



unl

Universidad
Nacional
de Loja

Universidad Nacional de Loja

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

Carrera de Ingeniería en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial

Caracterización Geológica-Geotécnica del barrio San José de las Peñas, 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:

Carlos Alejandro Cuenca Gordillo

DIRECTOR:

Ing. Fernando Javier Rengel Jiménez, Mg. Sc

Loja – Ecuador

2023

Certificación

Loja, 22 de febrero de 2023

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 San José de las Peñas, 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 **Carlos Alejandro Cuenca Gordillo, con cédula de identidad N° 1105433203**, 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, **Carlos Alejandro Cuenca Gordillo**, declaro ser autor del presente Trabajo de Titulación 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.

Firma

Cedula de identidad: 1105433203

Fecha: 18/ 04/ 2023

Correo electrónico: carlos.cuenca@unl.edu.ec

Teléfono: 0981998669

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

Yo, **Carlos Alejandro Cuenca Gordillo**, declaro ser autor del Trabajo de Titulación denominado. **Caracterización Geológica-Geotécnica del barrio San José de las Peñas, parroquia Malacatos, cantón y provincia de Loja**, como requisito para optar 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 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 dieciocho días del mes de abril del dos mil veintitrés.

Firma

Autor: Carlos Alejandro Cuenca Gordillo

Cedula: 1105433203

Dirección: Loja (Benjamín Carrión y Guagrahuma)

Correo electrónico: carlos.cuenca@unl.edu.ec

Teléfono: 0981998669

DATOS COMPLEMENTARIOS:

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

Dedicatoria

Dedico este trabajo de investigación primeramente a Dios, por haberme puesto en el lugar y momento correcto permitiéndome llegar hasta este momento tan importante de mi formación académica.

A mis queridos Padres los cuales han sido un pilar fundamental en mi vida, ejemplo de lucha y constancia, mismo que se ha convertido en mi principal motivación e inspiración, a mis hermanos y hermanas por ser esa fuente de apoyo incondicional, cómplices de mis logros y frustraciones.

Carlos Alejandro Cuenca Gordillo

Agradecimiento

Quiero agradecer en primer lugar a Dios, por guiarme en el camino y fortalecerme espiritualmente para poder cumplir con mis objetivos. A mis padres Fermín y Fanny por inculcar un nido de valores donde todo sacrificio tiene su recompensa, a mis hermanos y hermanas por ser una fuente de apoyo moral y motivacional, gracias por su eterna paciencia y comprensión.

Así mismo extender mi sincera gratitud a mis amigos/as de la universidad que formaron parte de este proceso, los cuales llevare en mi corazón y los recordare con cariño por los grandes momentos vividos.

A los docentes de la carrera de Ingeniería en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial, quienes con entrega y sabiduría impartieron sus conocimientos formando nuevos profesionales, en especial al Ing. Fernando Rengel, por su orientación y observaciones en cada etapa del proyecto para la culminación de la presente investigación.

Finalmente, a la gloriosa Universidad Nacional de Loja, y la Carrera de ingeniería en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial por haberme abierto las puertas, para poder realizar mis estudios en todos estos años.

Carlos Alejandro Cuenca Gordillo

Índice de contenido

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
2.1. Abstract.....	3
3. Introducción	4
4. Marco teórico	6
4.1. Topografía.....	6
4.1.1. Planimetría.....	6
4.1.2. Altimetría.....	6
4.1.3. Taquimetría.....	7
4.1.4. Levantamiento Topográfico	7
4.1.5. Levantamientos de Terrenos en General:	7
4.2. Fotointerpretación	7
4.2.1. Levantamientos Aéreos	8
4.3. Geología.....	9
4.3.1. Clasificación General de las Rocas.	9
4.3.2. Geología Estructural	11
4.3.3. Mapeo Geológico	13
4.4. Pendiente.....	14

4.5.	Geomorfología	14
4.5.1.	Mapas geomorfológicos	15
4.6.	Caracterización Geotécnica	15
4.6.1.	Métodos de Exploración de Suelos	15
4.7.	Zonificación geotécnica	24
5.	Metodología	26
5.1.	Área de Estudio.....	26
5.1.1.	Ubicación.....	26
5.1.2.	Acceso	27
5.1.3.	Clima	28
5.1.4.	Hidrografía.....	29
5.1.5.	Geología Regional	29
5.2.	Materiales y Equipos.....	33
5.3.	Métodos y técnicas.....	33
5.3.1.	Investigación no Experimental	33
5.3.2.	Investigación Experimental	34
5.3.3.	Metodología del primer objetivo	34
5.3.4.	Metodología del segundo objetivo	39
5.3.5.	Metodología del tercer objetivo.....	43
6.	Resultados	52
6.1.	Resultados del primer objetivo	52
6.1.1.	Topografía	52
6.1.2.	Pendiente	53
6.1.3.	Geomorfología.....	55
6.1.4.	Uso actual del Suelo	58
6.2.	Resultados del segundo objetivo.....	63
6.2.1.	Geología Local	63
6.2.2.	Geología estructural.....	72

6.2.3. Corte geológico.....	76
6.3. Resultados del tercer objetivo	76
6.3.1. Caracterización Geotécnica	76
6.3.2. Correlación de ensayos aplicados para la clasificación de suelos.....	96
6.3.3. Zonificación geotécnica.....	100
7. Discusión	111
8. Conclusiones	117
9. Recomendaciones	120
10. Bibliografía	121
11. Anexos	125

Índice de Tablas:

Tabla 1. Clasificación de las pendientes	14
Tabla 2. Correlación entre el SPT y el ángulo de rozamiento interno de suelos granulosos ..	17
Tabla 3. Resistividades de los geomateriales	19
Tabla 4. Sistema Unificado De Clasificación De Suelos (S.U.C.S.)	23
Tabla 5. Coordenadas del área de estudio	27
Tabla 6. Materiales y Equipos	33
Tabla 7. Clasificación de pendientes de acuerdo a Demek	36
Tabla 8. Clasificación de pendientes de acuerdo Martínez y Mercado.....	37
Tabla 9. Tipos de cobertura vegetal y uso del suelo	39
Tabla 10. Ensayos realizados de acuerdo a las normas ASTM.....	46
Tabla 11. Estado de densificación de las arenas a partir del N del SPT	46
Tabla 12. Correlación del valor de N y la resistencia a la comprensión simple (qu).....	46
Tabla 13. Consistencia relativa	47
Tabla 14. Comportamiento de suelos en función del IL	48
Tabla 15. Numero de actividad aplicada a los suelos plásticos.....	48
Tabla 15. Valores típicos del comportamiento “A”	49
Tabla 17. Criterios para determinar el cambio de volumen	49
Tabla 18. Criterios para determinar el potencial expansivo.....	49
Tabla 19. Rango de pendientes Metodología de Demek.....	53
Tabla 20. Rango de pendientes Metodología de Martínez y Mercado.....	55
Tabla 21. Unidades geomorfológicas presentes en el barrio San José de las Peñas	55
Tabla 22: Distribución del uso actual del suelo en San José de las Peñas	62
Tabla 23. Ubicación Geográfica de las trincheras Geológicas.....	70
Tabla 24. Ubicación de las líneas de los sondeos eléctricos verticales (SEV´s).....	77
Tabla 25. Datos obtenidos en campo para el SEV 1	78
Tabla 26. Ubicación geográfica de los sondeos SPT'S	84
Tabla 27. Resultado Consistencia relativa	91
Tabla 28. Resultado de índice de liquidez.....	92
Tabla 29. Relación Limite liquido vs índice de plasticidad de los sondeos SPT, para la obtención del porcentaje de suelos de acuerdo a los metros perforados	92
Tabla 30. Resultado del comportamiento “A”	93
Tabla 31. Clasificación de suelos	101
Tabla 32. Zonificación geotécnica	102

Tabla 33. Clasificación de las viviendas de acuerdo al uso de infraestructura	104
Tabla 34. Clasificación de viviendas de acuerdo al Sistema de eliminación de excretos... 105	
Tabla 35. Clasificación de viviendas de acuerdo al estado actual del Sistema de eliminación de excretos.....	105
Tabla 36. Clasificación de las viviendas de acuerdo al tipo de infraestructura.....	105
Tabla 37. Clasificación de las viviendas de acuerdo al tipo de cubierta	106
Tabla 38. Clasificación de las viviendas de acuerdo a la estructura del techo.....	106
Tabla 39. Clasificación de las viviendas de acuerdo al revestimiento de pisos	107
Tabla 40. Clasificación de las viviendas de acuerdo a la edad de construcción	107
Tabla 41. Clasificación de las viviendas de acuerdo al tipo de daño en la vivienda.....	108
Tabla 42. Clasificación de daños en el entorno.....	109
Tabla 43. Clasificación de daños estructurales	109

Índice de Figuras:

Figura 1. Técnicas empleadas para la obtención de información en base a fotografías aéreas	8
Figura 2. Ciclo de las rocas	9
Figura 3. Abundancia de las rocas en la corteza terrestre	11
Figura 4: Tipo de fallas; A, falla normal; B, falla inversa; C, falla de rumbo	12
Figura 5. Pliegue monoclinal.	13
Figura 6. Equipo de SPT	16
Figura 7. Arreglo tipo Schulumberger electrodos fijos de potencial (M-N), y electrodos móviles de corriente (A-B).	19
Figura 8. Arreglo tipo Wenner, electrodos fijos de potencial (M-N), y electrodos móviles de corriente (A-B).....	19
Figura 9. Sísmica de refracción.....	20
Figura 10. Límites de Atterberg	24
Figura 11: Mapa de ubicación del Área de estudio.....	26
Figura 12: Acceso aéreo al área de estudio	27
Figura 13. Accesos terrestres al área de estudio	28
Figura 14. Precipitación media mensual de la parroquia Malacatos (mm).....	29
Figura 15. Geología regional de la Cuenca Malacatos	32
Figura 16. Esquema de la metodología empleada.....	34
Figura 17. Esquema del levantamiento topográfico con Dron.....	35
Figura 18. Diagrama de flujo “Model Builder” para la obtención del mapa de pendientes ...	37
Figura 19. Diagrama de flujo para la elaboración del mapa geomorfológico.....	38
Figura 20. Ficha técnica para la descripción de afloramientos	40
Figura 21. Ficha técnica para la descripción de trincheras geológicas	42
Figura 22. Ficha técnica para para registro de datos de campo en SEV´s	44
Figura23. Ficha técnica para la evaluación de daños en las infraestructuras de San José de las Peñas.....	51
Figura 24. Topografía del Barrio San José de las Peñas	53
Figura 25. Pendientes de San José de las Peñas.....	54
Figura 26. Terraza alta	56
Figura 27. Coluvión antiguo	56
Figura 28. Vertiente Heterogenia.....	57
Figura 29. Piedemonte	57
Figura 30. Geomorfología del barrio san José de las Peñas.....	58

Figura 31. Cultivos anuales/ maíz.....	59
Figura 32. Cultivos semipermanentes/Caña de Azúcar	59
Figura 33. Área de Pastizales/ chilena, Kikuyo	60
Figura 34. Vegetación Arbustiva	60
Figura 35. Vegetación herbácea.....	61
Figura 36. Infraestructuras presentes en el área de estudio.....	61
Figura 37. Infraestructura vial de San José de las Peñas.....	62
Figura 38. Uso actual del suelo San José de las Peñas.....	63
Figura 39. Afloramientos de clastos volcánicos y metamórficos con matriz areno-arcillosa	64
Figura 40. Muestras de mano. A ; andesita de grano Fino; B , Arenisca de grano Grueso	65
Figura 41. Afloramiento tipo conglomerado de clastos volcánicos y metamórficos con matriz areno-arcillosa	66
Figura 42. Afloramientos de lutitas, areniscas, arcillas y finas láminas de yeso	67
Figura 43. Afloramientos de arcillas y areniscas de grano fino a medio	68
Figura 44. Afloramientos de arcillolitas y areniscas de grano fino a medio.....	68
Figura 45. Deposito coluvial, compuesto por areniscas, arcillas y pequeños clastos angulosos	69
Figura 46. Deposito coluvial, compuesto por areniscas claras, arcillas negras y medianos clastos angulosos.....	70
Figura 47. Excavación y recolección de muestras en la trinchera 3	71
Figura 48. Perfil litológico de la disposición de materiales en la trinchera 3	72
Figura 49. Estructuras regionales	73
Figura 50. Pliegue sinclinatorio presente en la formación San Francisco, compuesto por intercalaciones de areniscas, arcillas, lutitas y láminas de yeso.....	74
Figura 51. Pliegue tumbado-fallado compuesto por intercalaciones de areniscas, arcillas y finas vetillas de yeso.	74
Figura 52. Zona de contacto identificada.....	75
Figura 53. Geología del barrio San José de las Peñas.....	75
Figura 54. Corte geológico del área de estudio.....	76
Figura 55. Ubicación de los sondeos eléctricos verticales en el área de estudio.	77
Figura 56. Curvas de resistividad y error admisible- SEV 1.....	78
Figura 57. Corte geoelectrico – SEV 1	79
Figura 58. Corte geoelectrico – SEV 2	80
Figura 59. Corte geoelectrico – SEV 3	81

Figura 60. Corte geoeléctrico – SEV 4	82
Figura 61. Corte geoeléctrico – SEV 5	83
Figura 62. Ubicación en campo de los sondeos SPT	84
Figura 63: Proceso de sondeo, toma de muestra y análisis de laboratorio del ensayo SPT....	85
Figura 64. Perfil estratigráfico-SPT 1	85
Figura 65. Perfil estratigráfico-SPT 2	87
Figura 66. Perfil estratigráfico-SPT 3	88
Figura 67. Perfil estratigráfico-SPT 4	89
Figura 68. Perfil estratigráfico -SPT 5	90
Figura 69. Carta de plasticidad de los sondeos SPT	92
Figura 70. Profundidad vs Humedad_SPT 1.....	94
Figura 71. Profundidad vs Humedad_SPT 2.....	94
Figura 72. Profundidad vs Humedad_SPT 3.....	95
Figura 73. Profundidad vs Humedad_SPT 4.....	95
Figura 74. Profundidad vs Humedad_SPT 5.....	96
Figura 75. Mayor contenido de humedad vs Numero de SPT	97
Figura 76. Numero de SPT vs Profundidad del mayor contenido de humedad.....	97
Figura 77. Litología de los sondeos eléctricos verticales.....	99
Figura 78. Litología de los sondeos SPT´s según la clasificación SUCS	100
Figura 79. Clases de suelos del Barrio san José de las Peñas.	101
Figura 80. Zonificación geotécnica del barrio san José de las Peñas.....	103
Figura 81. Clasificación de viviendas por uso de la infraestructura	104
Figura 82. Daños Identificados en las viviendas de San José de las Peñas	108
Figura 83: Daños en el entorno	109
Figura 84. Distribución de daños en infraestructuras en San José de las Peñas	110
Figura 85. Capacidad admisible a 2m de profundidad.....	114
Figura 86. Número de golpes SPT a 2m de profundidad.....	115
Figura 87. Capacidad admisible a 3m de profundidad.....	115
Figura 88. Número de golpes SPT a 3m de profundidad.....	116

Índice de anexos:

Anexo 1. Ortofoto del área de estudio	125
Anexo 2. Mapa topográfico del barrio San José de las Peñas.....	126
Anexo 3. Mapa de pendientes del barrio San José de las Peñas (Metodología de Demek)...	126
Anexo 4. Mapa de pendientes del barrio San José de las Peñas (Metodología de Martínez y Mercado).....	126
Anexo 5. Mapa geomorfológico barrio San José de las Peñas	126
Anexo 6. Mapa de uso actual del suelo del barrio San José de las Peñas	126
Anexo 7. Fichas de descripción de afloramientos del levantamiento geológico	127
Anexo 8. Fichas de trincheras Geológicas	141
Anexo 9. Mapa geológico del barrio San José de las Peñas	146
Anexo 10. Fichas de las hojas SEV´s	147
Anexo 11. Datos de campo y curvas de resistividad de los SEV´s.....	152
Anexo 12. Reporte de Laboratorio de los ensayos SPT	156
Anexo 13. Resumen de datos de campo, de laboratorio y cálculos realizados respecto a los ensayos SPT.....	157
Anexo 14. Mapa de clasificación suelos del barrio San José de las Peñas	160
Anexo 15. Mapa de zonificación geotécnica del barrio San José de las Peñas	160
Anexo 16. Graficas de tabulación en base a los datos de campo referente a descripción de daños en infraestructuras. y resumen de la base de datos.....	161
Anexo 17. Mapa de daños de infraestructura del barrio San José de las Peñas.....	167
Anexo 18. Certificado de traducción del resumen al idioma ingles	168

1. Título

Caracterización Geológica-Geotécnica del barrio San José de las Peñas, parroquia Malacatos, cantón y provincia de Loja.

