOMETRIA	5.- CLASIFICACION.-					
PESO INICIAL DE CALCULO:		85 gr				
TAMIZ	ESO R (gr)	% R.A.	% PASA			
1 1/2"	0.00	0.00	100			
1"	0.00	0.00	100			
3/4"	0.00	0.00	100			
1/2"	0.00	0.00	100			
3/8"	3.60	5.67	94			
No. 4	0.44	6.37	94			
No. 10	1.18	8.23	92			
No. 40	2.08	11.50	88			
No. 200	5.99	20.94	79			
COLOR	: MARRÓN GRISÁCEO OSCURO					
				GRAVA=	6.37 %	
				ARENA=	14.58 %	
				FINOS=	79.06 %	
				LL =	63.00 %	
				LP =	26.00 %	
				IP =	37.00 %	
				cu	15.34	
				cc	0.58	
				CLASIFICACION:		
				SUCS =	CH1	
				Arcilla de alta plasticidad con arena		
				AASHTO=	A-7-6 IG 17	
				Suelos arcillosos		
				Regular a Pobre		





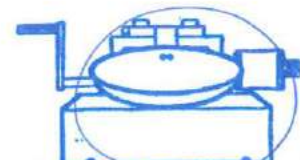
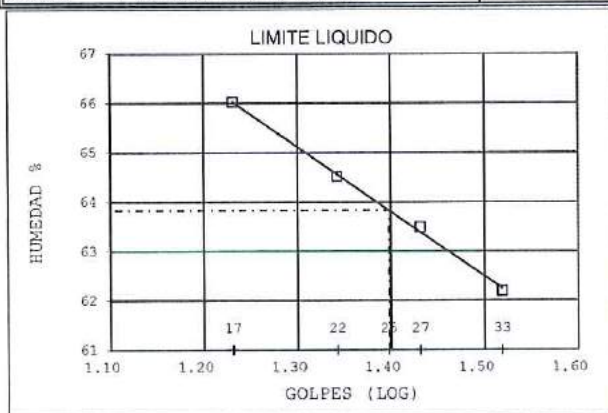
ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN

ASTM D2487-AASHTO 3282 - 2487

PROYECTO	: ESTUDIO GEOLÓGICO GEOTÉCNICO DEL BARRIO BELÉN BAJO, PARROQUIA MALACATOS, CANTÓN Y PROVINCIA DE LOJA					
OBRA	: ESTUDIO GEOTECNICO					
UBICACIÓN	: MALACATOS, CANTÓN LOJA, PROVINCIA DE LOJA					
OPERADOR	: A.H	MUESTRA				: POZO 1
FECHA	: Agosto 2022	PROFUNDIDAD				: 4.00 m
	GOLPES	W HM. (gr)	W SECO (gr)	W CAPS (gr)	w %	RESULTADO%
1.- CONTENIDO HUMEDAD		31.21	28.78	18.00	22.54	23.36
		41.82	38.99	27.29	24.19	
2.- LIM. LIQUIDO	33	38.84	33.74	25.54	62.20	63.83
	27	42.79	37.33	28.73	63.49	
	22	28.55	24.15	17.33	64.52	
	17	33.08	27.27	18.47	66.02	
3.- LIMITE PLASTICO		10.73	10.05	6.76	20.67	20.44
		10.25	9.70	6.98	20.22	
4.- GRANULOMETRIA	5.- CLASIFICACION.-					
PESO INICIAL DE CALCULO:	133 gr					
TAMIZ	ESO R (gr)	% R.A.	% PASA	GRAVA= 9.70 %		
1 1/2"	0.00	0.00	100	ARENA= 11.93 %		
1"	0.00	0.00	100	FINOS= 78.36 %		
3/4"	0.00	0.00	100	LL = 64.00 %		
1/2"	10.00	9.25	91	LP = 20.00 %		
3/8"	0.00	9.25	91	IP = 44.00 %		
No. 4	0.49	9.70	90	cu 15.72		
No. 10	0.78	10.43	90	cc 0.58		
No. 40	2.79	13.01	87	CLASIFICACION:		
No. 200	9.33	21.64	78	SUCS = CH1		
COLOR : MARRÓN OLIVO CLARO						Arcilla de alta plasticidad con arena
				AASHTO= A-7-6 IG 22		
				Suelos arcillosos		
				Regular a Pobre		



Ing. Ovidio Castillo J.

ESTSUELCON
LABORATORIO

Ing. Ovidio Castillo



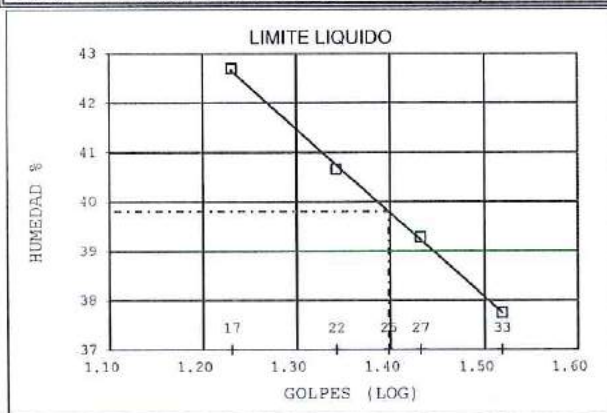
ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN

ASTM D2487-AASHTO 3282 - 2487

PROYECTO	: ESTUDIO GEOLÓGICO GEOTÉCNICO DEL BARRIO BELÉN BAJO, PARROQUIA MALACATOS, CANTÓN Y PROVINCIA DE LOJA				
OBRA	: ESTUDIO GEOTÉCNICO				
UBICACIÓN	: MALACATOS, CANTÓN LOJA, PROVINCIA DE LOJA				
OPERADOR	: A.H	MUESTRA	: POZO 1		
FECHA	: Agosto 2022	PROFUNDIDAD	: 5.00 m		
	GOLPES	W HM. (gr)	W SECO (gr)	W CAPS (gr)	w % RESULTADO%
1.- CONTENIDO HUMEDAD		37.00	34.06	19.03	19.56
		33.65	31.23	18.03	18.33
2.- LIM. LIQUIDO	33	35.38	31.05	19.58	37.75
	27	27.62	23.68	13.65	39.28
	22	29.56	25.14	14.27	40.66
	17	37.23	32.03	19.85	42.69
3.- LIMITE PLASTICO		16.25	15.71	13.19	21.43
		15.66	15.13	12.54	20.46
4.- GRANULOMETRIA	5.- CLASIFICACION.-				
PESO INICIAL DE CALCULO:	88 gr				
TAMIZ	ESO R (gr)	% R.A.	% PASA	GRAVA= 0.30 %	
1 1/2"	0.00	0.00	100	ARENA= 19.59 %	
1"	0.00	0.00	100	FINOS= 80.11 %	
3/4"	0.00	0.00	100	LL = 40.00 %	
1/2"	0.00	0.00	100	LP = 21.00 %	
3/8"	0.00	0.00	100	IP = 19.00 %	
No. 4	0.22	0.30	100	cu 14.80	
No. 10	0.95	1.58	98	cc 0.58	
No. 40	2.20	4.56	95	CLASIFICACION:	
No. 200	11.32	19.89	80	SUCS = CL	
COLOR	: MARRÓN MUY PÁLIDO				
				Arcilla de baja plasticidad con arena	
				AASHTO= A-6 IG 6	
				Suelos arcillosos	
				Regular a Pobre	



SPT 2



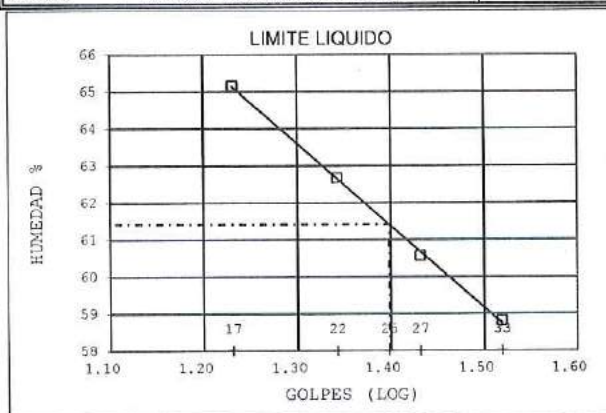
ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN

ASTM D2497-AASHTO 3282 - 2487

PROYECTO	: ESTUDIO GEOLÓGICO GEOTÉCNICO DEL BARRIO BELÉN BAJO, PARROQUIA MALACATOS, CANTÓN Y PROVINCIA DE LOJA					
OBRA	: ESTUDIO GEOTECNICO					
UBICACIÓN	: MALACATOS, CANTÓN LOJA, PROVINCIA DE LOJA					
OPERADOR	: A.H			MUESTRA	: POZO 2	
FECHA	: Agosto 2022			PROFUNDIDAD	: 1.00 m	
	GOLPES	W HM. (gr)	W SECO (gr)	W CAPS (gr)	w %	RESULTADO%
1.- CONTENIDO HUMEDAD		23.43	21.78	18.13	45.21	45.19
		24.64	22.72	18.47	45.18	
2.- LIM. LIQUIDO	33	26.04	21.50	13.78	58.81	61.42
	27	25.04	21.00	14.33	60.57	
	22	46.05	41.13	33.28	62.68	
	17	48.42	42.81	34.20	65.16	
3.- LIMITE PLASTICO		18.58	17.49	12.94	23.96	23.60
		17.62	16.76	13.06	23.24	
4.- GRANULOMETRIA	5.- CLASIFICACION.-					
PESO INICIAL DE CALCULO:	57 gr					
TAMIZ	ESO R (gr)	% R.A.	% PASA	GRAVA=	33.69 %	
1 1/2"	0.00	0.00	100	ARENA=	10.02 %	
1"	0.00	0.00	100	FINOS=	56.29 %	
3/4"	13.31	33.69	66	LL =	61.00 %	
1/2"	0.00	33.69	66	LP =	24.00 %	
3/8"	0.00	33.69	66	IP =	37.00 %	
No. 4	0.00	33.69	66	cu	75.88	
No. 10	0.23	34.27	66	cc	0.28	
No. 40	0.86	36.45	64	CLASIFICACION:		
No. 200	2.87	43.71	56	SUCS = CHI		
COLOR : MARRÓN GRISÁCEO OSCURO				Arcilla de alta plasticidad gravosa		
				AASHTO= A-7-6 IG 11		
				Suelos arcillosos		
				Regular a Pobre		