2. Resumen

La presente investigación tuvo como propósito realizar la “Caracterización Geológica geotécnica del barrio San José de las Peñas, parroquia Malacatos, cantón y provincia de Loja. El trabajo inicio con el levantamiento topográfico a escala 1:2500, mismo que sirvió como base para realizar el levantamiento geológico donde se encontró intercalaciones de lutitas, arcillas, areniscas y láminas de yeso correspondiente a la formación San Francisco; clastos metamórficos y volcánicos con matriz areno-arcillosa pertenecientes a la formación San José del mioceno, además de depósitos coluviales tipo areniscas y arcillas con pequeños clastos de diferente origen correspondiente a las formaciones aledañas del cuaternario. Dentro de la campaña geotécnica se aplicó métodos directos e indirectos como son Ensayos de Penetración Estándar (SPT’s) y sondeos eléctricos verticales (SEV’s). Para los métodos directos se realizó un total de 5 SPT’s distribuidos dentro de las diferentes litologías encontradas en la caracterización geológica, a partir de las muestras obtenidas se realizó ensayos en el laboratorio de suelos ESTSUELCON de acuerdo a las normas ASTM como son: granulometría, contenido de humedad, límites de Atterberg y clasificaciones AASTHO y SUCS. En cuanto a métodos indirectos se realizó 5 ensayos SEV’s en los mismos puntos donde se realizó los SPT’s; estos nos permitieron conocer las diferentes capas del subsuelo y correlacionarlas con tablas de geomateriales propuestas por otras investigaciones, obteniendo así el mapa de suelos que sirvió como base junto con la geología, el contenido de humedad, comportamiento de las arcillas, carga admisible, topografía y pendiente para confeccionar el mapa de zonificación geológica geotécnica del barrio San José de las Peñas. Con los resultados obtenidos en esta investigación se recomienda algunas medidas de mitigación como son: drenajes o canalización de las aguas superficiales, reemplazo de las colapsadas fosas sépticas tradicionales por tanques biodigestores, además se recomienda que los moradores soliciten asesoramiento técnico al momento de elaborar nuevas infraestructuras.

Palabras claves: Topografía, fotointerpretación, geología, caracterización geotécnica,

2.1. Abstract

The purpose of this investigation was to carry out the "Geotechnical Geological Characterization of San José de las Peñas neighborhood, Malacatos parish, canton and province of Loja. The work began with the topographic survey at a scale of 1:2500, which served as the basis for carrying out the geological survey where intercalations of shale, clay, sandstone and plaster sheets corresponding to the San Francisco formation were found; Metamorphic and volcanic clasts with a sandy-clay matrix belonging to the Miocene San José formation, as well as colluvial deposits of the sandstone and clay type with small clasts of different origin corresponding to the neighboring Quaternary formations. Within the geotechnical campaign, direct and indirect methods were applied, such as Standard Penetration Tests (SPT's) and vertical electrical soundings (VES's). For the direct methods, a total of 5 SPT's were carried out, distributed within the different lithologies found in the geological characterization, from the samples obtained, tests were conducted in the ESTSUELCON soils laboratory according to ASTM standards, such as: granulometry, moisture content, Atterberg limits, and AASTHO and SUCS classifications. Regarding indirect methods, 5 VES's tests were performed at the same points where the SPT's were obtained; These allowed us to know the different layers of the subsoil and correlate them with tables of geomaterials proposed by other researchs, thus obtaining the soil map that served as a basis along with the geology, moisture content, behavior of clays, admissible load, topography and slope to obtain the geological geotechnical zoning map of San José de las Peñas neighborhood. With the results obtained in this investigation, some mitigation measures are recommended, such as: drainage or channeling of surface water, replacement of collapsed traditional septic tanks by biodigester tanks, and it is also recommended that residents request technical advice when designing new infrastructures.

Keywords: topography, photointerpretation, geology, geotechnical characterization

3. Introducción

En el cantón Loja, el crecimiento urbano es inminente, y es evidente que no existe una planificación concreta y ordenada, causando asentamientos humanos en zonas de inestabilidad y riesgos de carácter geológico, geotécnico, geomorfológico, hidrológico, ocasionando daños estructurales o a su vez el colapso de las mismas. Este problema se presenta con mayor frecuencia en las parroquias rurales del cantón.

La parroquia Malacatos se ubica al Sur de la República del Ecuador, pertenece a la zona 7, provincia y cantón Loja, su topografía es irregular y presenta precipitaciones anuales equivalente a 669.1 mm por año según el PDOT de Malacatos 2019. Dentro de su territorio existen diferentes barrios que se han visto afectados por fenómenos de carácter geológico, geotécnico, hidrológico como es el caso del barrio San José de las Peñas, donde se evidencia problemas como agrietamientos y hundimientos del suelo, lo cual ha generado afectaciones a varias viviendas asentadas en el sector.

Por lo mencionado anteriormente, se ha optado por realizar el presente trabajo de investigación denominado “Caracterización geológica-geotécnica del barrio San José de las Peñas, parroquia Malacatos, cantón y provincia de Loja”.

Por lo tanto en la presente investigación se prevé conocer las características geológicas geotécnicas de la zona, obteniendo así una base geológica y parámetros geotécnicos de los suelos, utilizando una metodología de carácter experimental con información tipo descriptiva, para lo cual se basó en el conocimiento detallado de la topografía, geología, pendientes, uso actual del suelo, ensayos de penetración SPT's, como también sondeos eléctricos verticales SEV's para conocer las características actuales del subsuelo. La información levantada se dará a conocer al GAD parroquial y a los moradores del sector y servirá para futuras investigaciones a detalle a realizarse con fines de prevención y mitigación de riesgos geológicos-hidrológicos.

Para dar cumplimiento al tema investigativo se ha propuesto los siguientes objetivos:

Objetivo general

- Realizar la caracterización Geológica- Geotécnica del barrio San José de las Peñas, parroquia Malacatos, cantón y provincia de Loja.

Objetivos específicos

- Realizar un diagnóstico de la situación actual del área de estudio
- Realizar el levantamiento Geológico- Estructural a detalle del área de estudio.
- Determinar las condiciones geotécnicas del área de estudio.

4. Marco teórico

4.1. Topografía

Higgs en (1943), mencionaba que “La topografía puede describirse como el arte de realizar medidas sobre la superficie terrestre con el propósito de elaborar mapas, planos o determinar una superficie”. (p. 1)

Para Montes de Oca, (1970) la topografía como la ciencia que estudia el conjunto de procedimientos para determinar las posiciones de puntos sobre la faz de la tierra, por medio de medidas de acuerdo a los tres elementos del espacio. Dichos elementos pueden ser: dos distancias y una elevación, o una distancia, una dirección y una elevación. (p. 122)

Por su parte (Alcantara, 1999), considera que “la topografía estudia los métodos y procedimientos para hacer mediciones sobre el terreno y su representación gráfica.” (p. 5)

Según (Buckner, 1983), en su libro *Surveying measurements and their Analysis*, "La topografía es la ciencia y el arte de realizar las mediciones necesarias para determinar la posición relativa de los puntos de la superficie terrestre". (p. 2)

4.1.1. Planimetría

Es la proyección escalada de los puntos registrados en el terreno sobre un plano horizontal imaginario. Dichos puntos medidos, generalmente a partir de coordenadas polares, se plasman en este plano según su localización vertical, es decir, mediante ángulos horizontales (acimuts) y distancias horizontales o distancias reducidas. (Echevereste, 2008, p. 46)

4.1.2. Altimetría

Es la técnica que permitirá obtener para cada punto visado el valor de su cota a partir de un plano horizontal de referencia, normalmente el nivel medio del mar. Para obtener la cota del punto visado la primera condición es conocer la cota del punto estación, entonces, de manera similar a la obtención de la distancia reducida, se puede calcular la diferencia de altura entre el punto estación y el punto visado con la función seno, conocida la distancia inclinada, o tangente conocida la distancia horizontal. (Echevereste, 2008, p. 46)

4.1.3. Taquimetría

La taquimetría, estudia la proyección de los puntos sobre un plano, al tiempo que trata de relacionar estos puntos en el espacio, por lo tanto, estudia su tercera dimensión, es decir, el valor de la cota, su altitud en relación a un plano de comparación u otro punto del levantamiento.

Esta permite fijar a la vez, en posición y altura los puntos del terreno, puesto que hace simultáneos los levantamientos tanto planimétrico como altimétrico. (Zamarripa, 2010, p. 6)

4.1.4. Levantamiento Topográfico

Torres & Villate, (2001), lo resumen como “El proceso de medir, calcular y dibujar para determinar la posición relativa de los puntos que conforman una extensión de la tierra”. (p. 17)

Por su parte Pachas, (2009) plantea que el levantamiento topográfico es un conjunto de actividades que se realizan en el terreno con el objetivo de recopilar la información básica que permita determinar las coordenadas rectangulares de los puntos del terreno, ya sea directamente o a través de un proceso de cálculo mediante el cual se logra una representación gráfica de la superficie levantada, el área y volúmenes de tierra cuando así lo amerite. (p. 31)

Según Gámez, (2015), los levantamientos topograficos son aquellos que por abarcar áreas reducidas pueden realizarse excluyendo la curvatura terrestre, sin error apreciable.(p.9)

Los levantamientos topográficos son los más comunes y los que más interesan, se basan en el conjunto de operaciones que tienen por objeto determinar la posición de puntos en el espacio y su representación en un plano. (Villalba et al , 2017, p. 3)

4.1.5. Levantamientos de Terrenos en General:

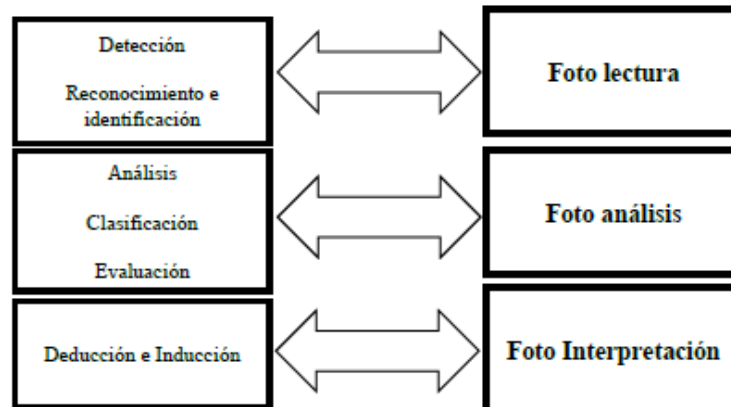
Tiene por objeto marcar o localizar linderos, medianías o límites de propiedades, medir y dividir áreas, ubicar terrenos en un plano general vinculado con levantamientos previos o proyectar obras y estructuras. (Navarro, 2008, p. 11)

4.2. Fotointerpretación

Reuter, (2002), considera a la fotointerpretación como la técnica o arte de examinar la imagen fotográfica del terreno (u otros elementos) con el fin de identificar los diferentes

elementos del paisaje y brindar información de interés para ingenieros civiles, forestales, geólogos, agrónomos, entre otros. No obstante, también implica un análisis detallado de los elementos que aparecen en las fotografías, con el fin de llegar a una adecuada valoración de los mismos, mediante un estudio deductivo o inductivo. Las técnicas empleadas para la producción de esta información pueden ser clasificadas en tres categorías:

Figura 1. *Técnicas empleadas para la obtención de información en base a fotografías aéreas*



Nota: Obtenido de Reuter, (2002)

Para Gonzáles de Vallejo, (2002), la fotointerpretación como una técnica empleada en la fase de estudios previos y reconocimientos geológicos-geotécnicos en campo, que representa las siguientes ventajas:

- Permite reconocer superficies muy extensas, pudiendo analizar con facilidad no sólo las características de la zona de investigación, sino también sus áreas limítrofes.
- El carácter extensivo de la fotointerpretación facilita apreciar componentes regionales de posible interés en el proyecto.
- En relación con otros métodos investigativos la fotointerpretación es la técnica más rápida y económica. (p. 310)

4.2.1. Levantamientos Aéreos

Se realizan por medio de la fotografía, principalmente desde aeronaves y/o drones, y se utilizan como auxiliares muy importantes para otras clases de levantamientos. La fotogrametría se dedica especialmente al estudio de estos trabajos. (Villalba et al , 2017, p. 3)

4.3. Geología

Es la ciencia que persigue la comprensión del planeta Tierra. Tradicionalmente La geología se ha dividido en dos extensas áreas: la física y la histórica.

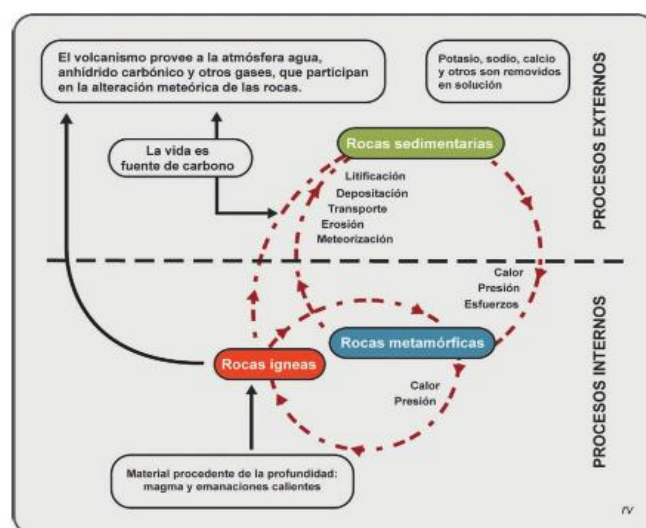
- La Geología física, estudia los materiales que componen la tierra y busca comprender los diversos procesos que actúan debajo y encima de la superficie terrestre.
- la Geología histórica tiene como objetivo comprender el origen de la tierra y su evolución en el tiempo. (Tarbuck & Lutgens, 2005, p. 2).

4.3.1. Clasificación General de las Rocas.

Una Roca es un agregado de minerales, eventualmente de una sola especie y en el caso general de diversas especies, constituyen las rocas de la corteza terrestre cuyo análisis es campo de la petrología (Varela, 2014, p. 45). Además de esto se puede agregar que una roca es una adición de uno o varios minerales que se encuentra de manera natural y en estado sólido en la corteza y el manto terrestre. Para Ramírez & Alejano, (2004, una roca intacta es un elemento (trozo, bloque, probeta) de roca que no presenta discontinuidades observables (p. 1)

El estudio sistemático de las rocas se hace según tres grupos monumentales, ígneas, sedimentarias y metamórficas. Su origen y naturaleza se visualiza en el denominado ciclo de las rocas.

Figura 2. Ciclo de las rocas



Nota: Obtenido de Varela, (2014)

4.3.1.1.Rocas Sedimentarias.

Las rocas sedimentarias se forman en la superficie de la Tierra a partir de fragmentos de otras rocas o de restos de organismos vivos que los ríos, viento, océanos, etc. arrastran y depositan después en lugares bajos. Estas rocas son las únicas que suelen tener fósiles, es decir, restos de seres vivos. (Regodón, 2006,p. 17).

4.3.1.2.Rocas Metamórficas.

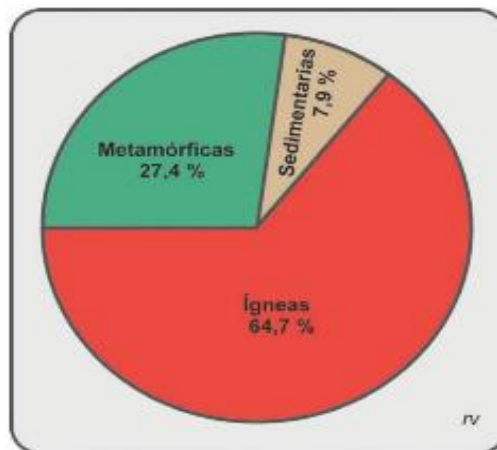
Las rocas metamórficas se forman cuando cualquier roca recibe mucha presión y temperaturas muy altas, pero sin que se funda, es decir, sin que se haga líquida. (Regodón, 2006,p. 17).