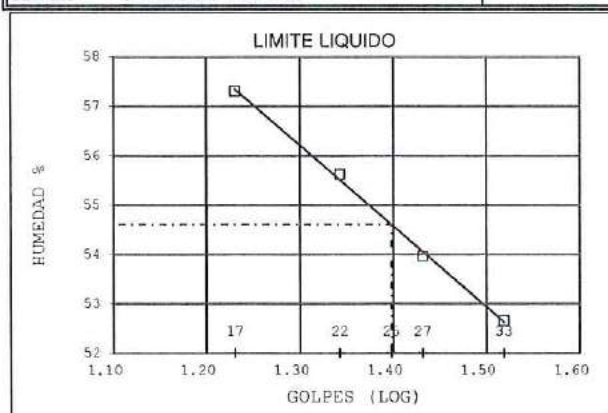
ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN

ASTM D2487-AASHTO 3282 - 2487

PROYECTO	: ESTUDIO GEOLÓGICO GEOTÉCNICO DEL BARRIO BELÉN BAJO, PARROQUIA MALACATOS, CANTÓN Y PROVINCIA DE LOJA				
OBRA	: ESTUDIO GEOTECNICO				
UBICACIÓN	: MALACATOS, CANTÓN LOJA, PROVINCIA DE LOJA				
OPERADOR	: A.H	MUESTRA	: POZO 2		
FECHA	: Agosto 2022	PROFUNDIDAD	: 2.00 m		
	GOLPES	W HM. (gr)	W SECO (gr)	W CAPS (gr)	w % RESULTADO
1.- CONTENIDO HUMEDAD		29.15	26.80	18.69	28.98
		28.79	26.47	18.50	29.11
2.- LIM. LIQUIDO	33	32.23	27.96	19.85	52.65
	27	34.05	28.95	19.50	53.97
	22	24.90	20.45	12.45	55.63
	17	25.66	21.11	13.17	57.30
3.- LIMITE PLASTICO		13.10	12.32	8.25	19.16
		11.14	10.42	6.63	19.00
4.- GRANULOMETRIA	5.- CLASIFICACION.-				
PESO INICIAL DE CALCULO:	74 gr				
TAMIZ	ESO R (gr	% R.A.	% PASA		
1 1/2"	0.00	0.00	100		
1"	0.00	0.00	100		
3/4"	0.00	0.00	100		
1/2"	0.00	0.00	100		
3/8"	0.00	0.00	100		
No. 4	0.66	1.15	99		
No. 10	1.52	3.80	96		
No. 40	4.72	12.04	88		
No. 200	7.31	24.79	75		
COLOR	: MARRÓN PÁLIDO				
	GRAVA=	1.15 %			
	ARENA=	23.64 %			
	FINOS=	75.21 %			
	LL =	55.00 %			
	LP =	19.00 %			
	IP =	36.00 %			
	cu	17.64			
	cc	0.56			
	CLASIFICACION:				
	SUCS = CH1				
	Arcilla de alta plasticidad con arena				
	AASHTO= A-7-6 IG 16				
	Suelos arcillosos				
	Regular a Pobre				





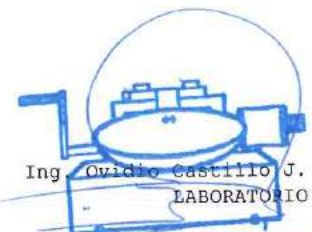
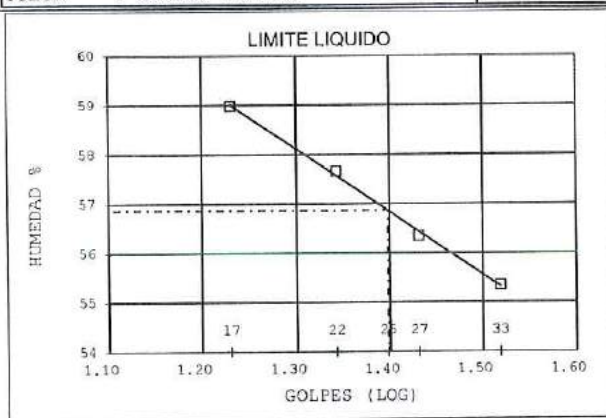
ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN

ASTM D2487-AASHTO 3282 - 2487

PROYECTO : ESTUDIO GEOLÓGICO GEOTÉCNICO DEL BARRIO BELÉN BAJO, PARROQUIA MALACATOS, CANTÓN Y PROVINCIA DE LOJA						
OBRA : ESTUDIO GEOTECNICO						
UBICACIÓN : MALACATOS, CANTÓN LOJA, PROVINCIA DE LOJA						
OPERADOR : A.H			MUESTRA : POZO 2			
FECHA : Agosto 2022			PROFUNDIDAD : 3.00 m			
	GOLPES	W HM. (gr)	W SECO (gr)	W CAPS (gr)	w %	RESULTADO%
1.- CONTENIDO HUMEDAD		28.92	25.57	18.76	49.19	48.80
		28.55	25.21	18.31	48.41	
2.- LIM. LIQUIDO	33	23.08	19.82	13.93	55.35	56.86
	27	29.54	25.99	19.69	56.35	
	22	20.63	17.62	12.40	57.66	
	17	23.53	19.72	13.26	58.98	
3.- LIMITE PLASTICO		23.83	22.91	19.40	26.21	26.92
		24.17	23.17	19.55	27.62	
4.- GRANULOMETRIA				5.- CLASIFICACION.-		
PESO INICIAL DE CALCULO:		98 gr		GRAVA= 3.32 %		
				ARENA= 16.99 %		
				FINOS= 79.69 %		
				LL = 57.00 %		
				LP = 27.00 %		
				IP = 30.00 %		
				cu 15.01		
				cc 0.58		
				CLASIFICACION:		
				SUCS = CHI		
				Arcilla de alta plasticidad con arena		
				AASHTO= A-7-6 IG 13		
				Suelos arcillosos		
				Regular a Pobre		
TAMIZ		ESO R (gr)	% R.A.	% PASA		
1 1/2"		0.00	0.00	100		
1"		0.00	0.00	100		
3/4"		0.00	0.00	100		
1/2"		0.00	0.00	100		
3/8"		0.00	0.00	100		
No.	4	2.18	3.32	97		
No.	10	1.29	5.28	95		
No.	40	2.57	9.19	91		
No.	200	7.31	20.31	80		
COLOR : MARRÓN PÁLIDO						



ESTSUELCON
Ing. Ovidio Castillo



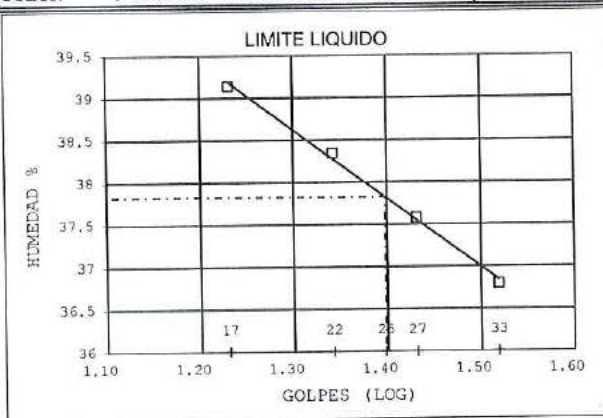
ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN

ASTM D2487-AASHTO 3282 - 2487

PROYECTO		: ESTUDIO GEOLÓGICO GEOTÉCNICO DEL BARRIO BELÉN BAJO, PARROQUIA MALACATOS, CANTÓN Y PROVINCIA DE LOJA				
OBRA		: ESTUDIO GEOTÉCNICO				
UBICACIÓN		: MALACATOS, CANTÓN LOJA, PROVINCIA DE LOJA				
OPERADOR		: A.H		MUESTRA		: POZO 2
FECHA		: Agosto 2022		PROFUNDIDAD		: 4.00 m
		GOLPES	W HM. (gr)	W SECO (gr)	W CAPS (gr)	w % RESULTADO%
1.- CONTENIDO HUMEDAD			28.30	26.41	18.63	24.29
			29.82	27.78	19.01	23.26
2.- LIM. LIQUIDO		33	19.69	16.22	6.79	36.80
		27	21.46	18.04	8.94	37.58
		22	23.69	19.61	8.97	38.35
		17	21.16	17.70	8.86	39.14
3.- LIMITE PLASTICO			10.45	9.98	6.57	13.78
			11.58	11.02	6.86	13.46
4.- GRANULOMETRIA		5.- CLASIFICACION.-				
PESO INICIAL DE CALCULO:		87 gr		GRAVA= 11.46 %		
TAMIZ		ESO R (gr	% R.A.	% PASA	ARENA= 19.83 %	
1 1/2"		0.00	0.00	100	FINOS= 68.71 %	
1"		0.00	0.00	100	LL = 38.00 %	
3/4"		0.00	0.00	100	LP = 14.00 %	
1/2"		5.92	8.40	92	IP = 24.00 %	
3/8"		2.16	11.46	89	cu 23.14	
No. 4		0.00	11.46	89	cc 0.53	
No. 10		1.02	12.91	87	CLASIFICACION:	
No. 40		2.44	16.37	84	SUCS = CL	
No. 200		10.52	31.29	69	Arcilla de baja plasticidad arenosa	
COLOR : MARRÓN AMARILLENTO CLARO				AASHTO= A-6 IG 8		Suelos arcillosos
				Regular a Pobre		





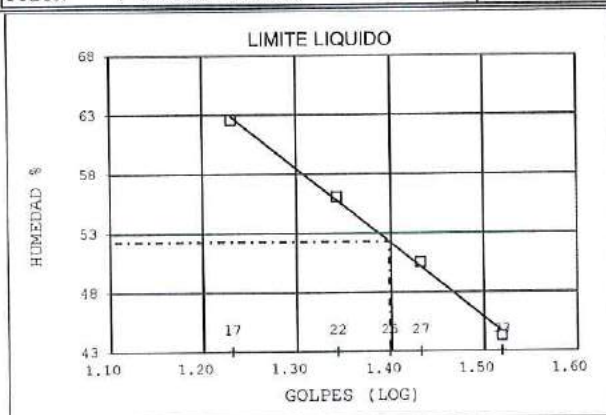
ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN

ASTM D2497-AASHTO 3282 - 2487

PROYECTO	: ESTUDIO GEOLÓGICO GEOTÉCNICO DEL BARRIO BELÉN BAJO, PARROQUIA MALACATOS, CANTÓN Y PROVINCIA DE LOJA					
OBRA	: ESTUDIO GEOTECNICO					
UBICACIÓN	: MALACATOS, CANTÓN LOJA, PROVINCIA DE LOJA					
OPERADOR	: A.H	MUESTRA				: POZO 2
FECHA	: Agosto 2022	PROFUNDIDAD				: 5.00 m
	GOLPES	W HM. (gr)	W SECO (gr)	W CAPS (gr)	w %	RESULTADOS
1.- CONTENIDO HUMEDAD		27.22	24.82	18.23	36.42	36.27
		37.06	34.42	27.11	36.11	
2.- LIM. LIQUIDO	33	27.77	24.34	16.60	44.32	52.29
	27	33.97	31.14	25.54	50.54	
	22	30.98	26.69	19.04	56.08	
	17	29.45	25.37	18.85	62.58	
3.- LIMITE PLASTICO		33.34	31.92	27.29	30.67	30.83
		23.83	22.55	18.42	30.99	
4.- GRANULOMETRIA	5.- CLASIFICACION.-					
PESO INICIAL DE CALCULO:	79 gr					
TAMIZ	ESO R (gr	% R.A.	% PASA			
1 1/2"	0.00	0.00	100			GRAVA= 1.88 %
1"	0.00	0.00	100			ARENA= 20.19 %
3/4"	0.00	0.00	100			FINOS= 77.93 %
1/2"	0.00	0.00	100			LL = 52.00 %
3/8"	0.00	0.00	100			LP = 31.00 %
No. 4	1.09	1.88	98			IP = 21.00 %
No. 10	1.45	4.39	96			cu 15.96
No. 40	2.90	9.40	91			cc 0.57
No. 200	7.34	22.07	78			
COLOR	: MARRÓN PÁLIDO					CLASIFICACION: SUCS = MH1 Limo elástico con arena AASHTO= A-7-5 IG 7 Suelos arcillosos Regular a Pobre





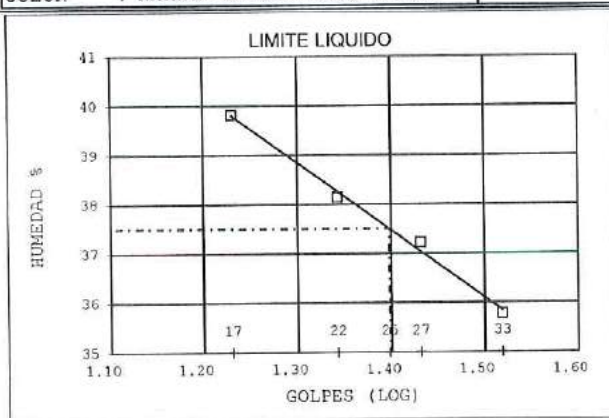
ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN

ASTM D2487-AASHTO 3282 - 2487

PROYECTO : ESTUDIO GEOLÓGICO GEOTÉCNICO DEL BARRIO BELÉN BAJO, PARROQUIA MALACATOS, CANTÓN Y PROVINCIA DE LOJA																																														
OBRA : ESTUDIO GEOTÉCNICO																																														
UBICACIÓN : MALACATOS, CANTÓN LOJA, PROVINCIA DE LOJA																																														
OPERADOR : A.H			MUESTRA : POZO 2																																											
FECHA : Agosto 2022			PROFUNDIDAD : 6.00 m																																											
	GOLPES	W HM. (gr)	W SECO (gr)	W CAPS (gr)	w %	RESULTADO%																																								
1.- CONTENIDO HUMEDAD		29.26 36.34	27.54 34.37	18.20 24.50	18.42 19.96	19.19																																								
2.- LIM. LIQUIDO	33 27 22 17	27.52 24.00 29.96 22.63	25.32 21.16 27.16 19.99	19.17 13.53 19.82 13.36	35.77 37.22 38.15 39.82	37.50																																								
3.- LIMITE PLASTICO		11.28 13.39	10.65 12.54	6.84 6.86	16.54 14.96	15.75																																								
4.- GRANULOMETRIA	5.- CLASIFICACION.-																																													
PESO INICIAL DE CALCULO: 100 gr		GRAVA= 1.14 % ARENA= 36.60 % FINOS= 62.26 % LL = 38.00 % LP = 16.00 % IP = 22.00 % cu 32.05 cc 0.50																																												
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>TAMIZ</th> <th>ESO R (gr)</th> <th>% R.A.</th> <th>% PASA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1 1/2"</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>100</td></tr> <tr><td>1"</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>100</td></tr> <tr><td>3/4"</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>100</td></tr> <tr><td>1/2"</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>100</td></tr> <tr><td>3/8"</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>100</td></tr> <tr><td>No. 4</td><td>0.96</td><td>1.14</td><td>99</td></tr> <tr><td>No. 10</td><td>2.00</td><td>3.52</td><td>96</td></tr> <tr><td>No. 40</td><td>9.63</td><td>14.98</td><td>85</td></tr> <tr><td>No. 200</td><td>19.12</td><td>37.74</td><td>62</td></tr> </tbody> </table>	TAMIZ	ESO R (gr)	% R.A.	% PASA	1 1/2"	0.00	0.00	100	1"	0.00	0.00	100	3/4"	0.00	0.00	100	1/2"	0.00	0.00	100	3/8"	0.00	0.00	100	No. 4	0.96	1.14	99	No. 10	2.00	3.52	96	No. 40	9.63	14.98	85	No. 200	19.12	37.74	62	CLASIFICACION: SUCS = CL Arcilla de baja plasticidad arenosa AASHTO= A-6 IG 6 Suelos arcillosos Regular a Pobre					
TAMIZ	ESO R (gr)	% R.A.	% PASA																																											
1 1/2"	0.00	0.00	100																																											
1"	0.00	0.00	100																																											
3/4"	0.00	0.00	100																																											
1/2"	0.00	0.00	100																																											
3/8"	0.00	0.00	100																																											
No. 4	0.96	1.14	99																																											
No. 10	2.00	3.52	96																																											
No. 40	9.63	14.98	85																																											
No. 200	19.12	37.74	62																																											
COLOR : MARRÓN AMARILLENTO CLARO																																														



SPT 3



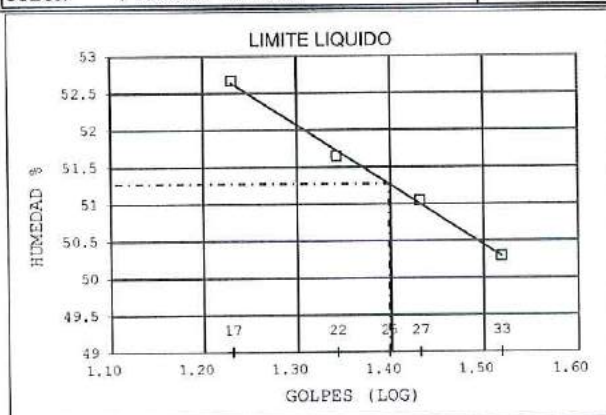
ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN

ASTM D2487-AASHTO 3282 - 2487

PROYECTO	: ESTUDIO GEOLÓGICO GEOTÉCNICO DEL BARRIO BELÉN BAJO, PARROQUIA MALACATOS, CANTÓN Y PROVINCIA DE LOJA					
OBRA	: ESTUDIO GEOTECNICO					
UBICACIÓN	: MALACATOS, CANTÓN LOJA, PROVINCIA DE LOJA					
OPERADOR	: A.H	MUESTRA				: POZO 3
FECHA	: Agosto 2022	PROFUNDIDAD				: 1.00 m
	GOLPES	W HM. (gr)	W SECO (gr)	W CAPS (gr)	w %	RESULTADO%
1.- CONTENIDO HUMEDAD		30.90	27.58	18.74	37.56	37.59
		34.83	30.35	18.44	37.62	
2.- LIM. LIQUIDO	33	21.44	17.19	8.74	50.30	51.28
	27	21.36	16.49	6.95	51.05	
	22	22.00	16.83	6.82	51.65	
	17	24.30	19.07	9.14	52.67	
3.- LIMITE PLASTICO		23.15	22.37	18.54	20.37	20.62
		23.20	22.43	18.74	20.87	
4.- GRANULOMETRIA	5.- CLASIFICACION.-					
PESO INICIAL DE CALCULO:	143 gr					
TAMIZ	ESO R (gr)	% R.A.	% PASA	GRAVA= 1.17 %		
1 1/2"	0.00	0.00	100	ARENA= 33.57 %		
1"	0.00	0.00	100	FINOS= 65.26 %		
3/4"	0.00	0.00	100	LL = 51.00 %		
1/2"	0.00	0.00	100	LP = 21.00 %		
3/8"	0.00	0.00	100	IP = 30.00 %		
No. 4	1.22	1.17	99	cu 27.33		
No. 10	3.61	4.63	95	cc 0.52		
No. 40	9.43	13.68	86	CLASIFICACION:		
No. 200	21.95	34.74	65	SUCS = CH1		
COLOR : MARRÓN PÁLIDO						Arcilla de alta plasticidad arenosa
				AASHTO= A-7-6 IG 10		
				Suelos arcillosos		
				Regular a Pobre		



ESTSUELCON
Ing. Ovidio Castillo



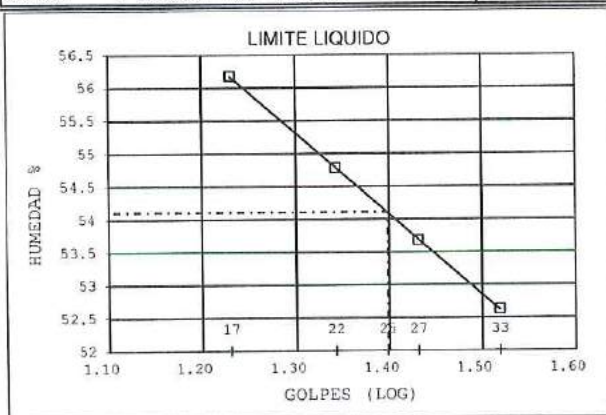
ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN

ASTM D2487-AASHTO 3282 - 2487

PROYECTO : ESTUDIO GEOLÓGICO GEOTÉCNICO DEL BARRIO BELÉN BAJO, PARROQUIA MALACATOS, CANTÓN Y PROVINCIA DE LOJA						
OBRA : ESTUDIO GEOTÉCNICO						
UBICACIÓN : MALACATOS, CANTÓN LOJA, PROVINCIA DE LOJA						
OPERADOR : A.H			MUESTRA : POZO 3			
FECHA : Agosto 2022			PROFUNDIDAD : 2.00 m			
	GOLPES	W HM. (gr)	W SECO (gr)	W CAPS (gr)	w %	RESULTADO%
1.- CONTENIDO HUMEDAD		36.78	32.62	18.66	29.80	30,22
		36.12	32.03	18.68	30.64	
2.- LIM. LIQUIDO	33	34.01	28.70	18.61	52.63	54.10
	27	34.37	28.83	18.51	53.68	
	22	31.01	26.60	18.55	54.78	
	17	32.19	27.28	18.54	56.18	
3.- LIMITE PLASTICO		27.21	25.49	18.46	24.47	24.32
		24.89	23.41	17.29	24.18	
4.- GRANULOMETRIA				5.- CLASIFICACION.-		
PESO INICIAL DE CALCULO:		241 gr				
TAMIZ	ESO R (gr)	% R.A.	% PASA	GRAVA= 7.43 %		
1 1/2"	0.00	0.00	100	ARENA= 23.41 %		
1"	0.00	0.00	100	FINOS= 69.16 %		
3/4"	0.00	0.00	100	LL = 54.00 %		
1/2"	3.49	1.88	98	LP = 24.00 %		
3/8"	2.85	3.42	97	IP = 30.00 %		
No. 4	7.42	7.43	93	cu 22.68		
No. 10	8.97	12.27	88	cc 0.54		
No. 40	12.75	19.16	81	CLASIFICACION: SUCS = CH1 Arcilla de alta plasticidad arenosa AASHTO= A-7-6 IG 11 Suelos arcillosos Regular a Pobre		
No. 200	21.64	30.84	69			
COLOR : MARRÓN MUY PÁLIDO						





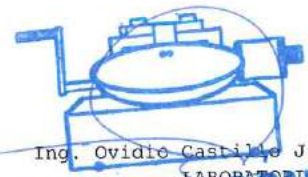
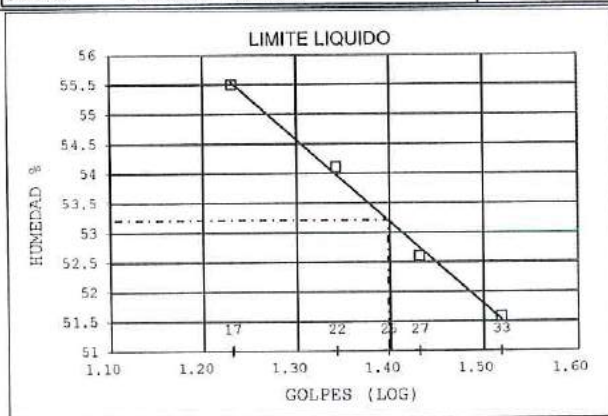
ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN

ASTM D2487-AASHTO 3282 - 2487

PROYECTO	: ESTUDIO GEOLÓGICO GEOTÉCNICO DEL BARRIO BELÉN BAJO, PARROQUIA MALACATOS, CANTÓN Y PROVINCIA DE LOJA					
OBRA	: ESTUDIO GEOTECNICO					
UBICACIÓN	: MALACATOS, CANTÓN LOJA, PROVINCIA DE LOJA					
OPERADOR	: A.H	MUESTRA				: POZO 3
FECHA	: Agosto 2022	PROFUNDIDAD				: 3.00 m
	GOLFES	W HM. (gr)	W SECO (gr)	W CAPS (gr)	w %	RESULTADO%
1.- CONTENIDO HUMEDAD		37.57 38.79	31.16 32.08	18.32 18.33	49.92 48.80	49.36
2.- LIM. LIQUIDO	33 27 22 17	33.38 32.48 32.81 34.51	28.33 27.73 27.87 28.66	18.54 18.70 18.74 18.12	51.58 52.60 54.11 55.50	53.21
3.- LIMITE PLASTICO		21.90 21.78	21.22 21.16	18.45 18.69	24.55 25.10	24.82
4.- GRANULOMETRIA	5.- CLASIFICACION.-					
PESO INICIAL DE CALCULO:	129 gr					
TAMIZ	ESO R (gr)	% R.A.	% PASA	GRAVA=	26.83 %	
1 1/2"	0.00	0.00	100	ARENA=	30.89 %	
1"	0.00	0.00	100	FINOS=	42.27 %	
3/4"	0.00	0.00	100	LL =	53.00 %	
1/2"	8.79	10.20	90	LP =	25.00 %	
3/8"	6.75	18.03	82	IP =	28.00 %	
No. 4	7.58	26.83	73	cu	505.19	
No. 10	8.81	37.06	63	cc	0.12	
No. 40	9.54	48.13	52	CLASIFICACION:		
No. 200	8.27	57.73	42	SUCS = SC		
COLOR	: MARRÓN PÁLIDO					
				Arena arcillosa con grava		
				AASHTO= A-7-6 IG 5		
				Suelos arcillosos		
				Regular a Pobre		



Ing. Ovidio Castillo J.

LABORATORIO

ESTSUELCON
Ing. Ovidio Castillo



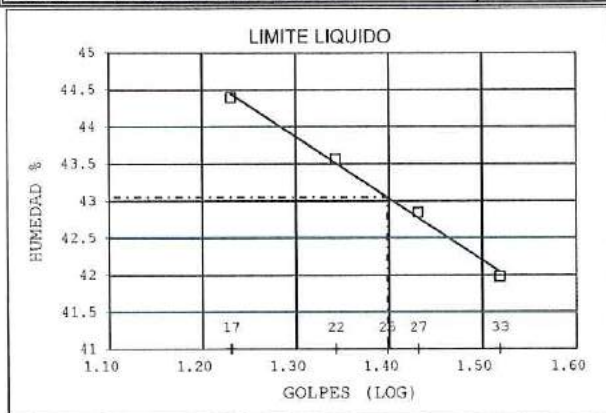
ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN

ASTM D2487-AASHTO 3282 - 2487

PROYECTO : ESTUDIO GEOLÓGICO GEOTÉCNICO DEL BARRIO BELÉN BAJO, PARROQUIA MALACATOS, CANTÓN Y PROVINCIA DE LOJA						
OBRA : ESTUDIO GEOTECNICO						
UBICACIÓN : MALACATOS, CANTÓN LOJA, PROVINCIA DE LOJA						
OPERADOR : A.H			MUESTRA : POZO 3			
FECHA : Agosto 2022			PROFUNDIDAD : 4.00 m			
	GOLPES	W HM. (gr)	W SECO (gr)	W CAPS (gr)	w %	RESULTADO%
1.- CONTENIDO HUMEDAD		32.34	29.52	18.42	25.41	25.36
		33.13	30.04	17.83	25.31	
2.- LIM. LIQUIDO	33	32.57	28.41	18.50	41.98	43.05
	27	34.71	29.86	18.54	42.84	
	22	34.81	29.80	18.30	43.57	
	17	34.98	30.07	19.01	44.39	
3.- LIMITE PLASTICO		25.04	24.01	18.55	18.86	19.24
		26.36	25.06	18.43	19.61	
4.- GRANULOMETRIA				5.- CLASIFICACION.-		
PESO INICIAL DE CALCULO:		132 gr				
TAMIZ	ESO R (gr)	% R.A.	% PASA			
1 1/2"	0.00	0.00	100			
1"	0.00	0.00	100			
3/4"	0.00	0.00	100			
1/2"	0.00	0.00	100			
3/8"	5.06	4.79	95			
No. 4	7.24	11.65	88			
No. 10	6.09	17.42	83			
No. 40	10.05	26.94	73			
No. 200	17.58	43.59	56			
COLOR : MARRÓN MUY PÁLIDO						
					GRAVA=	11.65 %
					ARENA=	31.94 %
					FINOS=	56.41 %
					LL =	43.00 %
					LP =	19.00 %
					IP =	24.00 %
					cu	50.23
					cc	0.43
CLASIFICACION:						
SUCS = CL						
Arcilla de baja plasticidad arenosa						
AASHTO= A-7-6 IG 6						
Suelos arcillosos						
Regular a Pobre						





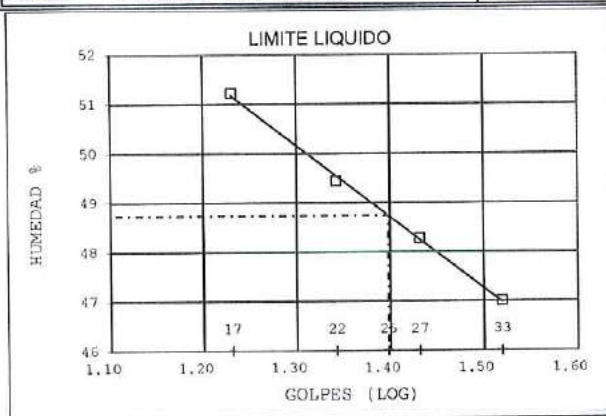
ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN

ASTM D2487-AASHTO 3282 - 2487

PROYECTO	: ESTUDIO GEOLÓGICO GEOTÉCNICO DEL BARRIO BELÉN BAJO, PARROQUIA MALACATOS, CANTÓN Y PROVINCIA DE LOJA					
OBRA	: ESTUDIO GEOTECNICO					
UBICACIÓN	: MALACATOS, CANTÓN LOJA, PROVINCIA DE LOJA					
OPERADOR	: A.H	MUESTRA				: POZO 3
FECHA	: Agosto 2022	PROFUNDIDAD				: 5.00 m
	GOLPES	W HM. (gr)	W SECO (gr)	W CAPS (gr)	w %	RESULTADO%
1.- CONTENIDO HUMEDAD		38.20	33.23	18.67	34.13	33.27
		39.00	34.00	18.57	32.40	
2.- LIM. LIQUIDO	33	36.59	33.68	27.49	47.01	48.74
	27	28.57	24.92	17.36	48.28	
	22	28.48	25.38	19.11	49.44	
	17	37.91	34.35	27.40	51.22	
3.- LIMITE PLASTICO		32.40	31.28	27.35	28.50	28.29
		31.80	30.80	27.24	28.09	
4.- GRANULOMETRIA	5.- CLASIFICACION.-					
PESO INICIAL DE CALCULO:	201 gr					
TAMIZ	ESO R (gr)	% R.A.	% PASA	GRAVA= 30.93 %		
1 1/2"	0.00	0.00	100	ARENA= 35.55 %		
1"	0.00	0.00	100	FINOS= 33.51 %		
3/4"	12.18	8.08	92	LL = 49.00 %		
1/2"	18.86	20.59	79	LP = 28.00 %		
3/8"	3.66	23.02	77	IP = 21.00 %		
No. 4	11.92	30.93	69	cu 622.65		
No. 10	15.90	41.48	59	cc 0.28		
No. 40	18.57	53.80	46	CLASIFICACION:		
No. 200	19.12	66.49	34	SUCS = SM		
COLOR	: MARRÓN MUY PÁLIDO					Arena limosa con grava
				AASHTO= A-2-7 IG 2		
				Grava o Arena limosa o arcillosa		
				Excelente a Bueno		