Según Suárez, (2013) son el resultado del metamorfismo o recristalización de rocas ígneas y sedimentarias. En este proceso las rocas son sometidas a cambios texturales y mineralógicos, de tal forma que sus características originales son alteradas o completamente perdidas. Como consecuencia de esto, las rocas metamórficas exhiben un alto rango de características ingenieriles y generalmente son muy útiles como materiales de construcción. (p. 156)

4.3.1.3.Rocas Ígneas.

De acuerdo con Varela, (2014), las rocas ígneas se forman a partir de fundidos (magma) en lo profundo de la Tierra. Si el magma se solidifica dentro de la corteza terrestre a medida que se enfría, forma el subtipo de rocas ígneas, rocas plutónicas (rocas plutónicas). Si el magma llega a la superficie y se derrama, forma roca ígnea volcánica (roca volcánica) cuando se solidifica. (p. 46)

Figura 3. Abundancia de las rocas en la corteza terrestre



Nota: Obtenido de Varela, (2014)

4.3.2. Geología Estructural

Billings (1974) se refirió a la geología estructural como el estudio de la estructura de la Tierra tal como está determinada por el terrestre. Tectónica y geología estructural son sinónimos de geología estructural.

Abarca desde el estudio de los defectos en la disposición atómica de los cristales hasta la estructura de los sistemas de fallas y pliegues en la corteza terrestre. Según González de Vallejo, (2002), la geología estructural se aplica al estudio de los procesos y estructuras tectónicas que afectan a las rocas. (p. 118)

4.3.2.1. Estructuras Primarias

Son aquellas que surgieron contemporáneamente a la formación rocosa, ya sea por deposición o emplazamiento. Son rasgos singenéticos de la roca, por lo que los rasgos que los distinguen existían antes de la deformación. Las estructuras primarias pueden ocurrir tanto en rocas sedimentarias como ígneas; su presencia es clave para explicar el proceso de acumulación o deposición y el ambiente en el que se formó. (Arellano, 2002, p. 166)

4.3.2.2. Estructuras Secundarias

Son estructuras geológicas que adquieren las rocas, tras la litificación como respuesta a un estado de esfuerzo y cambios de temperatura. Los cambios que experimentan las rocas son irreversibles y se manifiestan como deformación o metamorfismo. Las estructuras secundarias pueden desarrollar tanto en rocas ígneas, como sedimentarias o metamórficas; sus

características finales dependen de varios factores, incluida la propia naturaleza de las rocas sujetas al proceso de deformación. (Arellano, 2002, p.166)

4.3.2.3.Fallas

Una falla es una fractura o zona de fracturas a lo largo de la cual ha ocurrido un desplazamiento relativo de los bloques paralelos a la fractura.

Esencialmente, las fallas son discontinuidades que se forma debido a la fractura de grandes bloques de rocas en la Tierra cuando las fuerzas tectónicas superan la resistencia de la roca. (Bates y Jackson,1980, citado en INPRES,2014, p. 1)

En geología existen tres grandes grupos de fallas las cuales son tipo normal, inversa y de desplazamiento o rumbo.

Figura 4: Tipo de fallas; A, falla normal; B, falla inversa; C, falla de rumbo



Nota: Obtenido de INPRES, (2014)

4.3.2.4.Pliegues

Son deformaciones en las que no hay fractura de las rocas, pero cuyos elementos horizontales se pliegan, formando ondulaciones que permanecen paralelas entre sí. Se forman por esfuerzos de compresión y son más comunes en rocas sedimentarias. Al igual que en las fallas, los pliegues varían en tamaño desde estructuras microscópicas hasta cientos de metros de longitud y altura. Los plegamientos pueden aparecer aislados e en serie. Este tipo de deformaciones originan los relieves, como colinas o montañas. (Ortega, 2018, p. 2)

Figura 5. *Pliegue monoclinal.*



Nota: Obtenido de Van de Plujim & Marshak, (2004)

4.3.2.5. Diaclasas

Son deformaciones en las que hay fractura en una roca, pero los bloques que quedan a ambos lados de la línea de fractura no se mueven. Las diaclasas pueden originarse por distensión o compresión. (Arellano, 2002, p. 166)

4.3.3. Mapeo Geológico

El mapeo geológico es la forma en que los geólogos usan papel o cualquier medio digital para capturar las características físicas de la naturaleza en un formato comprensible. Es un requisito muy importante en geología, ingeniería geotecnica, hidrogeología, medio ambiente y minería, donde lo principal en este proceso es de trasladar la información geológica obtenida en el campo a uno de los diferentes tipos de mapas base como la topografía. (Ayala , 2018, p. 1) Según Lisle, et al., (2011), los mapas geológicos forman la base de la mayoría del trabajo geológico y no hay sustituto para ellos, porque la geología básica es fundamental, a su vez Njue, (2010), mencionó que el mapeo geológico es el proceso de seleccionar un área de interés y de identificar todos los aspectos geológicos presentes con el objetivo de elaborar informes y generar un mapa geológico cuya calidad dependerá de la exactitud y precisión del trabajo de campo. (p, 1)

Los mapas geológicos se generan casi en su totalidad en el campo y deben mostrar tanto los datos reales observados como los interpretados, pero el usuario debe distinguir claramente entre la información que fue observada en el lugar y las inferencias que se hicieron de las observaciones geológicas. La visualización de los datos debe corresponder a la escala del mapa,

el mapa no debe contener demasiada información que sería confusa e ilegible, y no debe faltar ningún dato en el mapa. (Ayala , 2018, p. 3)

4.4.Pendiente

La pendiente representa el grado de inclinación de la superficie terrestre con respecto a un plano horizontal. A mayor inclinación mayor valor de pendiente. Los valores de pendiente se expresan en grados y porcentaje.

Según (Elorza, 2008), “las pendientes se encuentran asociadas con la composición litológica y condiciones como la densidad de vegetación y grado de saturación”.

Una de las clasificaciones más utilizada para pendientes es la propuesta por la Unión Geomorfológica Internacional. La tabla 1 muestra la reclasificación de pendientes de acuerdo a Demek, (1972), donde considera la pendiente tanto en grados como en porcentaje. (p, 344)

Tabla 1. Clasificación de las pendientes

Clasificación de pendientes		
Tipo de pendiente	Ángulo de la pendiente (°)	Gradiente en %
Plano (Planicie)	0-2	3.5
Ligeramente Inclinado	>2-5	3.6-8.7
Fuertemente inclinado	>5-15	8.7-26.8
Muy inclinado	>15-35	26.8-70
Empinado	>35-55	70-143
Vertical	>55-90	>143

Nota: Obtenido de Demek, (1972)

4.5.Geomorfología

La geomorfología como ciencia, tiene como objetivo el estudio de las geoformas de la superficie terrestre enfocado a describir, entender su génesis y entender su actual comportamiento. La geomorfología es una ciencia de la tierra que tiene su origen ligado a la geología, dentro de la que constituye el último eslabón de los estudios estratigráficos, la fase actual de la evolución del modelado de la corteza terrestre. No es, por tanto, de extrañar, que la geomorfología haya sido, hasta muy recientemente, una ciencia marcadamente histórica, lo mismo que ha sido la geología. (Sala, 1984, p. 209). Schumm, (1998), define a la geomorfología como la ciencia que estudia los fenómenos sobre y cerca de la superficie preocupándose de las interacciones entre diversos materiales y procesos. No cabe duda que la geomorfología tiene alcances estratégicos tanto en ámbitos de planificación y ordenamiento

territorial, análisis de vulnerabilidad espacial y a su vez en gestión, en el campo de los riesgos. (p. 133)

4.5.1. Mapas geomorfológicos

Los mapas geomorfológicos son una cartografía temática de orden geológico que muestra las formas del terreno y materiales del subsuelo, su distribución y las relaciones entre sí. Según (Verstappen, 1983, p. 437), los mapas geomorfológicos son documentos que sirven como base de información cartográfica para los estudios de recursos naturales y ambientales, es decir, poseen una dimensión de aplicabilidad para solucionar problemas específicos. La confección de mapas geomorfológicos lleva consigo la aplicación de diversas metodologías, donde una de las más usadas es la propuesta por el Centro de Levantamientos Integrados de Recursos Naturales por Sensores Remotos (Clirsen, 2012), en los cuales se levanta información como la génesis, morfología, pendientes y desnivel relativo.

4.6. Caracterización Geotécnica

Una caracterización geotécnica tiene como fin recopilar e interpretar de forma técnica la información obtenida por medio de los estudios geotécnicos, con el propósito de caracterizar los materiales existentes en una zona determinada. Para una adecuada clasificación de un perfil de suelo se deben realizar campañas de exploración geotécnica de acuerdo a la categoría de la unidad de construcción, las cuales pueden realizarse mediante perforaciones geotécnicas (sondeos) y/o exploraciones geofísicas. (NEC, 2014, p 18)

4.6.1. Métodos de Exploración de Suelos

La exploración geotécnica se lleva a cabo por métodos directos e indirectos. Los métodos directos (sondeos, excavaciones) permiten recuperar muestras que sirven para conocer las propiedades físicas, mecánicas e hidráulicas del suelo; y, los métodos indirectos o también conocidos como geofísicos realizan mediciones indirectamente de las propiedades físicas de las rocas y suelos (Braja Das, 2015, p. 8)

4.6.1.1. Métodos Directos

4.6.1.1.1. Ensayo de penetración estándar (SPT)

Este ensayo de penetración dinámica se realiza en el interior de sondeos durante la perforación. Permite obtener el valor de N de resistencia a la penetración que puede ser correlacionados con parámetros geotécnicos tales como la densidad relativa, el ángulo de

rozamiento, la carga admisible y los asientos en los suelos granulares. En dicho ensayo también se obtiene una muestra alterada, para realizar su respectivo análisis en laboratorio. (González de Vallejo, 2002,p. 341)

El procedimiento a seguirse está indicado en la norma ASTM D-1586, el cual consiste en hincar en el suelo un muestreador estándar de caña partida (cilíndrica y hueca) donde la parte inferior está enlazada a un anillo cortante o zapata y la parte superior a una válvula junto con una pieza de conexión a la línea donde se realizará la perforación. El muestreador presenta un diámetro externo de 51 mm interno de 35 mm, el hincado se realiza mediante el uso de un martillo con una maza de 63.5 kg cayendo libremente desde una altura de 76 cm sobre una cabeza de golpeo o yunque.

El ensayo SPT se realiza “IN SITU” y puede ejecutarse prácticamente en todo tipo de suelos, incluso en roca muy alterada, aunque de preferencia se realiza en suelos granulares; donde la dificultad de obtener muestras inalteradas en este tipo de suelos aumenta relevancia al SPT. La frecuencia habitual para realizar ensayos SPT a lo largo del sondeo es de 2 a 5 m o inclusive mayor, en función de las características del terreno.

Figura 6. Equipo de SPT



Nota: Obtenido de González de Vallejo,(2002)

Los resultados de los ensayos SPT puede verse afectado por diversos factores como:

- Preparación y calidad del sondeo: limpieza y estabilidad de las paredes de la perforación
- Longitud del varillaje y diámetro del sondeo: condicionan el peso del elemento a hincar y la fricción con las paredes del sondeo

- Dispositivos de golpeo: puede ser manual o automático, existiendo diferencias notables entre los resultados de ambos. Debe emplearse dispositivos automáticos, pues garantiza la aplicación de la misma energía de impacto en todos los casos.

Correcciones

Cuando el ensayo se realiza por debajo del nivel freático se utiliza la siguiente corrección de Terzaghi y Peck 1948, aplicable a suelos poco permeables (limos y arenas finas)

$$N = 15 + [(N' - 15) / 2]$$

Valida para $N' > 15$, siendo N el valor corregido y N' el valor medido .

El extendido uso de SPT ha permitido establecer una serie de correlaciones con diferentes parámetros geotécnicos:

- Con la compacidad para suelos granulares

Tabla 2. *Correlación entre el SPT y el ángulo de rozamiento interno de suelos granulosos*

Correlación entre el SPT y el ángulo de rozamiento interno de suelo granulosos		
N(SPT)	Compacidad	ϕ
0-4	Muy floja	28
4-10	Floja	28-30
10-30	Medianamente Densa	30-36
30-50	Densa	36-41
>50	Muy densa	>41

Nota: Obtenido de Gonzáles de Vallejo, (2002). Modificado por el Autor,(2023)

4.6.1.2.Métodos Indirectos

De acuerdo con Basila, (2013), los métodos indirectos para el muestreo y exploración de suelos tienden a utilizarse en evaluaciones preliminares de un proyecto, así se determinan las condiciones y los equipos a utilizar para una exploración de suelos más precisa a través de métodos directos. (p. 2)

4.6.1.2.1.Sondeos Eléctricos Verticales (SEV's).

La finalidad del sondeo eléctrico vertical (SEV) es determinar la distribución vertical en profundidad de las resistividades aparentes bajo el punto sondeado a partir de medidas de la diferencia de potencial en la superficie y, a partir de ellas, inferir la distribución vertical de

geomateriales presentes en el subsuelo bajo el supuesto que el terreno está formado por unidades discretas de material dispuesto en capas paralelas.

Según, González de Vallejo (2002), esta técnica consiste en separar sucesivamente los electrodos de corriente denominados A y B del punto central, siguiendo una línea recta, y medir la resistividad aparente en cada disposición. Dicha resistividad aparente es un indicador de las resistividades del suelo y de la profundidad de penetración de la corriente, que se obtiene de la expresión adjunta.

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

donde:

ρ_a : resistividad aparente en Ohmios por metro ($\Omega.m$)

K: coeficiente del dispositivo (m)

ΔV : diferencia de potencial medida entre electrodos M y N

I: intensidad de la corriente circulando entre los electrodos A y B

La profundidad de penetración de la corriente eléctrica depende de la separación de los electrodos inyectores AB, si la distancia entre los electrodos AB aumenta, la corriente circula a mayor profundidad, pero su densidad disminuye. Para un medio isótropo y homogéneo, el 50% de la corriente circula por encima de la profundidad AB/2 y el 70.6% por encima de una profundidad AB (Orellana , 1982, p. 337).

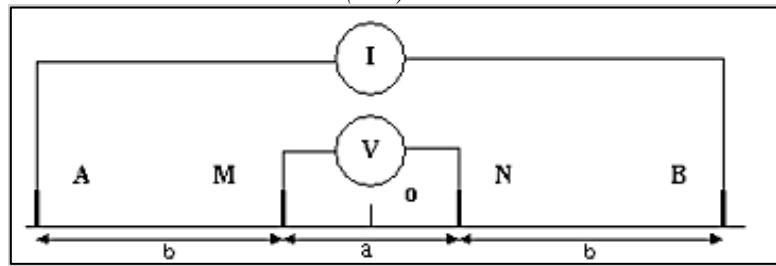
Los valores de resistividad de un geomaterial pueden variar dentro de amplios límites debido al hecho que la conductividad eléctrica, y la resistividad, tienen dos componentes. La tabla 3 muestra algunas de las resistividades de las rocas.

Arreglo Schlumberger

El arreglo tipo Schlumberger, es el más empleado y se caracteriza por mantener fijos los electrodos de potencial o lectura (M y N) mientras se alejan los electrodos de corriente (A y B). Este dispositivo es el más conveniente para realizar SEV's debido a su gran variedad de técnicas de interpretación, a su flexibilidad en el trabajo de campo y a su sensibilidad para realizar las correcciones necesarias en terrenos con topografía no completamente plana o irregular. (Glezz, 2017)

En la figura 7 se observa el arreglo de Schlumberger donde M-N son electrodos fijos de Potencial y A-B electrodos móviles de corriente. (Auge, 2008).

Figura 7. Arreglo tipo Schulumberger electrodos fijos de potencial (M-N), y electrodos móviles de corriente (A-B).

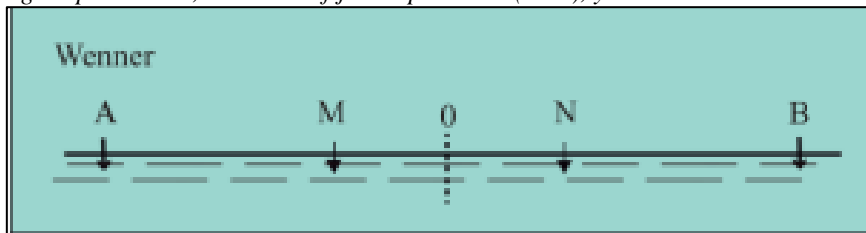


Nota: Obtenido de Auge, (2008)

Arreglo Wenner

Mediante el arreglo Wenner se emplea un dispositivo donde los electrodos están dispuestos equidistantes de tal manera que la distancia A-M, MN y NB son iguales. (Auge, 2008)

Figura 8. Arreglo tipo Wenner, electrodos fijos de potencial (M-N), y electrodos móviles de corriente (A-B).



Nota: Obtenido de Gonzales de Vallejo, (2002)

Tabla 3. Resistividades de los geomateriales

Naturaleza del Material	Resistividad $\Omega \cdot m$
Basamento, Roca sana con diaclasas espaciadas	10000
Basamento, roca fracturada	1500-5000
Basamento, Roca fracturada saturada con agua corriente	100-200
Basamento, Roca fracturada saturada con agua salada	1-100
Gruss no saturada	500-1000
Gruss saturado	40-60
Saprolito no saturado	200-500
Saprolito saturado	40-100
Gravas no saturadas	500-2000
Gravas saturadas	300-500
Arenas no saturadas	400-700
Arenas saturadas	100-200
Limos no saturados	100-200
Limos saturados	20-100
Limos saturados con agua salada	5-15
Arcillas no saturadas	20-40
Arcillas saturadas	5-20
Arcillas saturadas con agua salada	1-10
Andosoles secos	1000-2000
Andosoles no saturados	300-1000
Andosoles saturados	100-300

Nota. Obtenido de Universidad Nacional de Colombia, (2000). Modificado por El Autor, (2023)

4.6.1.2.2.Refracción sísmica

La sísmica de refracción sirve para estudiar la respuesta del subsuelo ante la propagación de la onda de compresión (P) producida por medios mecánicos desde superficie. La velocidad de propagación de esta onda está relacionada con la compacidad de los materiales del subsuelo, proporcionando datos de las características geomecánicas del sector. (GEOTEM, 2016).

Los materiales más compactos muestran velocidades altas de ondas P, mientras que los materiales poco consolidados muestran velocidades bajas. Las mediciones de refracción sísmica se llevan a cabo a lo largo de los perfiles longitudinales con múltiples sensores alineados denominados geófonos, con diferentes impactos posicionados en los extremos y parte central del tendido de la línea. (GEORYS INGENIEROS S.A.C, 2016)

Se utiliza principalmente para identificar áreas con poca información geológica, especialmente en sondeos de ingeniería y geotécnica para determinar la profundidad de la roca dura, grado de meteorización y competencia de la roca dura, así mismo se usa para obtener la velocidad a lo largo de la superficie refractora que resulta de la interfase entre dos medios con distintas propiedades físicas. (Naranjo & Dranichnikov, 2012, p. 20)

Figura 9. Sísmica de refracción



Nota: Obtenido de GEORYS INGENIEROS S.A.C, (2016)

4.6.1.3.Mecánica de Suelos

Según Crespo, (2004) define a la mecánica de suelos como la parte de la ciencia física que trata de la acción de las fuerzas sobre los cuerpos. La mecánica de suelos es la rama mecánica que trata de la acción de las fuerzas sobre las masas de los suelos. (p. 17)

El Dr. Karl Terzaghi define a la mecánica de suelos como la aplicación de las leyes de la mecánica y la hidráulica a los problemas de ingeniería que tratan con sedimentos y otras acumulaciones no consolidadas de partículas sólidas, producto de la desintegración química y mecánica de las rocas.

4.6.1.3.1. Propiedades físicas de los suelos

Marín, (2008), enuncia que los suelos son producto de la desintegración de partículas de la roca madre y tienen su origen en procesos físico químico, donde las propiedades físicas son aquellas que nos permiten diferenciarlo y categorizarlo de otro. Algunas de estas propiedades son densidad, contenido de humedad, peso específico, porosidad, Grado de saturación, Cohesión.

4.6.1.4. Granulometría y Clasificación de los Suelos

Conceptualmente la granulometría es la distribución, en porcentaje, de los diversos tamaños del agregado en una muestra. (Corral, 2012).

La granulometría no es más que distribución de los distintos tamaños de partículas que tiene un suelo y se la determina por medio de tamices de diferentes medidas. “Si bien existen diversas metodologías para determinar la granulometría del suelo, todas ellas contemplan la previa dispersión de las partículas individuales. La dispersión generalmente se la realiza por medios mecánicos, es decir mediante agitación ”(Manna et al ., 2016)

Dada la gran variedad de suelos que se presentan en la naturaleza, la mecánica de suelos ha desarrollado varios métodos de clasificación de los mismos. Cada uno de estos métodos tiene prácticamente, su campo de aplicación según la necesidad y uso que los haya fundamentado.

Y así se tiene la clasificación de los suelos según el tamaño de sus partículas, la clasificación de la Asociación Americana de funcionarios de caminos públicos (American Association State High-way Officials), la clasificación de la Administración Aeronáutica Civil (C.A.A.), el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (S.U.C.S), etc.

4.6.1.4.1.Sistema de Clasificación S.U.C.S

El Sistema Unificado de Clasificación de Suelos fue planteado por Arthur Casagrande en 1942, años más tarde fue ligeramente modificado y adoptado por el ASTM (American Society For Testing and Materials) como método de clasificación estándar. (González de Vallejo, 2002)

Braja Das, (2015), enuncia que para clasificar adecuadamente los suelos utilizando este sistema, es necesario conocer la proporción de grava, arena, limo y arcilla, coeficiente de uniformidad y curvatura, y por último límite líquido e índice plástico. Los primeros cinco datos se pueden obtener del análisis del tamaño de partículas o granulometría. El método S.U.C.S tiene su propia nomenclatura, y para suelos granulares tiene las abreviaturas G, S, W, P.

Para suelos finos, la nomenclatura es M (limo), C (arcilla), H (alta compresibilidad), L (baja compresibilidad), y para suelos orgánicos la abreviatura Pt (turba). “El sistema cubre suelos gruesos y finos y los separa por tamizado por la malla número 200; Las partículas gruesas son más grandes que la malla y las partículas finas son más pequeñas. (P. 79)

En función de su granulometría y según Normas D.I.N., ASTM, AENOR, etc., se han clasificado los suelos en cuatro grandes grupos: Gravas, Arenas, Limos, Arcillas. (González de Vallejo, 2002, p.20)

La norma ASTM D2487-11 identifica tres divisiones mayores de suelos: suelos de grano grueso, suelos de grano fino, y suelos altamente orgánicos. Estas tres divisiones están a su vez subdivididas en un total de 15 grupos básicos de suelo (Ver tabla 4). (p.4)

Tabla 4. Sistema Unificado De Clasificación De Suelos (S.U.C.S.)

Criterios para asignación de grupos		Símbolo del Grupo	Nombre del Grupo	
Suelos de grano Grueso	Gravas Limpias	GW	Grava bien clasificada	
		GP	Grava pobremente clasificada	
	Grava fina	GM	Grava limosa	
		GC	Grava arcillosa	
	Arena Limpias	SW	Arena Bien graduada	
		SP	Arena pobremente graduada	
	Arena Fina	SM	Arena limosa	
		SC	Arena arcillosa	
	Suelos de grano fino	Inorgánico	CL	Arcillas inorgánicas de media y baja plasticidad
			ML	Limos inorgánicos
Orgánico		OL	Arcilla orgánica	
Inorgánico		CH	Arcilla inorgánica de alta plasticidad	
		MH	Limo elástico	
Orgánico		OH	Arcilla orgánica	
Suelos altamente orgánicos	Materia primordial orgánica, de color oscuro y hedor orgánico	PT	Turba	

Nota: Obtenido de Designación ASTM D2487-11

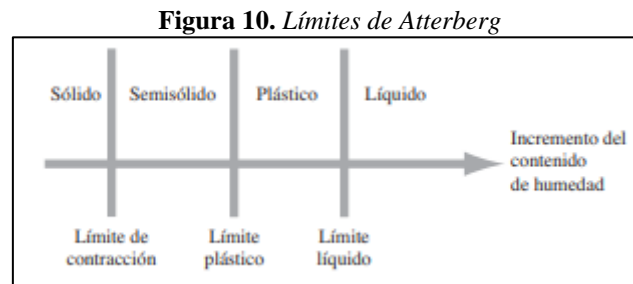
4.6.1.4.2. Sistema de Clasificación AASTHO.

El Sistema de Clasificación AASHTO clasifica el suelo en 7 grupos principales. Los suelos clasificados en los grupos A-1, A-2 y A-3 son materiales granulares, donde 35% o menos de las partículas pasan por la criba No. 200. Los grupos A-4, A-5, A-6 Y A-7, donde más del 35% pasan el tamiz 200 corresponden a suelos formados por materiales limosos y arcillosos. (Braja Das, 2015)

4.6.1.4.3. Límites de Atterberg.

Atterberg en (1911), definió el límite líquido como el contenido de humedad al que un suelo pasa del estado plástico al líquido. Atterberg determinó que dicho contenido de humedad coincidía con el que tenía una muestra de suelo colocada en una cápsula de porcelana de 10 o 12 cm de diámetro cuando una ranura hecha en la misma se cerraba al golpear la cápsula 25 veces contra la palma de la mano. Braja Das, (2015) enuncia que los límites de Atterberg es un

método para describir la consistencia de los suelos de grano fino con diferentes contenidos de humedad. Con un contenido de humedad muy bajo, el suelo se comporta más como un sólido quebradizo, mientras que con un contenido de humedad es muy alto, el suelo y el agua pueden fluir como un líquido. En base a ello y dependiendo del contenido de humedad, la naturaleza del comportamiento del suelo puede ser dividido en cuatro estados básicos: sólido, semisólido, plástico y líquido. (p. 65). la figura 10 muestra el comportamiento de los suelos de acuerdo a los Límites de Atterberg.



Nota: Obtenido de Braja Das, (2015)

- **Límite líquido (LL).**

Es el punto de paso del estado líquido al estado plástico, y se mide por la cantidad de agua que contiene un material en el momento que pierde la fluidez y la capacidad de escurrir como un líquido denso. El procedimiento para la prueba de límite líquido dada en ASTM es la Designación ASTM D-4318.

- **Límite Plástico (LP)**

El límite plástico se define como el contenido de agua, en porcentaje, con el cual el suelo, al ser enrollado en rollitos de 3.2mm de diámetro, se desmorona. El procedimiento para la prueba del límite plástico se da en la prueba D-4318 de la ASTM. (Braja Das, 2015, p. 65)

- **Índice de plasticidad**

El índice de plasticidad (PI) es la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico de un suelo

$$IP = LL - PL$$

4.7.Zonificación geotécnica

Según Forero & Dueñas, (1994), el término zonificación hace referencia a la subdivisión de un área según un criterio establecido, produciéndose una sectorización de acuerdo con los niveles o valores de ese criterio. De esto se puede concluir que la zonificación geotécnica

consiste en determinar áreas relativamente homogéneas, con similares características físicas y mecánicas, en las cuales se puede determinar los parámetros fundamentales para prevenir problemas, además permite conocer la amplitud del terreno para los diferentes usos que se le puede dar posteriormente.

Gonzales de Vallejo manifiesta que, la zonificación geotécnica se basa en la homogeneidad de las unidades geotécnicas, que abarcan diferentes eras geológicas y se pueden dividir en subunidades. El nivel de detalle y grado de homogeneidad dependen de la escala, el propósito del mapa y datos disponibles.

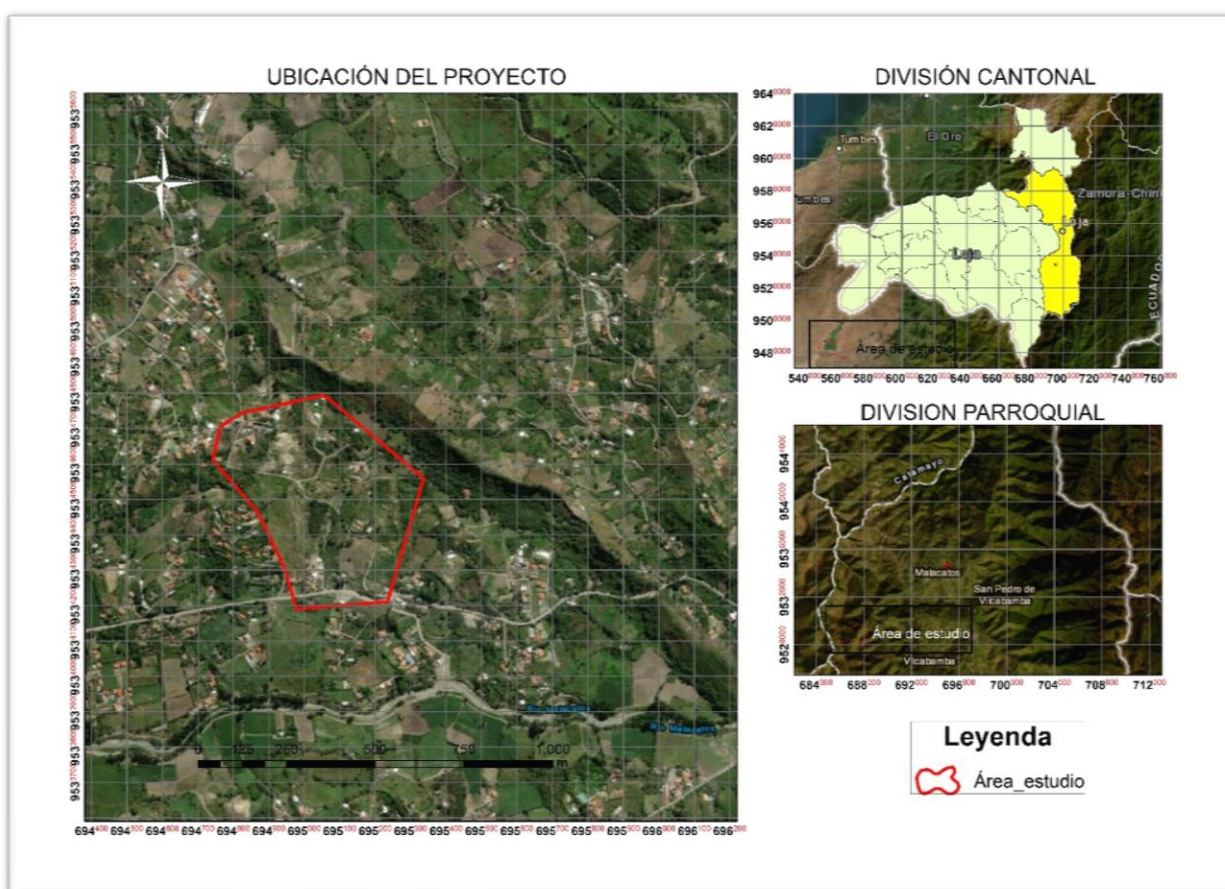
5. Metodología

5.1. Área de Estudio

5.1.1. Ubicación

El área de estudio se ubica dentro la parroquia Malacatos, perteneciente al cantón y provincia de Loja, con una extensión de 22. 58 hectáreas, se encuentra ubicada en la parte al Sur-oriental de la provincia de Loja, a 33km de la capital provincial, al sur del Ecuador continental, en el hemisferio Sur-Occidental. Limita al Norte con la Parroquia San Sebastián del cantón Loja y El Tambo del cantón Catamayo, al Sur con la Parroquia San Pedro de Vilcabamba y Vilcabamba, al Este con la parroquia Sabanilla del cantón y Provincia de Zamora Chinchipe, y, al Oeste con la Parroquia Purunuma del Cantón Gonzanamá y Cantón Quilanga. La figura 11 muestra la ubicación del área de estudio, la tabla 5 muestra las coordenadas en WGS84/17S que delimitan el área de estudio.