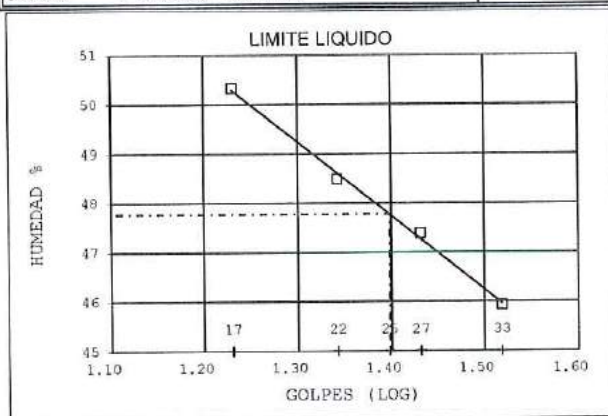
ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN

ASTM D2487-AASHTO 3282 - 2487

PROYECTO	: ESTUDIO GEOLÓGICO GEOTÉCNICO DEL BARRIO BELÉN BAJO, PARROQUIA MALACATOS, CANTÓN Y PROVINCIA DE LOJA					
OBRA	: ESTUDIO GEOTECNICO					
UBICACIÓN	: MALACATOS, CANTÓN LOJA, PROVINCIA DE LOJA					
OPERADOR	: A.H	MUESTRA				: POZO 3
FECHA	: Agosto 2022	PROFUNDIDAD				: 6.00 m
	GOLPES	W HM. (gr)	W SECO (gr)	W CAPS (gr)	w %	RESULTADO%
1.- CONTENIDO HUMEDAD		40.02	34.21	19.08	38.40	38.95
		36.83	31.75	18.89	39.50	
2.- LIM. LIQUIDO	33	46.75	42.29	32.58	45.93	47.78
	27	47.49	42.95	33.37	47.39	
	22	51.04	45.59	34.35	48.49	
	17	47.60	42.99	33.83	50.33	
3.- LIMITE PLASTICO		22.33	21.54	18.61	26.96	27.49
		22.72	21.86	18.79	28.01	
4.- GRANULOMETRIA	5.- CLASIFICACION.-					
PESO INICIAL DE CALCULO:	214 gr					
TAMIZ	ESO R (gr	% R.A.	% PASA			
1 1/2"	0.00	0.00	100			GRAVA= 12.74 %
1"	0.00	0.00	100			ARENA= 33.50 %
3/4"	0.00	0.00	100			FINOS= 53.76 %
1/2"	11.32	7.35	93			LL = 48.00 %
3/8"	1.77	8.50	92			LP = 27.00 %
No. 4	6.53	12.74	87			IP = 21.00 %
No. 10	7.62	17.68	82			cu 66.10
No. 40	13.89	26.70	73			cc 0.38
No. 200	30.09	46.24	54			
COLOR	: MARRÓN PÁLIDO					CLASIFICACION: SUCS = CL Arcilla de baja plasticidad arenosa AASHTO= A-7-6 IG 4 Suelos arcillosos Regular a Pobre



SPT 4



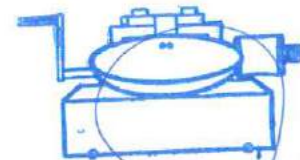
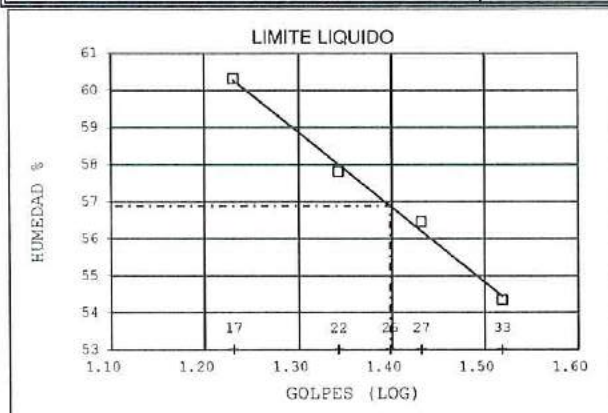
ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN

ASTM D2487-AASHTO 3282 - 2487

PROYECTO	: ESTUDIO GEOLÓGICO GEOTÉCNICO DEL BARRIO BELÉN BAJO, PARROQUIA MALACATOS, CANTÓN Y PROVINCIA DE LOJA					
OBRA	: ESTUDIO GEOTECNICO					
UBICACIÓN	: MALACATOS, CANTÓN LOJA, PROVINCIA DE LOJA					
OPERADOR	: A.H			MUESTRA	: POZO 4	
FECHA	: Agosto 2022			PROFUNDIDAD	: 1.00 m	
	GOLPES	W HM. (gr)	W SECO (gr)	W CAPS (gr)	w %	RESULTADO%
1.- CONTENIDO HUMEDAD		32.16	28.98	17.98	28.91	28.13
		31.10	28.33	18.20	27.34	
2.- LIM. LIQUIDO	33	32.15	27.34	18.49	54.35	56.89
	27	34.30	28.79	19.03	56.45	
	22	30.78	26.12	18.06	57.82	
	17	34.95	28.81	18.63	60.31	
3.- LIMITE PLASTICO		22.33	21.52	18.61	27.84	27.92
		22.72	21.86	18.79	28.01	
4.- GRANULOMETRIA	5.- CLASIFICACION.-					
PESO INICIAL DE CALCULO:	159 gr					
TAMIZ	ESO R (gr)	% R.A.	% PASA	GRAVA=	11.09 %	
1 1/2"	0.00	0.00	100	ARENA=	30.35 %	
1"	0.00	0.00	100	FINOS=	58.56 %	
3/4"	0.00	0.00	100	LL =	57.00 %	
1/2"	1.81	1.46	99	LP =	28.00 %	
3/8"	2.51	3.49	97	IP =	29.00 %	
No. 4	9.41	11.09	89	cu	50.19	
No. 10	12.41	21.12	79	cc	0.38	
No. 40	14.08	32.49	68	CLASIFICACION:		
No. 200	11.08	41.44	59	SUCS = CH1		
COLOR : MARRÓN AMARILLENTO OSCURO				Arcilla de alta plasticidad arenosa		
				AASHTO= A-7-6 IG 8		
				Suelos arcillosos		
				Regular a Pobre		



Ing. Ovidio Castillo
ESTSUELCON
 LABORATORIO
 Ing. Ovidio Castillo



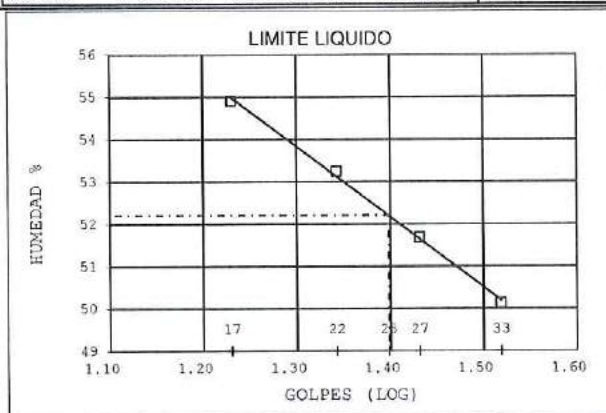
ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN

ASTM D2487-AASHTO 3282 - 2487

PROYECTO	: ESTUDIO GEOLÓGICO GEOTÉCNICO DEL BARRIO BELÉN BAJO, PARROQUIA MALACATOS, CANTÓN Y PROVINCIA DE LOJA					
OBRA	: ESTUDIO GEOTECNICO					
UBICACIÓN	: MALACATOS, CANTÓN LOJA, PROVINCIA DE LOJA					
OPERADOR	: A.H	MUESTRA				: POZO 4
FECHA	: Agosto 2022	PROFUNDIDAD				: 2.00 m
	GOLPES	W HM. (gr)	W SECO (gr)	W CAPS (gr)	w %	RESULTADO%
1.- CONTENIDO HUMEDAD		33.85	30.22	18.48	30.92	31.18
		32.54	29.17	18.45	31.44	
2.- LIM. LIQUIDO	33	24.17	20.38	12.82	50.13	52.21
	27	25.38	21.39	13.67	51.68	
	22	26.56	21.97	13.35	53.25	
	17	32.42	27.67	19.02	54.91	
3.- LIMITE PLASTICO		16.05	15.43	12.87	24.22	24.91
		15.90	15.16	12.27	25.61	
4.- GRANULOMETRIA	5.- CLASIFICACION.-					
PESO INICIAL DE CALCULO:	177 gr					
TAMIZ	ESO R (gr)	% R.A.	% PASA			
1 1/2"	0.00	0.00	100			
1"	0.00	0.00	100			
3/4"	0.00	0.00	100			
1/2"	0.00	0.00	100			
3/8"	0.00	0.00	100			
No. 4	4.18	3.09	97			
No. 10	8.83	9.63	90			
No. 40	14.47	20.33	80			
No. 200	12.08	29.27	71			
COLOR	: MARRÓN AMARILLENTO OSCURO					
	GRAVA=	3.09	%			
	ARENA=	26.18	%			
	FINOS=	70.73	%			
	LL =	52.00	%			
	LP =	25.00	%			
	IP =	27.00	%			
	cu	21.16				
	cc	0.54				
	CLASIFICACION:					
	SUCS = CHI					
	Arcilla de alta plasticidad con arena					
	AASHTO= A-7-6 IG 9					
	Suelos arcillosos					
	Regular a Pobre					





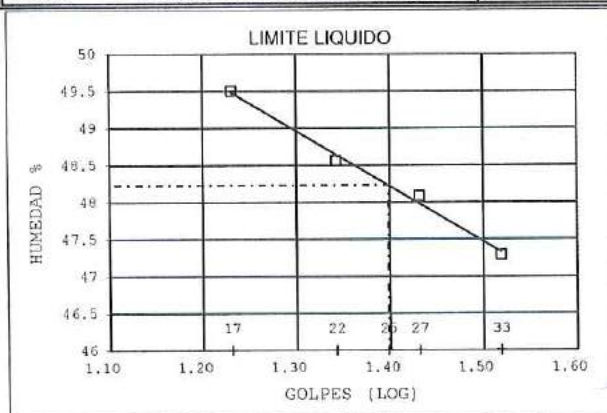
ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN

ASTM D2487-AASHTO 3282 - 2487

PROYECTO	: ESTUDIO GEOLÓGICO GEOTÉCNICO DEL BARRIO BELÉN BAJO, PARROQUIA MALACATOS, CANTÓN Y PROVINCIA DE LOJA					
OBRA	: ESTUDIO GEOTECNICO					
UBICACIÓN	: MALACATOS, CANTÓN LOJA, PROVINCIA DE LOJA					
OPERADOR	: A.H	MUESTRA				: POZO 4
FECHA	: Agosto 2022	PROFUNDIDAD				: 3.00 m
	GOLPES	W HM. (gr)	W SECO (gr)	W CAPS (gr)	w %	RESULTADO%
1.- CONTENIDO HUMEDAD		24.02	22.72	18.20	28.76	29.05
		25.30	23.78	18.60	29.34	
2.- LIM. LIQUIDO	33	30.38	26.54	18.42	47.29	48.23
	27	29.72	25.70	17.34	48.09	
	22	31.67	27.28	18.24	48.56	
	17	33.15	28.16	18.08	49.50	
3.- LIMITE PLASTICO		20.65	20.20	18.25	23.08	22.78
		20.91	20.44	18.35	22.49	
4.- GRANULOMETRIA	5.- CLASIFICACION.-					
PESO INICIAL DE CALCULO:	55 gr					
TAMIZ	ESO R (gr)	% R.A.	% PASA	GRAVA=	31.21 %	
1 1/2"	0.00	0.00	100	ARENA=	25.61 %	
1"	0.00	0.00	100	FINOS=	43.18 %	
3/4"	0.00	0.00	100	LL =	48.00 %	
1/2"	2.55	6.03	94	LP =	23.00 %	
3/8"	9.65	28.85	71	IP =	25.00 %	
No. 4	1.00	31.21	69	cu	572.83	
No. 10	3.12	38.59	61	cc	0.10	
No. 40	3.62	47.15	53	CLASIFICACION:		
No. 200	4.09	56.82	43	SUCS = GC		
COLOR	: MARRÓN AMARILLENTO CLARO					Grava arcillosa con arena
				AASHTO= A-7-6 IG 4		
				Suelos arcillosos		
				Regular a Pobre		





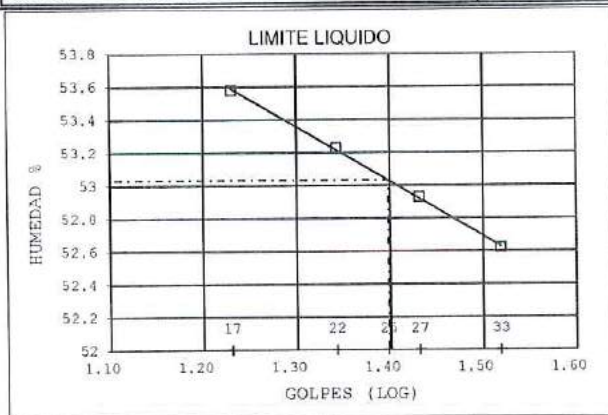
ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN

ASTM D2487-AASHTO 3282 - 2487

PROYECTO	: ESTUDIO GEOLÓGICO GEOTÉCNICO DEL BARRIO BELÉN BAJO, PARROQUIA MALACATOS, CANTÓN Y PROVINCIA DE LOJA					
OBRA	: ESTUDIO GEOTECNICO					
UBICACIÓN	: MALACATOS, CANTÓN LOJA, PROVINCIA DE LOJA					
OPERADOR	: A.H	MUESTRA		: POZO 4		
FECHA	: Agosto 2022	PROFUNDIDAD		: 4.00 m		
	GOLPES	W HM. (gr)	W SECO (gr)	W CAPS (gr)	w %	RESULTADO%
1.- CONTENIDO HUMEDAD		26.13 28.33	24.11 25.90	18.34 19.16	35.01 36.05	35.53
2.- LIM. LIQUIDO	33 27 22 17	27.13 27.50 31.46 33.91	22.31 22.71 27.01 28.52	13.15 13.66 18.65 18.46	52.62 52.93 53.23 53.58	53.03
3.- LIMITE PLASTICO		23.65 22.12	22.61 21.29	18.86 18.29	27.73 27.67	27.70
4.- GRANULOMETRIA						5.- CLASIFICACION.-
PESO INICIAL DE CALCULO:		97 gr				
TAMIZ	ESO R (gr)	% R.A.	% PASA	GRAVA= 9.46 %		
1 1/2"	0.00	0.00	100	ARENA= 23.64 %		
1"	0.00	0.00	100	FINOS= 66.90 %		
3/4"	0.00	0.00	100	LL = 53.00 %		
1/2"	0.00	0.00	100	LP = 28.00 %		
3/8"	3.34	4.65	95	IP = 25.00 %		
No. 4	3.45	9.46	91	cu 25.20 %		
No. 10	3.87	14.86	85	cc 0.52		
No. 40	6.30	23.64	76	CLASIFICACION: SUCS = CH1 Arcilla de alta plasticidad arenosa AASHTO= A-7-6 IG 8 Suelos arcillosos Regular a Pobre		
No. 200	6.79	33.10	67			
COLOR	: MARRÓN MUY OSCURO					



Ing. Ovidio Castillo J.º

ESTSUELCON
Ing. Ovidio Castillo



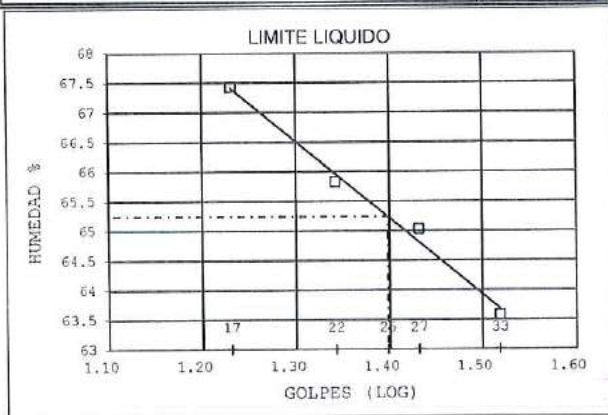
ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN

ASTM D2487-AASHTO 3282 - 2487

PROYECTO	: ESTUDIO GEOLÓGICO GEOTÉCNICO DEL BARRIO BELÉN BAJO, PARROQUIA MALACATOS, CANTÓN Y PROVINCIA DE LOJA					
OBRA	: ESTUDIO GEOTECNICO					
UBICACIÓN	: MALACATOS, CANTÓN LOJA, PROVINCIA DE LOJA					
OPERADOR	: A.H	MUESTRA	: POZO 4			
FECHA	: Agosto 2022	PROFUNDIDAD	: 5.00 m			
	GOLPES	W HM. (gr)	W SECO (gr)	W CAPS (gr)	w %	RESULTADO%
1.- CONTENIDO HUMEDAD		37.73	33.60	18.21	26.84	26.71
		36.68	32.61	17.30	26.58	
2.- LIM. LIQUIDO	33	32.03	26.88	18.78	63.58	65.24
	27	31.19	25.76	17.41	65.03	
	22	33.55	27.79	19.04	65.83	
	17	34.39	27.89	18.25	67.43	
3.- LIMITE PLASTICO		23.42	22.50	19.06	26.74	27.01
		28.35	27.54	24.57	27.27	
4.- GRANULOMETRIA	5.- CLASIFICACION.-					
PESO INICIAL DE CALCULO:	196 gr		GRAVA= 1.62 %			
TAMIZ	ESO R (gr	% R.A.	% PASA	ARENA= 22.39 %		
1 1/2"	0.00	0.00	100	FINOS= 75.99 %		
1"	0.00	0.00	100	LL = 65.00 %		
3/4"	0.00	0.00	100	LP = 27.00 %		
1/2"	0.00	0.00	100	IP = 38.00 %		
3/8"	0.00	0.00	100	cu 17.13		
No. 4	2.51	1.62	98	cc 0.57		
No. 10	4.89	4.78	95	CLASIFICACION:		
No. 40	14.03	13.84	86	SUCS = CH1		
No. 200	15.74	24.01	76	Arcilla de alta plasticidad con arena		
COLOR : MARRÓN MUY OSCURO			AASHTO= A-7-6 IG 17			
				Suelos arcillosos		
				Regular a Pobre		





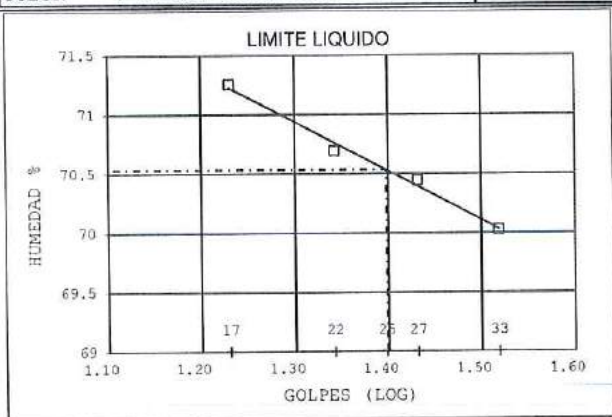
ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN

ASTM D2487-AASHTO 3282 - 2487

PROYECTO : ESTUDIO GEOLÓGICO GEOTÉCNICO DEL BARRIO BELÉN BAJO, PARROQUIA MALACATOS, CANTÓN Y PROVINCIA DE LOJA						
OBRA : ESTUDIO GEOTÉCNICO						
UBICACIÓN : MALACATOS, CANTÓN LOJA, PROVINCIA DE LOJA						
OPERADOR : A.H			MUESTRA : POZO 4			
FECHA : Agosto 2022			PROFUNDIDAD : 6.00 m			
	GOLPES	W HM. (gr)	W SECO (gr)	W CAPS (gr)	w %	RESULTADO%
1.- CONTENIDO HUMEDAD		42.15	35.74	18.05	36.24	36.74
		42.61	35.98	18.18	37.25	
2.- LIM. LIQUIDO	33	21.80	16.73	9.49	70.03	70.53
	27	20.20	15.29	8.32	70.44	
	22	21.02	15.11	6.75	70.69	
	17	20.88	15.03	6.82	71.25	
3.- LIMITE PLASTICO		13.52	12.67	9.40	25.99	25.02
		12.62	11.93	9.06	24.04	
4.- GRANULOMETRIA				5.- CLASIFICACION.-		
PESO INICIAL DE CALCULO:		200 gr				
TAMIZ	ESO R (gr)	% R.A.	% PASA			
1 1/2"	0.00	0.00	100			
1"	0.00	0.00	100			
3/4"	0.00	0.00	100			
1/2"	0.00	0.00	100			
3/8"	0.00	0.00	100			
No. 4	5.59	3.82	96			
No. 10	6.87	8.52	91			
No. 40	13.18	17.52	82			
No. 200	11.98	25.71	74			
COLOR : MARRÓN AMARILLENTO OSCURO						
				GRAVA=	3.82 %	
				ARENA=	21.89 %	
				FINOS=	74.29 %	
				LL =	71.00 %	
				LP =	25.00 %	
				IP =	46.00 %	
				cu	18.28	
				cc	0.56	
CLASIFICACION: SUCS = CH1 Arcilla de alta plasticidad con arena AASHTO= A-7-6 IG 21 Suelos arcillosos Regular a Pobre						



SPT 5



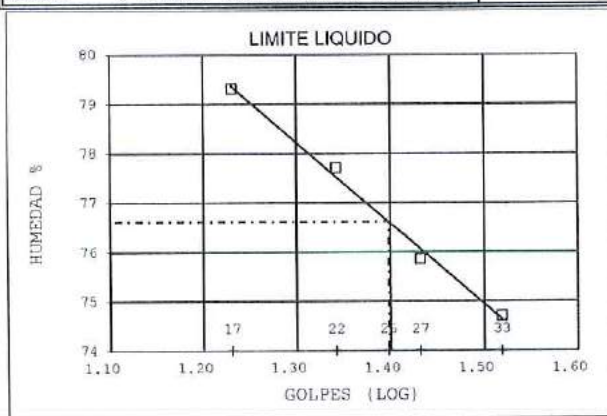
ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN

ASTM D2487-AASHTO 3282 - 2487

PROYECTO	: ESTUDIO GEOLÓGICO GEOTÉCNICO DEL BARRIO BELÉN BAJO, PARROQUIA MALACATOS, CANTÓN Y PROVINCIA DE LOJA					
OBRA	: ESTUDIO GEOTECNICO					
UBICACIÓN	: MALACATOS, CANTÓN LOJA, PROVINCIA DE LOJA					
OPERADOR	: A.H	MUESTRA		: POZO 5		
FECHA	: Agosto 2022	PROFUNDIDAD		: 1.00 m		
	GOLPES	W HM. (gr)	W SECO (gr)	W CAPS (gr)	w %	RESULTADO%
1.- CONTENIDO HUMEDAD		25.23	23.28	17.94	36.52	36.14
		24.71	23.09	18.56	35.76	
2.- LIM. LIQUIDO	33	33.78	27.34	18.72	74.71	76.61
	27	32.06	25.90	17.78	75.86	
	22	33.20	26.96	18.93	77.71	
	17	33.10	26.66	18.54	79.31	
3.- LIMITE PLASTICO		23.42	22.50	19.06	26.74	27.01
		28.35	27.54	24.57	27.27	
4.- GRANULOMETRIA	5.- CLASIFICACION.-					
PESO INICIAL DE CALCULO:	86 gr					
TAMIZ	ESO R (gr)	% R.A.	% PASA	GRAVA=	1.86 %	
1 1/2"	0.00	0.00	100	ARENA=	15.46 %	
1"	0.00	0.00	100	FINOS=	82.67 %	
3/4"	0.00	0.00	100	LL =	77.00 %	
1/2"	0.00	0.00	100	LP =	27.00 %	
3/8"	0.00	0.00	100	IP =	50.00 %	
No. 4	1.18	1.86	98	cu	13.61	
No. 10	1.45	4.15	96	cc	0.59	
No. 40	3.18	9.17	91	CLASIFICACION:		
No. 200	5.17	17.33	83	SUCS = CH1		
COLOR : MARRÓN AMARILLENTO OSCURO				Arcilla de alta plasticidad con arena		
				AASHTO= A-7-6 IG 27		
				Suelos arcillosos		
				Regular a Pobre		





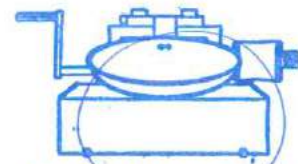
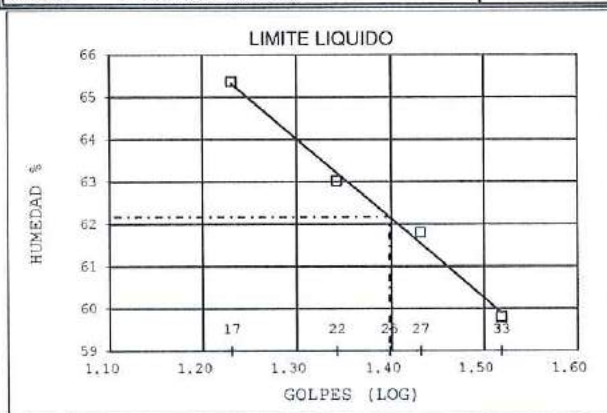
ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN

ASTM D2487-AASHTO 3282 - 2487

PROYECTO	: ESTUDIO GEOLÓGICO GEOTÉCNICO DEL BARRIO BELÉN BAJO, PARROQUIA MALACATOS, CANTÓN Y PROVINCIA DE LOJA					
OBRA	: ESTUDIO GEOTÉCNICO					
UBICACIÓN	: MALACATOS, CANTÓN LOJA, PROVINCIA DE LOJA					
OPERADOR	: A.H			MUESTRA	: POZO 5	
FECHA	: Agosto 2022			PROFUNDIDAD	: 2.00 m	
	GOLPES	W HM. (gr)	W SECO (gr)	W CAPS (gr)	w %	RESULTADO%
1.- CONTENIDO HUMEDAD		40.84	36.32	18.62	25.54	26.21
		37.72	33.65	18.51	26.88	
2.- LIM. LIQUIDO	33	42.02	36.53	27.35	59.80	62.17
	27	33.43	27.72	18.48	61.80	
	22	33.10	27.56	18.77	63.03	
	17	42.30	36.94	28.74	65.37	
3.- LIMITE PLASTICO		28.18	27.50	25.45	33.17	32.75
		28.07	27.43	25.45	32.32	
4.- GRANULOMETRIA	5.- CLASIFICACION.-					
PESO INICIAL DE CALCULO:		148 gr				
TAMIZ	ESO R (gr)	% R.A.	% PASA	GRAVA= 3.01 %		
1 1/2"	0.00	0.00	100	ARENA= 10.71 %		
1"	0.00	0.00	100	FINOS= 86.28 %		
3/4"	0.00	0.00	100	LL = 62.00 %		
1/2"	0.00	0.00	100	LP = 33.00 %		
3/8"	1.70	1.45	99	IP = 29.00 %		
No. 4	1.83	3.01	97	cu 12.21		
No. 10	1.94	4.66	95	cc 0.61		
No. 40	3.78	7.89	92	CLASIFICACION:		
No. 200	6.84	13.72	86	SUCS = MH1		
COLOR	: MARRÓN PÁLIDO					Limo elástico
				AASHTO= A-7-5 IG 14		
				Suelos arcillosos		
				Regular a Pobre		



ESTSUELCON
Ing. Ovidio Castillo J.
LABORATORIO



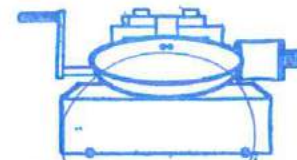
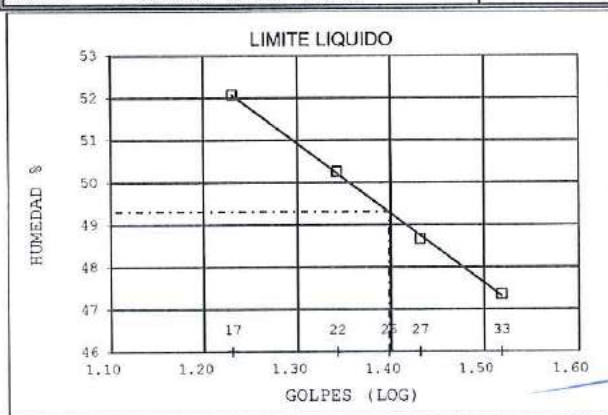
ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN

ASTM D2487-AASHTO 3282 - 2487

PROYECTO	: ESTUDIO GEOLÓGICO GEOTÉCNICO DEL BARRIO BELÉN BAJO, PARROQUIA MALACATOS, CANTÓN Y PROVINCIA DE LOJA					
OBRA	: ESTUDIO GEOTECNICO					
UBICACIÓN	: MALACATOS, CANTÓN LOJA, PROVINCIA DE LOJA					
OPERADOR	: A.H	MUESTRA	: POZO 5			
FECHA	: Agosto 2022	PROFUNDIDAD	: 3.00 m			
	GOLPES	W HM. (gr)	W SECO (gr)	W CAPS (gr)	w %	RESULTADO%
1.- CONTENIDO HUMEDAD		36.74	34.19	18.53	16.28	16.56
		39.23	36.16	17.93	16.84	
2.- LIM. LIQUIDO	33	31.05	27.00	18.45	47.37	49.31
	27	29.83	26.18	18.68	48.67	
	22	32.96	28.12	18.49	50.26	
	17	32.51	27.74	18.58	52.07	
3.- LIMITE PLASTICO		21.31	20.76	18.59	25.35	24.92
		21.21	20.61	18.16	24.49	
4.- GRANULOMETRIA						5.- CLASIFICACION.-
PESO INICIAL DE CALCULO:		141 gr				
TAMIZ	ESO R (gr	% R.A.	% PASA			
1 1/2"	0.00	0.00	100	GRAVA= 3.37 %		
1"	0.00	0.00	100	ARENA= 38.43 %		
3/4"	0.00	0.00	100	FINOS= 58.20 %		
1/2"	0.00	0.00	100	LL = 49.00 %		
3/8"	0.00	0.00	100	LP = 25.00 %		
No. 4	4.08	3.37	97	IP = 24.00 %		
No. 10	4.92	7.44	93	cu 43.46		
No. 40	16.69	21.24	79	cc 0.45		
No. 200	24.87	41.80	58	CLASIFICACION:		
COLOR	: MARRÓN OLIVO CLARO					SUCS = CL
				Arcilla de baja plasticidad arenosa		
				AASHTO= A-7-6 IG 6		
				Suelos arcillosos		
				Regular a Pobre		