Figura 11: Mapa de ubicación del Área de estudio



Nota: Elaborado por El Autor, (2023)

Tabla 5. Coordenadas del área de estudio

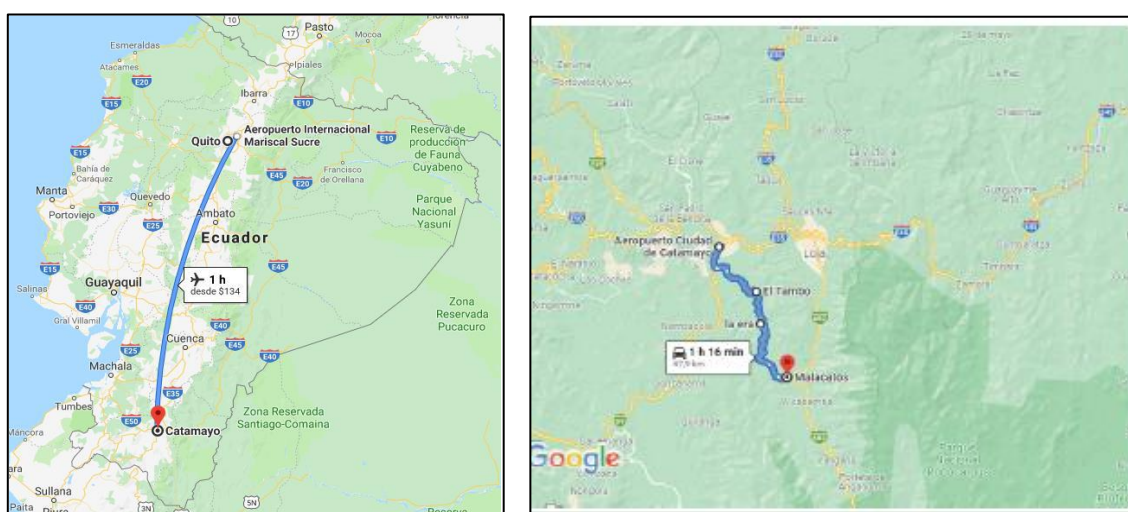
Coordenadas del área estudio Datum WGS84/17S		
Punto	Coordenada X	Coordenada Y
PP	695255	9534233
P1	695162	9534546
P2	695129	9534652
P3	694782	9534594
P4	694932	9534229
PF	694825	9534717

Nota: Elaborado por El Autor, (2023)

5.1.2. Acceso

El acceso desde la ciudad de Quito se lo realiza por vía aérea hasta la ciudad de Catamayo, con un tiempo de viaje de una hora; y luego por la vía terrestre que conecta Catamayo-El Tambo-Malacatos con un tiempo estimado de 1 hora con 16 minutos, como se evidencia en la figura 12.

Figura 12: Acceso aéreo al área de estudio



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

El acceso terrestre se lo realiza por la carretera Panamericana/ Troncal de la Sierra/ E35 que conecta Quito-Cuenca-Loja- Malacatos con una distancia aproximada de 683 km y un tiempo de viaje aproximado de 11h45 min, como se muestra en la figura 13.

Figura 13. Accesos terrestres al área de estudio



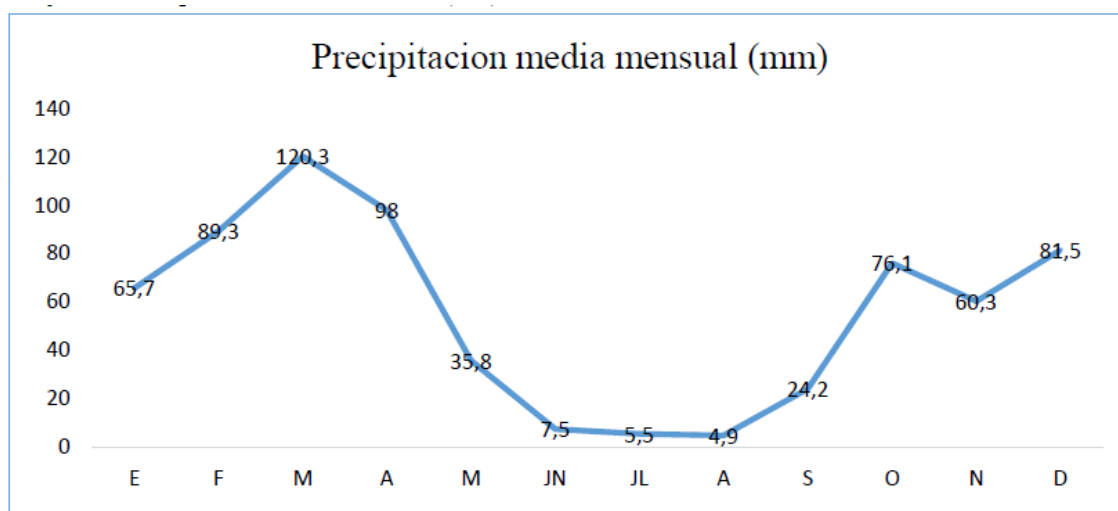
Nota: Obtenido de Google Maps. Modificado por El Autor, (2023)

5.1.3. *Clima*

El área de estudio presenta un clima Subtropical seco, presente en aproximadamente el 40 % de la superficie de la parroquia Malacatos, clima que se origina principalmente por influencia climática del Pacífico y la altitud baja de la cordillera occidental de los Andes que se encuentran al Noreste y Este de la parroquia que permite la circulación de masas de aire secas de la corriente de Humboldt de mayo a diciembre y masas de aire húmedas de enero a abril de la corriente de El Niño; estas corrientes originan temporadas bien definidas una seca y otra lluviosa. Según datos meteorológicos, en Malacatos llueve 669,5 mm anuales y se registran temperaturas medias de 20,3 °C (PDOT, 2012)

En la figura 14 se evidencia los valores medios mensuales de las estaciones; en el encontramos dos estaciones definidas: una donde las lluvias son más abundantes comprendido entre el periodo febrero-abril y el segundo período de menor precipitación durante los meses de junio a agosto, con un promedio de precipitación anual de 669,1 mm, siendo este el más bajo de la zona en las cuales se ubican las parroquias colindantes. (PDOT,2019)

Figura 14. Precipitación media mensual de la parroquia Malacatos (mm)



Nota: Obtenido de CLIRSEN-MAGAP, (2013)

5.1.4. Hidrografía

El área de estudio que comprende el Barrio San José de las Peñas se encuentra dentro de la microcuenca del río Malacatos, misma que es la Microcuenca más grande en superficie de todo el territorio contando con un área de 13.307,57 ha, representando el 64,70% del área parroquial. La microcuenca Malacatos está atravesada en su totalidad por el Río del mismo nombre en dirección norte a sur y este divide la microcuenca en dos partes, la occidental con las quebradas Yunguilla, Potrerillos y Nangora y la oriental con la quebrada de la Era, Mishquiaco, río Campana y quebrada Naque.

5.1.5. Geología Regional

El área de estudio pertenece a la cuenca sedimentaria Malacatos -Vilcabamba, la cual dispone una orientación NE-SE, en dónde se han desarrollado diversos estudios geológicos estructurales tales como Wolf (1892); Villemur (1967); Las Naciones Unidas (INDP,1969); y Hungerbühler (2002).

La serie sedimentaria está parcialmente cubierta por rocas Meta-Sedimentarias del Paleozoico (Unidad Chigiúinda; Litherland et al., 1994), mismas que se localizan al Este del margen de la Cordillera Real, y las rocas volcánicas de la Formación Loma Blanca de edad perteneciente al Oligoceno Inferior. Se distinguen tres unidades tecto-estratigráficas dominantes, ubicadas al Sur, Nor-Oeste y centro (bloque La Granja). Este último está separado del resto de la cuenca Oeste por una falla normal (Hungerbühler en 1997).

Hungerbühler (2002), subdividió los estratos (de abajo hacia arriba) estableciéndolos así: Unidad Chigüinda como roca de basamento, Loma Blanca como rocas volcánicas, San José, Santo Domingo, Santo Francisco y Cerro Mandango constituido de rocas sedimentarias. Las formaciones geológicas presentes a escala regional en el área de estudio se enumeran a continuación:

Formación San José (Mioceno Medio)

Constituye la secuencia basal del relleno sedimentario de la cuenca Malacatos – Vilcabamba. Kennerley, (1973) la denomina Formación Algarrobillo y la mapea exclusivamente al borde noroccidental de la cuenca. Kennerley y Almeida (1975) la relacionan con la cuenca de Loja, renombrándola como formación trigal e I.I.C (1985) la denomino unidad Tm-p1. Finalmente, Hungerbuhler (1997) da el nombre actual y determina nuevos límites cartográficos en base a dataciones radiométricas y criterios litoestratigráficos. La presente formación San José corresponde a la parte baja de la antes conocida formación Algarrobillo.

Está constituida por dos por dos bloques, bloque Noroccidental y la Granja, el primero de ellos está en las cercanías de San José, el segundo aflora en una franja NE-SW al oriente de la cuenca, entre El Sauce y la Granja (Hungerbühler, 1997).

En el bloque Noroccidental presenta contacto discordante y fallado con la subyacente Formación Loma Blanca; se infiere contacto transicional cíclico- gradual con la sobreyacente Formación Santo Domingo.

En el bloque la Granja, se infiere contacto concordante con la formación Santo Domingo y se tiene contacto fallado con la Formación San Francisco. En el bloque noroccidental la formación tiene un espesor de 150 m aproximadamente, mientras que en el bloque la Granja el espesor es de 200m (Vera, 1994)

Se define la siguiente secuencia estratigráfica, comienza en la base con un paquete de ortoconglomerados masivos con clastos volcánicos bien redondeados, en una matriz areniscosa de tamaño de grano medio a grueso. Por encima aparecen una serie de secuencias gradadas de escala métrica formadas de muro a techo por, conglomerados y microconglomerados volcánicos con clastos subredondeados y base erosiva, que pasan a techo con limolitas y abundantes rizoconcreciones, nódulos carbonatados, y por encima lutitas con yeso intersticial lenticular. En la parte media de la unidad aparecen una serie de secuencias lutíticas con

abundantes venas de yeso fibroso secundario, ricas en ostracoditas con foraminíferos bentónicos dispersos, calizas mudstone, calcarenitas y litarenitas con cemento carbonatado. En la parte superior de la unidad, afloran un conglomerado relativamente continuo (Fernández , 2014).

Formación San Francisco MSfr

Constituye la secuencia media-alta del relleno sedimentario de la cuenca Malacatos-Vilcabamba. Kennerley, (1973) la nombran Formación Cerro Mandango. Kennerley y Almeida, (1975) la relacionan con la cuenca de Loja renombrándola como Formación Quillollaco y Hungerbühler (1997) la incluye como miembro de Arenisca dentro de la Formación Cerro Mangando. Corrochano (2014) teniendo en cuenta las dataciones radiométricas en trazas de fisión (ZFT) realizadas por (Hungerbühler, 1997; Hungerbühler, 2002) y criterios cartográficos, litoestratigráficos y sedimentológicos reconsidera lo propuesto y le da el rango de formación, con un espesor variable y según algunos autores alcanza los 800 m de potencia.

La Fm. San Francisco aflora en las partes norte y central de la cuenca, así como el bloque de la Granja. El tránsito inferior con la unidad infrayacente (Fm. Santo Domingo) suele ser un contacto fallado, infiriéndose un contacto concordante. El tránsito entre las dos unidades se caracteriza por una serie de tobas volcánicas de hasta 10 m de potencia. Estas intercalaciones volcano sedimentarias se encuentran también en la parte inferior de la Fm. San Francisco, donde puede observarse estratificaciones cruzadas en surco donde alternan depósitos con líticos volcánicos y metamórficos. El tránsito superior con la Fm. Cerro Mandango es gradual, ya que se establece cuando comienzan a predominar los conglomerados y se produce la transición del predominio de colores de gris-azulados a marrones, fácilmente apreciable en el paisaje.

Litológicamente, el complejo está formado por limos y areniscas de grano fino y medio, generalmente bien clasificadas, presentan una tonalidad gris-azulada. Las areniscas y limos presentan ripples de corriente, de oscilación, restos vegetales, y estratificación cruzada en surco de hasta 3 m de espesor, también se observan intercalaciones de lutitas marrones de escaso espesor que presentan laminación paralela e intensa bioturbación, además aparecen continuas intercalaciones canaliformes de areniscas de color marrón con estratificación cruzada en surco, de grano grueso a medio, así también cuerpos canaliformes de conglomerados que no superan los cinco metros de potencia. Los conglomerados son de carácter clastosoportado, con base

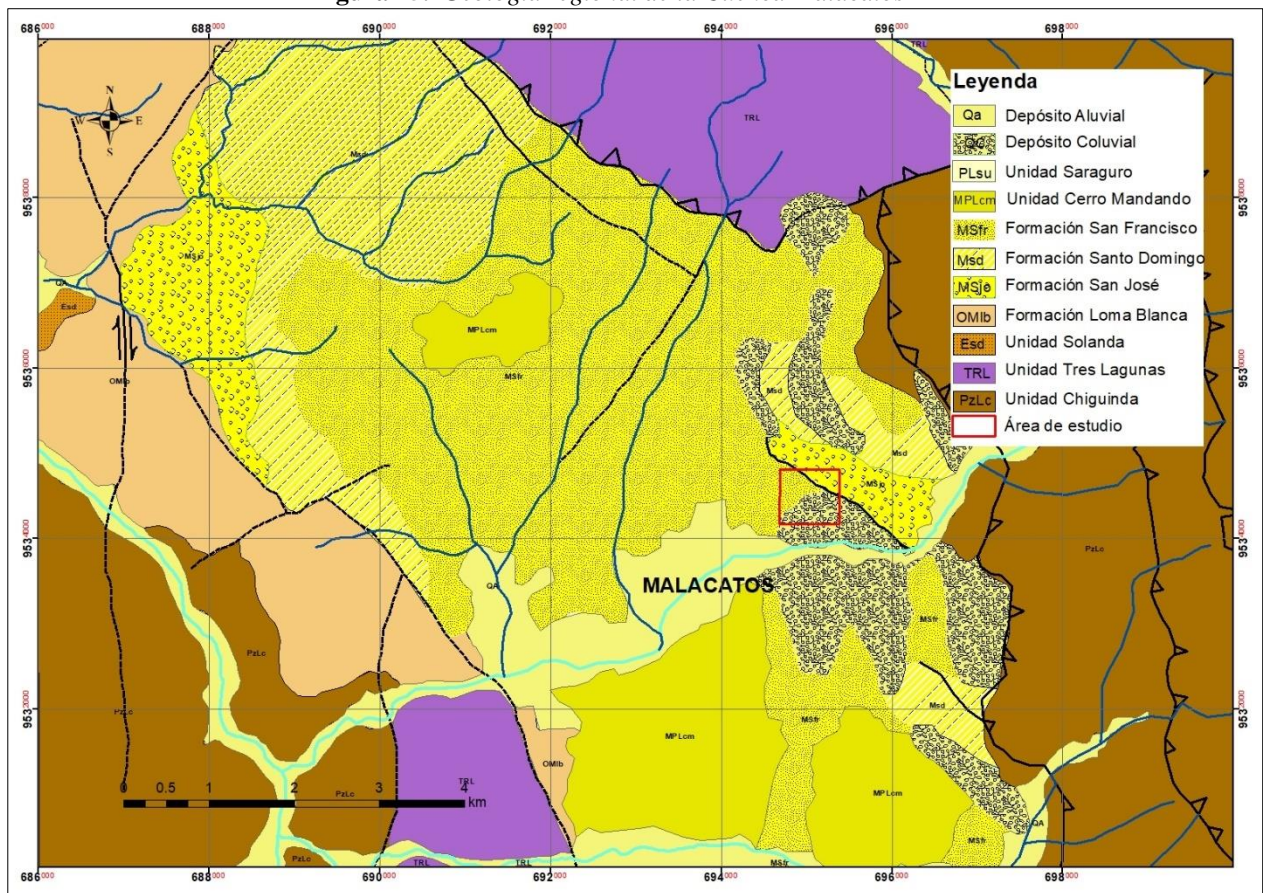
erosiva, clasificación buena a moderada, matriz arenosa de grano medio a grueso, constituidos por líticos de origen metamórfico que oscilan desde subredondeados a subangulosos, con predominio de los últimos. Finalmente, a menudo se observan en toda la unidad continuas intercalaciones de yeso fibroso secundario dispuestas de forma paralela u oblicua a la estratificación.

Depósitos Coluviales

Corresponde a un material poco consolidado con componentes metamórficas y/o volcánicas, se evidencia areniscas de grano fino-grueso y arcillas de edad cuaternaria.

En la Figura 15, se determina la geología regional, enmarcado en rojo se encuentra el área de la presente investigación.

Figura 15. Geología regional de la Cuenca Malacatos



Nota: Obtenido de la Carta geológica de Gonzanamá, Hoja 57, N VII-B (2017). Modificado por El Autor, (2023)

5.2. Materiales y Equipos

En el presente proyecto de investigación se hizo uso de diversos materiales y equipos necesarios para el desarrollo y cumplimiento de cada uno de los objetivos propuestos. Los materiales y equipos se muestran en la tabla 6.

Tabla 6. Materiales y Equipos

Materiales y equipos de Gabinete		
Fotografías aéreas, Hoja geológica Gonzanamá, Carta topográfica, PDOT Malacatos, Laptop, Software y herramientas tipo GIS(ArcGIS), Software Pix4D, Metashape, AutoCAD, IP2WING, Adobe ilustrador, Microsoft Office 2019		
Materiales de Campo		
GPS, Chaleco Reflectivo, Cámara fotográfica, Fichas de campo		
Topográfico	Geológico	Geotécnico
-Estación GPS diferencial	-Brújula tipo Brunton,	-Barreta y pala.
-Dron DJI Phantom 4 Pro	-Martillo Geológico	-Equipo SPT.
-Cintas reflexivas	-Libreta de campo	-Cajas de sondeos geotécnicos.
-Flexómetro	-Lupa de bolsillo 30x	-Retroexcavadora.
-Machete	-Ácido Clorhídrico al 10%	
-Mojones	-Fundas Herméticas	
	-Lápices de colores	
Geofísico	Laboratorio	
-Medidor de resistividad	-Cazuela de Casa Grande	
-Electrodos	-Capsulas	
-Carretes de alambre	-Estufa	
-Conectores	-Ranurador	
-Combos	-Tamices Granulométricos	
-Cintas métricas		

Nota: Elaborado por El Autor, (2023)

5.3. Métodos y técnicas

El trabajo de investigación denominado “Caracterización Geológica-Geotécnica del Barrio San José de las Peñas, Parroquia Malacatos, cantón y provincia de Loja, se desarrolló a partir de dos tipos de investigación: no experimental y experimental

5.3.1. Investigación no Experimental

Según Hernandez et al., (2012), la investigación no experimental es aquella que se realiza sin manipular deliberadamente variables. Es decir, es la investigación donde no hacemos variar intencionalmente las variables independientes. Lo que hacemos en la investigación no experimental es observar fenómenos tal y como se dan en su contexto natural, para después analizarlos.

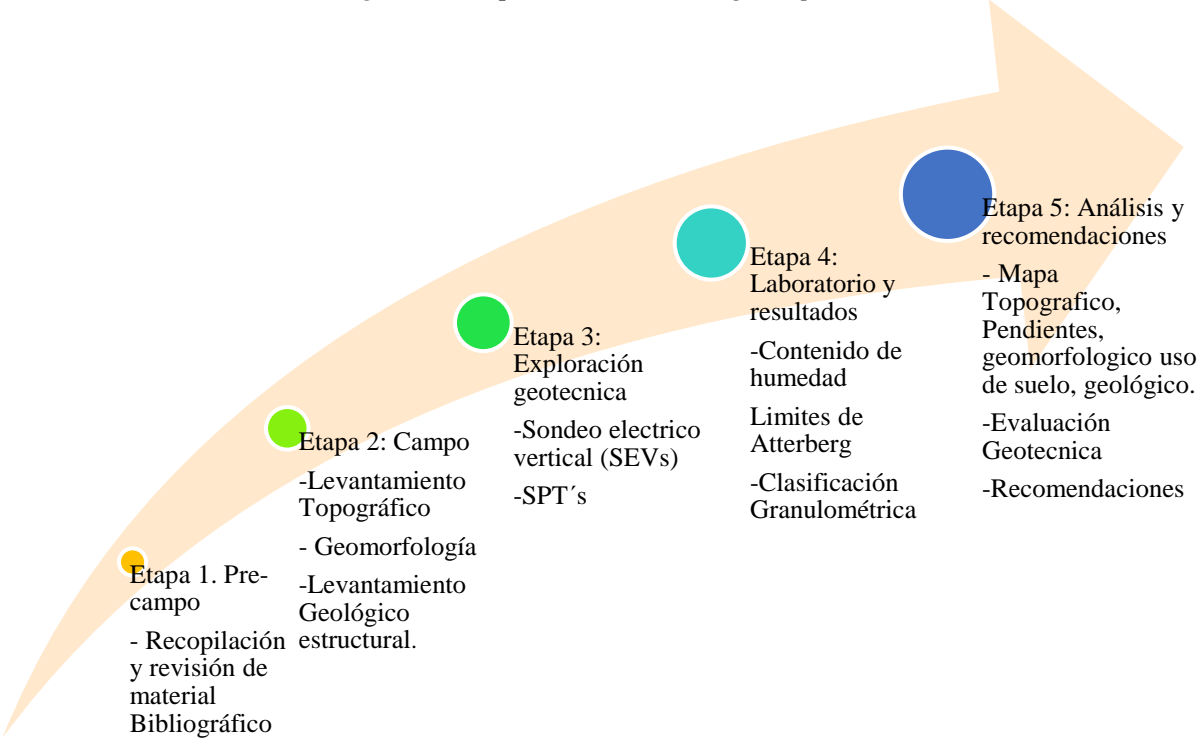
Bajo este argumento, en la presente investigación, primeramente, se reconoció la zona de estudio con el fin de identificar sitios estratégicos para realizar los diferentes ensayos de campo y recolección de muestras para su respectivo análisis en laboratorio.

5.3.2. Investigación Experimental

Palella & Martins, (2010), definen a la investigación experimental, como aquella en la cual el investigador manipula una variable experimental no comprobada, bajo condiciones estrictamente controladas, donde, su objetivo es describir de qué modo y por qué causa se produce o puede producirse un fenómeno.

Bajo este contexto se estableció un orden cronológico, para dar cumplimiento a los objetivos planteados, como se observa en la figura 16.

Figura 16. Esquema de la metodología empleada



Nota: Elaborado por el Autor, (2023)

5.3.3. Metodología del primer objetivo

“Realizar un diagnóstico de la situación actual del área de estudio.”

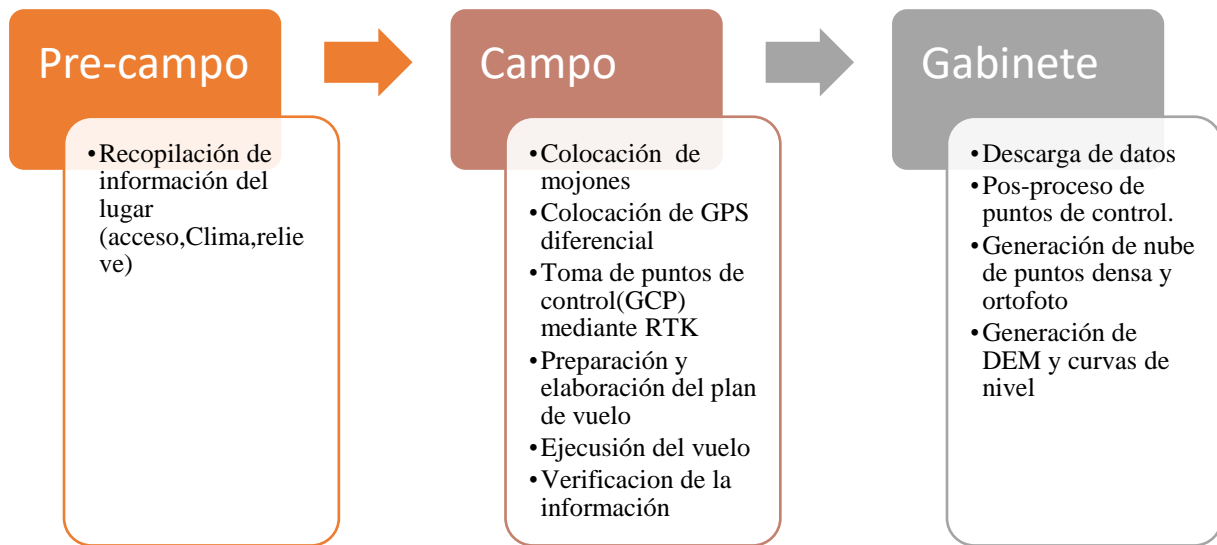
Para dar cumplimiento a este objetivo se realizó el levantamiento topográfico, el mapeo de pendientes, geomorfología y uso actual del suelo del barrio San José de las Peñas.

5.3.3.1. Topografía

Metodología de Campo

Jiménez (2021) establece que para realizar el levantamiento topográfico se utilizó el G.P.S. diferencial de alta precisión y Vehículo aéreo no tripulado (Drone DJI Phantom 4PRO); el proceso se llevó a cabo mediante el enlace a la red geodésica Nacional. El proceso metodológico empleado consta de 3 etapas que se detalla en la figura 17.

Figura 17. Esquema del levantamiento topográfico con Dron



Nota: Elaborado por El Autor, (2023)

Primeramente y de manera anticipada se colocó en campo 2 mojones en sitios estratégicos, mismos que sirvieron como puntos fijos de control al momento de realizar el vuelo, a su vez mediante este reconocimiento en campo se obtuvo parámetros del clima (dirección del viento, hora favorable para realizar el vuelo) y accesibilidad para la ubicación de la base del GPS diferencial; puntos de control y ejecución del vuelo.

Para realizar el vuelo se colocó la base de la estación diferencial, con la finalidad de distribuir los puntos de control dentro del área. Seguidamente se levantó puntos de control (GCP) distribuidos en sitios estratégicos con el Rover configurado en RTK lib. La toma de cada punto GCP fu de 10 minutos en estado RTK. Seguidamente se ejecutó el plan de vuelo y se verifico los datos obtenidos.

Metodología de Gabinete

Una vez concluido el trabajo en campo, en oficina se realizó el pos-proceso de los datos utilizando el programa de EMLID RTK. Posteriormente se convirtió las coordenadas Geográficas a UTM WGS84/17S, Usando el software Geographic Calculator.

Luego de obtenidas las fotografías del área de estudio, y mediante el uso del programa Pix4Dmapper 4.7.5, se corrigió las fotografías con las coordenadas UTM de los puntos de control, seguidamente el programa crea el mosaico de fotografías, la nube de puntos densa, y la ortofoto como tal.

Para la generación del DEM se filtró la cobertura vegetal e infraestructuras, líneas eléctricas con finalidad de obtener el modelo de superficie, posteriormente se generó las curvas de nivel. Con toda la información generada se procedió a elaborar el mapa topográfico utilizando el software ArcGIS. 10.8

5.3.3.2. Mapa de Pendientes

Para confeccionar el mapa de pendientes se utilizó el Software ArcGIS 10.8, el proceso inicia realizando un modelo TIN (Triangle Regular Network o Red de Triangulación Regular) generado con las curvas de nivel obtenidas del levantamiento topográfico, una vez creado el TIN se lo convierte a ráster y así obtiene un MDT (Modelo Digital del Terreno), para luego proceder a crear con la herramienta de análisis espacial el modelo de pendientes. La Figura 18, presenta un Model Builder, el cual indica los pasos a seguir para obtener el modelo de pendientes.

La reclasificación de pendientes se realizó en base a la clasificación propuesta por Demek, (1972), el cual clasifica las pendientes en 5 categorías (Ver tabla 7), de la misma manera se aplicó la metodología de Martínez y Mercado (1992) con la clasificación expuesta en la tabla 8.

Tabla 7. Clasificación de pendientes de acuerdo a Demek

Clasificación de pendientes		
Tipo de pendiente	Ángulo de la pendiente (°)	Gradiente en %
Ligeramente Inclinado	0-5	3.5-8.7
Fuertemente inclinado	>5-15	8.7-26.8
Muy inclinado	>15-35	26.8-70
Empinado	>35-55	70-143
Vertical	>55-90	>143

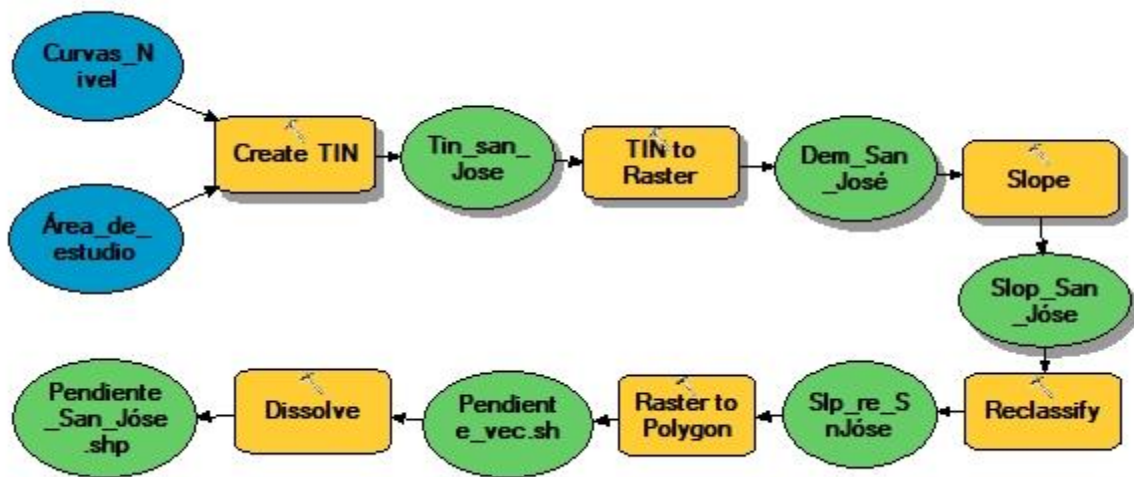
Nota: Obtenido de: Demek, (1972)

Tabla 8. Clasificación de pendientes de acuerdo Martínez y Mercado

Clasificación de pendientes (Metodología de Martínez y Mercado)		
Clases	Rango (°)	Porcentaje (%)
Terrenos Planos o casi planos	0-8,5	0-15
Terrenos inclinados	8,5-16,7	15-30
Terrenos moderadamente escarpados	16,7-26,6	30-50
Terrenos escarpados	26,6-36,9	50-75
Terrenos muy escarpados	>36,9	>75

Nota: Obtenido de Martínez y Mercado (1992)

Figura 18. Diagrama de flujo “Model Builder” para la obtención del mapa de pendientes



Nota: Elaborado por El Autor, (2023)

5.3.3.3. Geomorfología

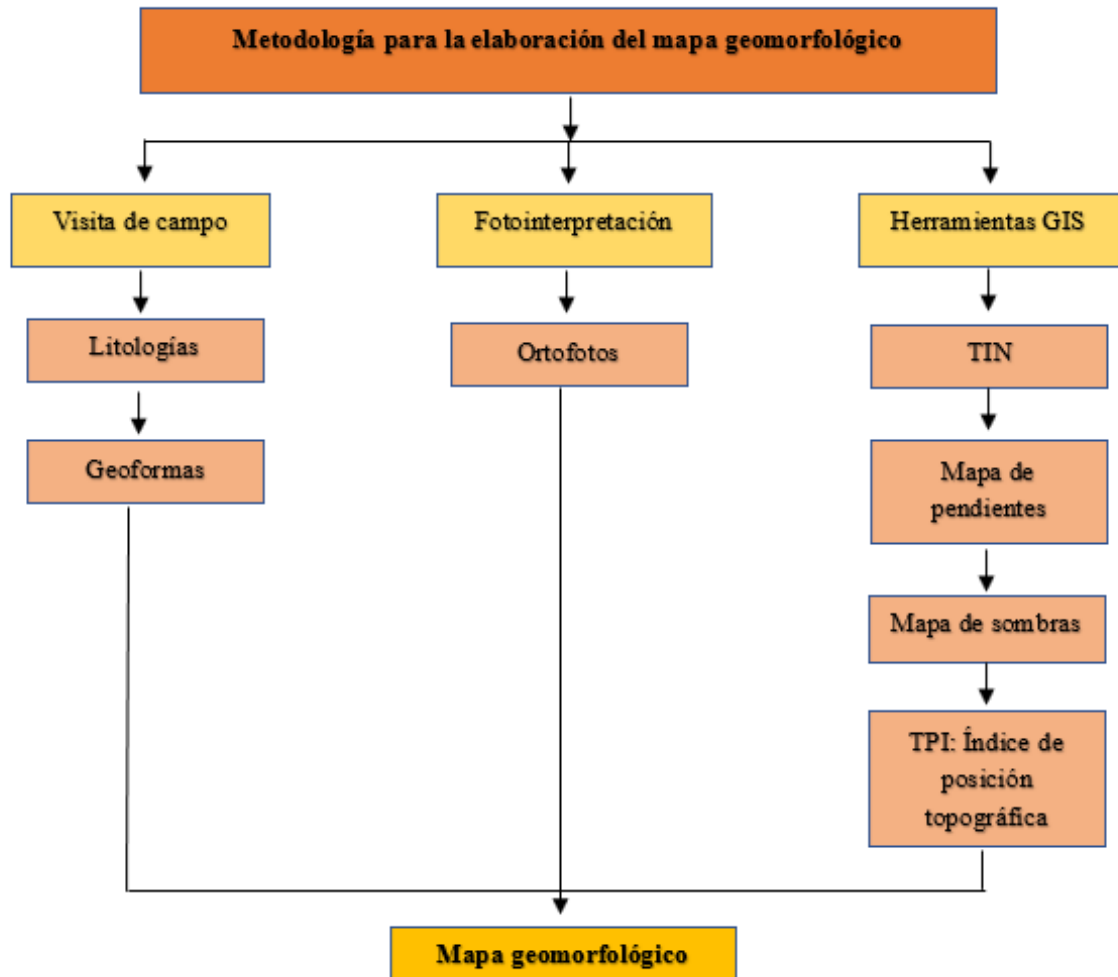
El mapa geomorfológico se realizó por medio de fotointerpretación y empleando la metodología de CLIRSEN en proyectos como Generación de Geo-información para la gestión del territorio a nivel nacional en el 2010 y 2012 conjuntamente con el Catálogo descriptivo de objetos geomorfológicos del Ecuador Val (2014)

Para realizar el mapa geomorfológico se empleó el mapa de pendientes y el modelo digital de elevación (DEM), elaborados anteriormente. A partir del DEM se generó el mapa de sombras (Hillshade), el cual sirve como base inicial para la delimitación de las geoformas.