ESTSUELCON
Ing. Ovidio Castillo
LABORATORIO



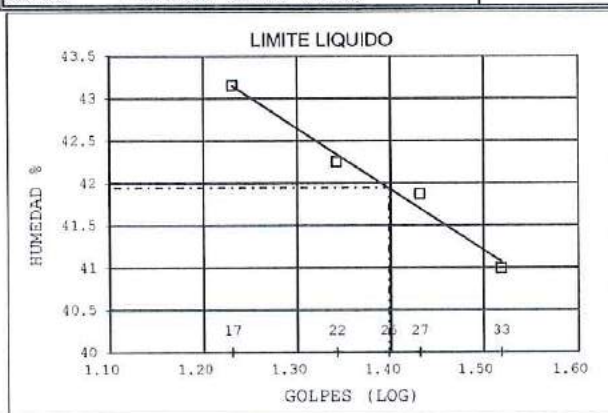
ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN

ASTM D2487-AASHTO 3282 - 2487

PROYECTO	: ESTUDIO GEOLÓGICO GEOTÉCNICO DEL BARRIO BELÉN BAJO, PARROQUIA MALACATOS, CANTÓN Y PROVINCIA DE LOJA					
OBRA	: ESTUDIO GEOTECNICO					
UBICACIÓN	: MALACATOS, CANTÓN LOJA, PROVINCIA DE LOJA					
OPERADOR	: A.H			MUESTRA	: POZO 5	
FECHA	: Agosto 2022			PROFUNDIDAD	: 4.00 m	
	GOLPES	W HM. (gr)	W SECO (gr)	W CAPS (gr)	w %	RESULTADO%
1.- CONTENIDO HUMEDAD		31.02	28.72	18.48	22.46	21.99
		31.91	29.47	18.13	21.52	
2.- LIM. LIQUIDO	33	16.91	14.02	6.97	40.99	41.94
	27	17.08	13.99	6.61	41.87	
	22	17.66	15.07	8.94	42.25	
	17	15.66	12.95	6.67	43.15	
3.- LIMITE PLASTICO		12.23	11.36	6.94	19.68	19.68
		15.00	14.01	8.98	19.68	
4.- GRANULOMETRIA	5.- CLASIFICACION.-					
PESO INICIAL DE CALCULO:		170 gr				
TAMIZ	ESO R (gr	% R.A.	% PASA	GRAVA= 5.04 %		
1 1/2"	0.00	0.00	100	ARENA= 27.66 %		
1"	0.00	0.00	100	FINOS= 67.30 %		
3/4"	0.00	0.00	100	LL = 42.00 %		
1/2"	4.10	2.95	97	LP = 20.00 %		
3/8"	0.00	2.95	97	IP = 22.00 %		
No. 4	2.91	5.04	95	cu 24.72		
No. 10	5.03	8.66	91	cc 0.53		
No. 40	13.10	18.08	82	CLASIFICACION:		
No. 200	20.34	32.70	67	SUCS = CL		
COLOR	: MARRÓN OLIVO CLARO					Arcilla de baja plasticidad arenosa
				AASHTO= A-7-6 IG 6		
				Suelos arcillosos		
				Regular a Pobre		





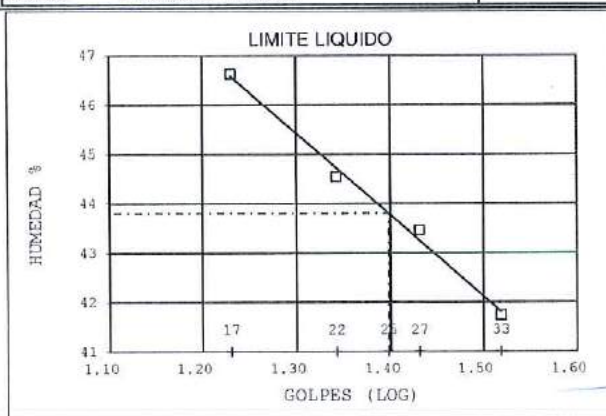
ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN

ASTM D2487-AASHTO 3282 - 2487

PROYECTO	: ESTUDIO GEOLÓGICO GEOTÉCNICO DEL BARRIO BELÉN BAJO, PARROQUIA MALACATOS, CANTÓN Y PROVINCIA DE LOJA					
OBRA	: ESTUDIO GEOTECNICO					
UBICACIÓN	: MALACATOS, CANTÓN LOJA, PROVINCIA DE LOJA					
OPERADOR	: A.H	MUESTRA	: POZO 5			
FECHA	: Agosto 2022	PROFUNDIDAD	: 5.00 m			
	GOLPES	W HM. (gr)	W SECO (gr)	W CAPS (gr)	w %	RESULTADOS
1.- CONTENIDO HUMEDAD		28.20	26.40	18.72	23.44	23.95
		28.31	26.24	17.78	24.47	
2.- LIM. LIQUIDO	33	41.17	37.03	27.11	41.73	43.81
	27	33.38	28.66	17.80	43.46	
	22	32.94	28.41	18.24	44.54	
	17	35.55	30.09	18.38	46.63	
3.- LIMITE PLASTICO		21.39	21.02	18.79	16.59	16.90
		21.95	21.52	19.02	17.20	
4.- GRANULOMETRIA	5.- CLASIFICACION.-					
PESO INICIAL DE CALCULO:	75 gr					
TAMIZ	ESO R (gr)	% R.A.	% PASA	GRAVA= 6.42 %		
1 1/2"	0.00	0.00	100	ARENA= 29.28 %		
1"	0.00	0.00	100	FINOS= 64.30 %		
3/4"	0.00	0.00	100	LL = 44.00 %		
1/2"	0.00	0.00	100	LP = 17.00 %		
3/8"	1.03	1.71	98	IP = 27.00 %		
No. 4	2.84	6.42	94	cu = 28.71		
No. 10	2.42	10.43	90	cc = 0.51		
No. 40	5.75	19.97	80	CLASIFICACION:		
No. 200	9.48	35.70	64	SUCS = CL		
COLOR : MARRÓN PÁLIDO	Arcilla de baja plasticidad arenosa					
	AASHTO= A-7-6 IG 8					
	Suelos arcillosos					
	Regular a Pobre					





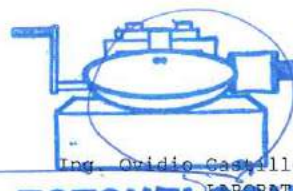
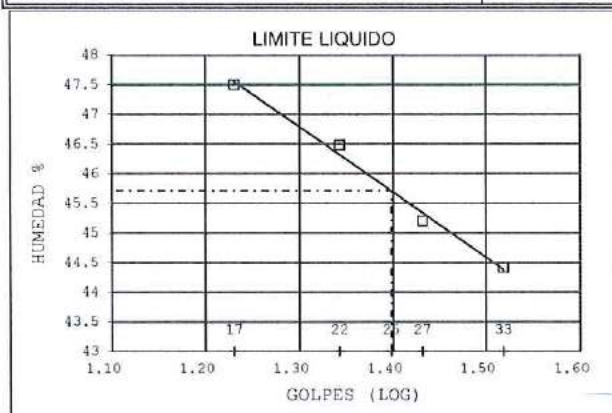
ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN

ASTM D2487-AASHTO 3282 - 2487

PROYECTO : ESTUDIO GEOLÓGICO GEOTÉCNICO DEL BARRIO BELÉN BAJO, PARROQUIA MALACATOS, CANTÓN Y PROVINCIA DE LOJA						
OBRA : ESTUDIO GEOTECNICO						
UBICACIÓN : MALACATOS, CANTÓN LOJA, PROVINCIA DE LOJA						
OPERADOR : A.H			MUESTRA : POZO 5			
FECHA : Agosto 2022			PROFUNDIDAD : 6.00 m			
	GOLPES	W HM. (gr)	W SECO (gr)	W CAPS (gr)	w %	RESULTADO%
1.- CONTENIDO HUMEDAD		29.21	27.15	18.22	23.07	22.55
		32.35	29.94	19.00	22.03	
2.- LIM. LIQUIDO	33	32.66	28.24	18.29	44.42	45.71
	27	32.52	28.33	19.06	45.20	
	22	32.49	27.87	17.93	46.48	
	17	33.29	28.44	18.23	47.50	
3.- LIMITE PLASTICO		25.33	24.38	18.61	16.46	16.17
		33.11	31.78	23.40	15.87	
4.- GRANULOMETRIA			5.- CLASIFICACION.-			
PESO INICIAL DE CALCULO:		139 gr				
TAMIZ	ESO R (gr)	% R.A.	% PASA			
1 1/2"	0.00	0.00	100			
1"	0.00	0.00	100			
3/4"	0.00	0.00	100			
1/2"	0.00	0.00	100			
3/8"	3.34	2.95	97			
No. 4	8.10	10.11	90			
No. 10	8.89	17.97	82			
No. 40	27.38	42.18	58			
No. 200	19.78	59.67	40			
COLOR : MARRÓN PÁLIDO						
		GRAVA=		10.11 %		
		ARENA=		49.56 %		
		FINOS=		40.33 %		
		LL =		46.00 %		
		LP =		16.00 %		
		IP =		30.00 %		
		cu		166.85		
		cc		0.43		
CLASIFICACION:						
		SUCS =		SC		
Arena arcillosa						
AASHTO=		A-7-6		IG 5		
Suelos arcillosos						
Regular a Pobre						



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



Anexo 11. Mapa de zonificación geotécnica del barrio Belén

(Ubicado en carpeta)



Anexo 12. Certificado de traducción del Resumen al idioma Ingles.

CERTIFICADO

Loja, 21 de febrero del 2024

Yo, Lilibeth Johana Bravo Fajardo, con documento de identidad Nro. **2100510854**, poseedora del certificado **NIVEL INTERMEDIO AVANZADO B2-INGLÉS**, avalado por Cambridge Assessment English, Número de Verificación: C0018683.

CERTIFICO:

Que el documento aquí compuesto es fiel a la traducción del idioma Español al idioma Inglés de un resumen del trabajo de titulación, la misma que se realizó en base a los documentos originales entregados por el autor, el Señor **ALEXANDER MAURICIO HERRERA VEINTIMILLA**, con cédula de identidad Nro. **1106018698**, con el tema denominado “Caracterización geológica-geotécnica del barrio Belén bajo, parroquia Malacatos, cantón y provincia de Loja”.

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



Ing. Lilibeth Johana Bravo Fajardo

C.I: 2100510854