Además, el DEM sirvió para generar el Índice de posición Topográfica (TPI) que muestra líneas de quiebre y curvaturas del terreno esenciales para delinear las geoformas. Finalmente se

Finalmente, se corroboró la información mediante observación directa en campo, dicha información fue procesada mediante el software ArcGIS 10.8 donde se creó un shapefile con los campos: unidad geomorfológica, desnivel relativo, pendiente, área y porcentaje. La figura 19 muestra el procedimiento empleado para la elaboración del mapa geomorfológico.

Figura 19. Diagrama de flujo para la elaboración del mapa geomorfológico



Nota: Elaborado por El Autor, (2023)

5.3.3.4. Uso actual del suelo

El mapa de uso actual del suelo, se realizó por medio de fotointerpretación en el software ArcGIS 10.8, utilizando la ortofoto generada para la presente investigación, e información base de la zona de estudio como infraestructuras, vías de acceso y zonas de cultivo.

Para la confección del mapa, se procedió a delimitar en base a los diferentes usos del suelo y coberturas presentes en el área de estudio, se generó un campo shapefile de polígono para identificar los diferentes tipos, aplicando la clasificación establecida por el Ministerio de

Agricultura, Ganadería, Acuicultura y Pesca (MAGAP) en coordinación con el Ministerio del Ambiente del año 2015. Para la identificación de cada tipo de uso actual de suelo se utilizó la terminología del Nivel I y Nivel II establecidas en la tabla 9.

Finalmente se verificó la información fotointerpretada en campo, tomando un registro fotográfico de los puntos más relevantes para una correcta visualización de los tipos de uso actual del suelo establecidos.

Tabla 9. *Tipos de cobertura vegetal y uso del suelo*

NIVEL I	NIVEL II
Bosque	Bosque Nativo
	Plantación Forestal
Tierra Agropecuaria	Cultivo Anual
	Cultivo Semipermanente
	Cultivo Permanente
	Pastizal
	Mosaico Agropecuario
Vegetación Arbustiva y Herbácea	Vegetación Arbustiva
	Vegetación Herbácea
	Páramo
Cuerpo de Agua	Natural
	Artificial
Zonas Antrópica	Área Poblada
	Infraestructura
Otras tierras	Glaciar
	Área sin cobertura vegetal
Sin información	Sin Información

Nota: Obtenido de MAE, MAGAP (2015)

5.3.4. Metodología del segundo objetivo

“Realizar el levantamiento Geológico- Estructural a detalle del área de estudio.”

Para dar cumplimiento al objetivo se indagó información bibliográfica a escala regional establecida en estudios previos de la cuenca de Malacatos e información dispuesta en la carta geológica Gonzanamá 2017. Finalmente se corroboró la información en campo.

5.3.4.1. Geología

5.3.4.1.1. Descripción de afloramientos

Metodología de Campo

El mapa geológico se elaboró utilizando como base el mapa topográfico generado a escala 1:2500 y la carta geológica regional de Gonzanamá año 2017 a escala 1:100.000

georreferenciada en el software ArcGIS 10.8. La información litológica se verifico en campo a través de la descripción de afloramientos “in situ” mediante una observación directa, en base al manual de levantamiento de Echeveste, (2018) “Mapeo por afloramientos”, donde se consideró afloramientos tanto naturales como artificiales distribuidos en la zona de estudio, mismos que permitieron describir las rocas existentes en el área. A su vez se consideró y levanto datos estructurales con el uso de la brújula tipo Brunton, se recolecto muestras de mano debidamente codificadas y se realizó un registro fotográfico

Para el elvantamiento de información y verificación se utilizó equipos geologicos como martillo, brújula, ácido crohidrico, lupa y cinta, dicha información fue plasmada en fichas técnicas como se observa en la figura 20

Figura 20. Ficha técnica para la descripción de afloramientos

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. Capas	Génesis	Litología			Potencia	
Descripción Litológica:						
Fotografía						
Observaciones						

Nota: Elaborado por El Autor, (2023)

Metodología de gabinete

A partir de la información registrada en campo se procedió a confeccionar la cartografía geológica, iniciando con la ubicación de los afloramientos en el mapa topográfico mediante el uso del software ArcGIS 10.8 indicando el tipo de roca con sus respectivos rumbos y buzamientos, obteniendo como resultado el mapa de afloramientos, que sirvió de base para generar el mapa litológico, empleando técnicas de interpretación e interpolación de estos puntos y estructuras previamente levantadas.

Se confeccionó del mapa, mediante el uso de herramientas tipo SIG (ArcGIS) se creó Shapefiles correspondientes a puntos líneas y polígonos y mediante la agrupación y digitalización de materiales con características en común se delimito las litologías existentes, obteniendo el mapa geológico local a escala 1:2500 con su respectiva leyenda.

5.3.4.1.2. Trincheras Geológicas



Método de Campo

El reconocimiento preliminar y descripción de afloramientos, permitió conocer la homogeneidad litológica del área de estudio, de manera que las trincheras se realizaron en puntos donde no existió la presencia de afloramientos para determinar en primer plano la litología predominante en el sector, y por otra parte reconocer las propiedades físicas del suelo “IN SITU” tales como: color, textura, humedad natural etc...

Las Trincheras se elaboraron de manera mixta, es decir mecánica, utilizando una retroexcavadora y manualmente mediante pala y barreta en base a la Norma NTP 339.162 (ASTM D-430).

Realizada la excavación se perfiló los flancos de la trinchera y se procedió a la toma respectiva de muestras alteradas cada 50 cm o cada cambio litológico evidenciado, hasta alcanzar una profundidad máxima de 2.5m. Cada muestra fue debidamente codificada, en la que consta el número de calicata, numero de muestra, registro fotográfico, responsable; adicionalmente se llevó un registro de la información mediante una ficha técnica donde se constata parámetros como: coordenadas, dimensiones nivel freático entre otros. La figura 21 muestra la ficha para el registro de datos de las trincheras geológicas.

Figura 21. Ficha técnica para la descripción de trincheras geológicas

			
Universidad Nacional de Loja			
Área de la Energía las Industrias y los Recursos Naturales No Renovables			
Carrera de Ingeniería en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial			
FICHA TECNICA DE TRINCHERAS			
DATOS	Código		
	Proyecto:	Caracterización Geológica-Geotécnica del Barrio San José de las Peñas, Parroquia Malacatos, Cantón y Provincia de Loja	
	Ubicación :	San José de las Peñas, Parroquia Malacatos.	
	Fecha:		
	Responsable	Alejandro Cuenca	
Coordenadas	Y	Z	
Descripción			
Dimensiones	Valores(m)	Muestra	A () I ()
Longitud	A	Cobertura Vegetal	Herbácea
Ancho	L	Nivel Freático	
Altura	H		
Registro fotográfico 1		Registro fotográfico 2	

Nota: Elaborado por El Autor, (2023)

5.3.4.2. Geología estructural

El levantamiento geológico estructural a escala regional se realizó por medio de fotointerpretación de imágenes satelitales, considerando criterios para el reconocimiento de

fracturas, expuestos en el “manual de Fotogeología” de Vergara, 1971. A su vez se consideró criterios de investigaciones previas como “Revisión morfoestructural y tectónica del norte de la cuenca Malacatos- Vilcabamba” expuesta por (Solís et al., 2017). Las estructuras locales fueron levantadas y verificadas en campo mediante el mapeo por afloramientos establecido previamente.

5.3.4.3.Elaboración de Perfil Geológico

Tras la confección del mapa geológico se realizó un perfil para determinar la posición de las litologías expuestas alcanzando la totalidad de unidades.

5.3.5. Metodología del tercer objetivo

“Determinar las condiciones geotécnicas del área de estudio.”

Para dar cumplimiento a este objetivo se realizó una campaña geotécnica a través de métodos indirectos y directos como SEV’s y SPT’s respectivamente, mismos que permitieron conocer las propiedades que presentan los suelos y zonificarlos en función de las mismas. Además, se realizó una evaluación rápida de daños en infraestructuras asentadas en el sector.

5.3.5.1.Caracterización geotécnica

5.3.5.1.1.Métodos indirectos

- Sondeo Eléctrico Vertical (S.E.V’s)

Metodología de Campo

Se realizó líneas SEV’s distribuidas de tal manera que abarque todas las litologías descritas en el mapeo geológico, y en sectores estratégicos donde se evidencio aparentemente mayores daños sobre el suelo.

Para la obtención de datos de la resistividad de los materiales se utilizó el resistivímetro de marca ABEM, modelo Terrameter SAS 400, el cuál es la unidad central donde se controla la inyección de corriente, potencial y configuración electródica; y mediante el arreglo tipo Schlumberger, en el cual la distancia de abertura entre los electrodos de AM y NB es la misma.

El procedimiento se llevó a cabo mediante la introducción de corriente continua en el terreno, a través de electrodos A y B denominados electrodos de corriente y M y N denominados

electrodos de potencial, Dichos electrodos fueron alineados horizontalmente a través de una línea recta, donde se fue aumentando progresivamente la distancia entre ellos conservando un punto fijo central, seguidamente se registró los datos en fichas técnicas donde se calcula la resistividad aparente y a su vez se elaboró la curva resistividad-distancia con ayuda de un papel bilogarítmico. La resistividad aparente se coloca en el eje de las ordenadas mientras que las distancias entre los electrodos de corriente y el punto central del sondeo se coloca o registra en el eje de las abscisas.

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

donde:

ρ_a : resistividad aparente en Ohmios por metro ($\Omega \cdot m$)

K : coeficiente del dispositivo Schlumberger (m)

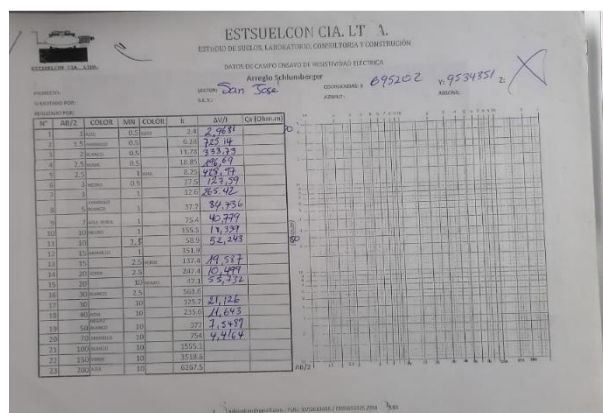
ΔV : diferencia de potencial en milivoltios (mv)

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

$$K = \frac{\pi(AB^2 - MN^2)}{4MN}$$

Cabe recalcar que la resistividad obtenida no corresponde a una unidad litológica concreta, sino más bien define al conjunto de materiales afectados, por el paso de corriente y se denomina resistividad aparente (ρ_a), dicha resistividad se correlaciona con tablas de geomateriales como la expuesta en la tabla 3. La figura 22 muestra la ficha técnica para el registro de datos en campo.

Figura 22. Ficha técnica para para registro de datos de campo en SEV's



Nota: Obtenido de ESTSUELCON, (2023)

Metodología de gabinete

Una vez levantada la información en campo se procesó los datos de cada una de las resistividades arrojadas por el equipo , dicha interpretación se la realizó en dos etapas que consistió en lo siguiente : En la primera etapa se interpretó cuantitativa y cualitativa de las curvas de los sondeos eléctricos verticales, la misma que consistió en una comparación manual de las curvas obtenidas en el campo con las curvas teóricas establecidas en los libros de Resistividad Eléctrica, escritos por los por los autores Orellana - Mooney y Pilaeb . Por otro lado, se utilizó el interpretador automático IP2WIN, mediante el cual se estableció los espesores de las capas y las resistividades correspondientes a cada una de ellas; para obtener estas curvas se ingresó en el programa los valores de $AB/2$, MN y ρ ($\Omega \cdot m$), considerando que el error de software sea menor al 3% obteniendo resultados más precisos.

5.3.5.1.2. Métodos directos

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

Metodología de Campo

Los sondeos se realizaron en función de las unidades litológicas descritas, se planteó al menos un sondeo por cada unidad litológica y otros dos fueron distribuidos en puntos estratégicos con finalidad de rescatar importante información a una profundidad de 6 metros aproximadamente. Dichos ensayos se realizaron bajo la norma ASTM-D1586

El ensayo de penetración estándar a través de las muestras recuperadas permite obtener un valor N_{SPT} el cual es equivalente a la resistencia a la penetración. El procedimiento consistió en colocar el trípode en el punto especificado previamente, se colocó el martillo en posición vertical anclado con un cable manual mismo que se encuentra suspendido del trípode con polea. Seguidamente se colocó la tubería de perforación en el punto y se dejó caer el martillo sobre el cabezote de la tubería de perforación hasta que penetre la profundidad requerida para tomar la muestra, luego se hincó un toma-muestras estándar (cuchara partida hueca y cilíndrica) en el terreno de 45 cm de longitud, posteriormente se contó el número de golpes necesarios para introducir un tramo de 15 cm.

Finalmente se llevó a superficie el muestreador (cuchara partida), donde se obtuvo la muestra alterada a cada metro de perforación, se procedió a etiquetar y colocar la muestra en recipientes sellados (fundas) para conservar su humedad natural y se llevó a laboratorio para

realizar los ensayos propuestos. Para el hincado es necesario considerar las especificaciones recomendadas y estandarizadas en la norma ASTM – D1586

Metodología de Laboratorio

Para complementar la información obtenida en campo y en función de los objetivos planteados, se realizó ensayos de laboratorio con muestras alteradas obtenidas a través de la recuperación de los sondeos (SPT). Para estos se aplicó la normativa ASTM, los cuales se detallan en la tabla 10.

Tabla 10. *Ensayos realizados de acuerdo a las normas ASTM*

Ensayos de Laboratorio	Norma
Contenido de Humedad	ASTM 2216-98
Límite líquido	ASTM 423-66
Límite plástico	ASTM 424-59
Granulometría	ASTM 421-58

Nota: Elaborado por El Autor, (2023)

- Correlación de resultados SPT

Una vez obtenidos los resultados del laboratorio, se procedió a correlacionar los datos del SPT para hacer la respectiva descripción con relación de la compacidad relativa de la arena, y la resistencia de los suelos cohesivos como se muestra en la tabla 11 y 12.

Tabla 11. *Estado de densificación de las arenas a partir del N del SPT*

N° de Golpes	Densidad Relativa (Dr, %)	Descripción de compacidad
0-4	0-15	Muy suelto
4-10	15-35	Suelto
10-20	35-50	Medianamente suelto
20-30	50-65	Medianamente denso
30-50	65-85	Denso
>50	>85	Muy denso

Nota: Obtenido de Aguilar, (2013). Modificado por El Autor, (2023)

Tabla 12. *Correlación del valor de N y la resistencia a la comprensión simple (qu)*

Suelos Finos		
N	Consistencia	Resistencia a comprensión simple (qu)(Kg/cm²)
< 2	Muy blanda	< de 0.25
2-4	Blanda	0.25-0.50
4-8	Medianamente compacta	0.50-1.00
4-15	Compacta	1.00-2.00
15-30	Muy compacta	2.00-4.00
>30	Dura	> de 4.00

Nota: Obtenido de Aguilar, (2013). Modificado por El Autor, (2023)

Los resultados de laboratorio mediante normativa ASTM fueron relacionados y analizados mediante tablas y fórmulas para determinar las propiedades de los suelos en cuanto a su consistencia, índice de liquidez, N° comportamiento de las arcillas. Dichas tablas y formulas 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: Limite Liquido

IP: Índice plástico

Wn: contenido de Humedad

Tabla 13. Consistencia relativa

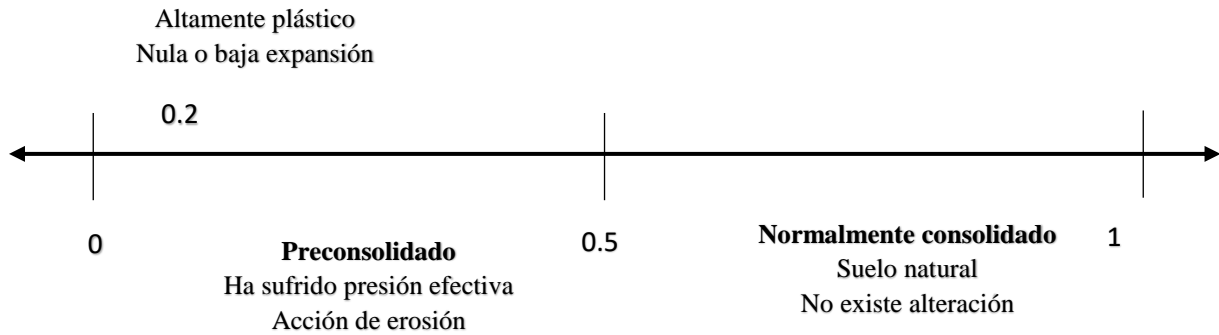
Intervalos	Descripción del suelo
0.00-0.25	Suelo muy blando
0.25-0.50	Suelo blando
0.50-0.75	Suelo de consistencia media
0.75-1.00	Suelo de consistencia rígida

Nota: Tomado de Gonzáles de Vallejo, (2002). Modificado por El Autor, (2023)

Índice de liquidez

El índice liquido permitió evaluar el comportamiento plástico de los suelos y obtener una idea de la historia de los esfuerzos a los que fueron sometidos. La evaluación de los suelos a través de los límites de Atterberg y mediante tablas comparativas se indican en la tabla 14.

$$IL: \frac{Wn - LP}{IP}$$



Donde:

IL: Índice de liquidez

Wn: Contenido de Humedad

LP: Limite plástico

IP: Índice de plasticidad

Tabla 14. Comportamiento de suelos en función del IL

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

Nota: Obtenido de Gonzáles de Vallejo, (2002). Modificado por El Autor, (2023)

Comportamiento de arcillas (A)

Es un valor adimensional que permitió determinar el comportamiento, actividad, potencial de cambio de volumen y el tipo de arcillas. Se lo determino mediante la siguiente ecuación

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

Tabla 15. Numero de actividad aplicada a los suelos plásticos

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

Nota: Obtenido de Skempton & MacDonald, (1956). Modificado por El Autor, (2023)

Tabla 16. *Valores típicos del comportamiento “A”*

Tipo de arcilla	Valor del Parámetro A de Skempton
Altamente Sensitiva	0.75 a 1.5
Normalmente consolidada	0.5 a 1.0
Arcilla arenosa compacta	0.25 a 0.75
Arcillas ligeramente sobreconsolidada	0.0 a 0.5
Arcillas gravosas compactas	-0.25 a +0.25
Arcillas muy sobreconsolidadas	-0.5 a 0.0

Nota: Obtenido de Skempton & Macdonald, (1956)

Tabla 17. *Criterios para determinar el cambio de volumen*

Cambio de volumen de las arcillas (Δv)	Límites de concentración (LC)	IP
Bajo	>12	0-15
Moderado	10-12	15-30
Alto	0-10	>30

Nota: Obtenido de Holtz & Gibbs, (1956)

Tabla 18. *Criterios para determinar el potencial expansivo*

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

Nota: Obtenido de Holtz & Gibbs, (1956)

5.3.5.2. Zonificación geotécnica

Para delimitar por zonas geotécnicas el barrio San José de las peñas se partió del mapa de clasificación de suelos a través de la correlación de resultados de los ensayos aplicados, Sondeos SPT's y SEV's, además de litologías observadas en campo. Una vez confeccionado el mapa de suelos por clasificación SUCS se procedió a unificar los datos tomando en consideración principalmente las litologías presentes en el mapeo geológico; los resultados de laboratorio de los sondeos SPT's como son granulometrías, contenidos humedad, carga admisible, clasificación SUCS; la interpretación litológica de los sondeos eléctricos verticales. A su vez también se tomó en consideración la topografía, la pendiente.

5.3.5.2.1. Descripción daños presentes en Infraestructuras

Metodología de Campo

Mediante la adecuación de la ficha técnica “Protocolo para la evaluación de daños en viviendas por emergencia y protocolo para valoración de casos extemporáneos” elaborado por la Ministerio de vivienda y asentamientos humanos de Costa Rica conjuntamente con la “guía

técnica del proceso de evaluación rápida de daños” aprobada por el Consejo Nacional para la Reducción de Desastres de Guatemala, se procedió a constatar los datos en campo sobre la severidad de los daños en cada vivienda.

Primeramente, se hizo la ubicación de la Infraestructura, seguidamente de una descripción general, eventos suscitados en el área, posteriormente las condiciones de la estructura con relación al terreno, el tipo de daño ya sea estructural o no estructural, las condiciones en el entorno, clasificación de los daños según la vivienda, clasificación de daños en el entorno, descripción del daño estructural, y finalmente un registro fotográfico. En la figura 23 se evidencia la ficha técnica para la evaluación en las viviendas.

Metodología de Gabinete

Una vez obtenidos los datos de campo se procedió a pasar la información a digital para tabular y clasificar las viviendas de acuerdo al tipo de infraestructura, tipo de daño en la vivienda, tipo de daño en el entorno, y la descripción total del daño presente en la estructura, haciendo uso del Microsoft Excel 2019.

Figura 23. Ficha técnica para la evaluación de daños en las infraestructuras de San José de las Peñas.

CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA GEOTÉCNICA DEL BARRIO SAN JOSÉ DE LAS PEÑAS, PARROQUIA MALACATOS CANTÓN Y PROVINCIA DE LOJA							
EVALUACIÓN DE DAÑOS EN INFRAESTRUCTURAS				Propietario: _____	Nr. de Evaluación: _____ / Fecha: _____		
1. UBICACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA							
Provincia:	Cantón:	Parroquia:	Barrio:	Ubicación Geográfica (UTM/WGS84/17S) X: _____; Y: _____; Z: _____	Área Urbana Área Rural		
2. DESCRIPCIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA							
Uso de la Infraestructura Vivienda Unifamiliar <input type="checkbox"/> Vivienda Multifamiliar <input type="checkbox"/> Industrial/Comercio <input type="checkbox"/> Educativo <input type="checkbox"/> Salud <input type="checkbox"/> Religioso <input type="checkbox"/>	Sistema de eliminación de excretas Alcantarillado <input type="checkbox"/> Fosa séptica <input type="checkbox"/> Pozo ciego <input type="checkbox"/> Letrina <input type="checkbox"/> Aire libre, río, quebrada <input type="checkbox"/> Otro <input type="checkbox"/>	Configuración Estructural Concreto reforzado <input type="checkbox"/> Mampostería <input type="checkbox"/> Madera <input type="checkbox"/> Adobe <input type="checkbox"/> Tapia <input type="checkbox"/> Bahareque <input type="checkbox"/>	4. CONDICIONES DE LA EXTRUCTURA CON RELACIÓN AL TERRENO Nombre de la condición Asentamiento diferencial o hundimiento <input type="checkbox"/> Corrimiento del suelo <input type="checkbox"/> Agrrietamiento del suelo <input type="checkbox"/> Deslizamiento o movimiento de ladera <input type="checkbox"/> Falla o colapso del talud <input type="checkbox"/> Otros _____				
3. EVENTO							
Nombre del Evento							
Deslizamiento <input type="checkbox"/> Inundación <input type="checkbox"/> Sismo <input type="checkbox"/> Volcánico <input type="checkbox"/> Viento fuerte <input type="checkbox"/> Asentamientos <input type="checkbox"/> Otros _____							
5. TIPO DE DAÑO							
Marcar con un círculo la casilla correspondiente a la evaluación del daño				Ninguno	Leve	Moderado	Grave
ESTRUCTURAL	1) Colapso de vivienda "Si se marca GRAVE entonces marcar la opción GRAVE en la sección 6 de este formulario. No es necesario completar el formulario."			0	N/A	N/A	12
	2) Socavamiento o grietas, en cimiento "Si se marca GRAVE entonces marcar la opción GRAVE en la sección 6 de este formulario. Debe completar el llenado del formulario."			0	N/A	N/A	6
	3) Caída, desplazamiento o giro de cerchas			0	3	6	9
	4) Grietas o desprendimientos en vigas "si se marca GRAVE, entonces marcar la opción GRAVE en la sección 6 de este formulario. Debe completar el llenado del formulario."			0	3	6	9
	5) Grietas o desprendimientos en columnas "si se marca GRAVE, entonces marcar la opción GRAVE en la sección 6 de este formulario. Debe completar el llenado del formulario."			0	3	6	9
	6) Grietas movimientos o giros, separación en paredes externas e inietras "si se marca GRAVE, entonces marcar la opción GRAVE en la sección 6 de este formulario. Debe completar el llenado del formulario."			0	2	4	6
	7) Pandeo, desprendimiento o grietas en entrepisos			0	3	6	9
ESTRUCTURAL	8) Rotura o caída de vidrios			0	N/A	4	6
	9) Caída o deformación de puertas o ventanas			0	N/A	2	3
	10) Caída, desprendimiento u obstrucción del sistema pluvial			0	N/A	2	3
	11) Separación u obstrucción del sistema sanitario			0	N/A	2	3
	12) Separación u obstrucción del sistema de agua potable			0	N/A	4	6
6. CLASIFICACIÓN DE DAÑOS EN LA VIVIENDA (MARCAR SOLAMENTE UNO)							
Ninguno <input type="checkbox"/> Leve <input type="checkbox"/> Moderado <input type="checkbox"/> Grave <input type="checkbox"/> (Si el cálculo da como resultado cero) (Si el cálculo da entre 1 y 25) (Si el resultado da entre 26 y 68) (Si el cálculo da entre 69 y 120)							
7. CLASIFICACIÓN DE DAÑOS EN EL ENTORNO (MARCAR SOLAMENTE UNO)							
Ninguno <input type="checkbox"/> Leve <input type="checkbox"/> Moderado <input type="checkbox"/> Grave <input type="checkbox"/> (Si el cálculo da como resultado cero) (Si el resultado da 3) (Si el resultado da entre 4 y 16) (Si el resultado da entre 17 y 33)							
8. DESCRIPCIÓN DEL DAÑO ESTRUCTURAL							
Daños en paredes y techos DAÑO LEVE HABITABLE <input type="checkbox"/>		Colapso Parcial Elementos Incluidos DAÑO MODERADO USO RESTRINGIDO <input type="checkbox"/>		Construcción Inclinada Colapso Total DAÑO GRAVE INHABITABLE <input type="checkbox"/>			
9. REGISTRO FOTOGRAFICO DE LA INFRAESTRUCTURA							
Nombre del Evaluador: _____							

Nota: Obtenido de CONRED & MIVAH, (2018). Elaborado por El Autor, (2023)

6. Resultados

6.1.Resultados del primer objetivo

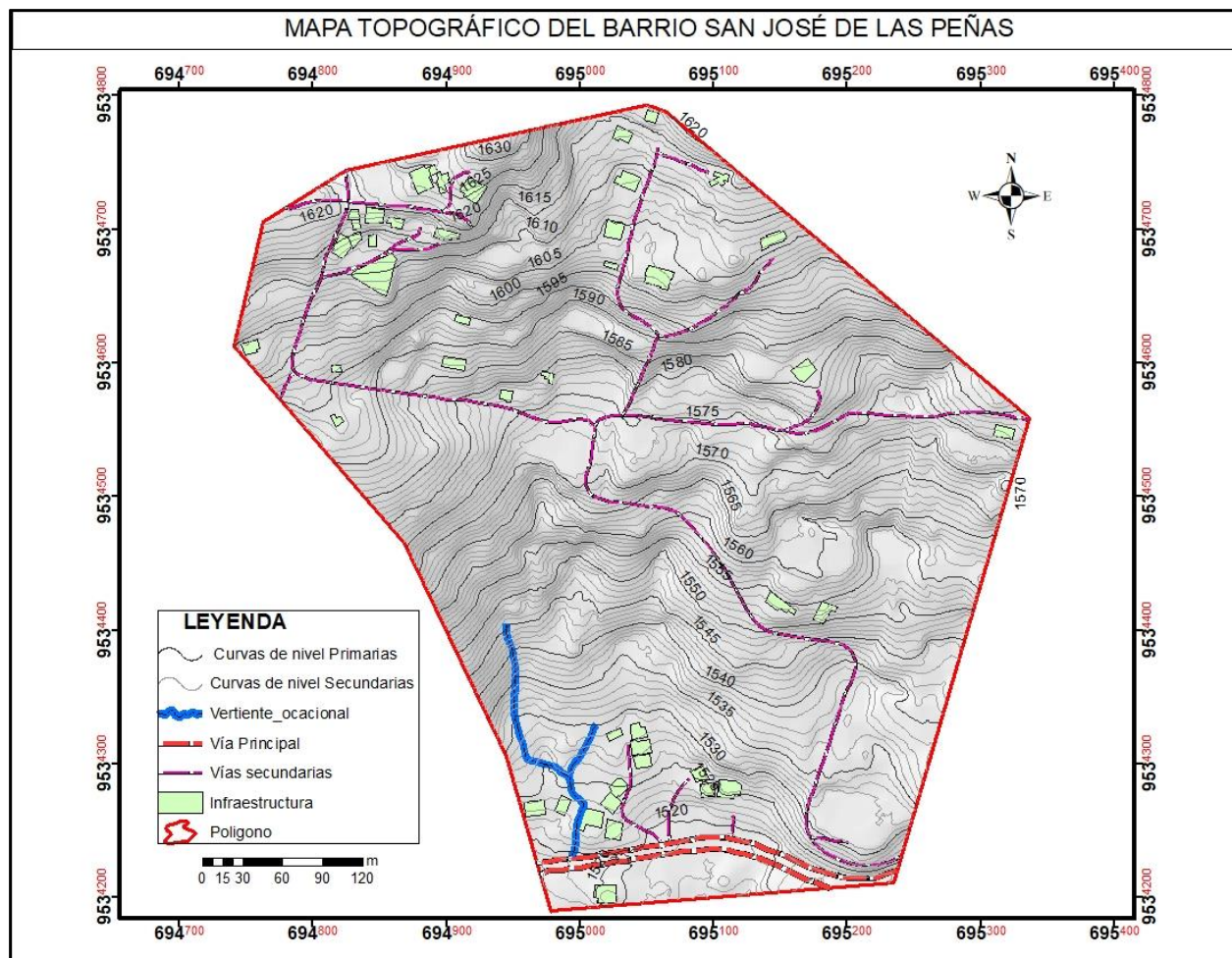
6.1.1. Topografía

Se realizo el levantamiento topográfico del Barrio San José de las Peñas, parroquia Malacatos teniendo como punto de partida la coordenada UTM WGS84/17S X: 695332.4689; Y: 9534737.1361; Z: 1676.7439msnm.

Las curvas de nivel principales se representan cada 5m, y las secundarias cada 1m obteniendo un relieve de terreno irregular con altitudes que oscilan entre 1496 m.s.n.m (Cota más baja) y 1639 m.s.n.m(cota más alta) abarcando un área total de 22.58 ha.

En el mapa topográfico se tomó en consideración, la infraestructura presente en el área, refiriéndose a viviendas, cuya distribución en el área es de 42; se complementó con la red hídrica, considerando vertientes ocasionales en periodos de invierno, se representó las vías de acceso de Primer orden (vía Loja-Malacatos) y segundo orden (vías de acceso al barrio). Con toda esta información se confecciono el mapa topográfico a escala 1:2500. El anexo 1 y 2 muestran la ortofoto y el mapa de resultados del levantamiento Topográfico. La figura 24 muestra la topografía del Barrio San José de las Peñas.

Figura 24. Topografía del Barrio San José de las Peñas



Nota: Elaborado por El Autor, (2023)

6.1.2. Pendiente

A partir del DEM (Modelo de elevación digital), generado con las curvas de nivel del levantamiento topográfico y la delimitación del área de estudio, se obtuvo el mapa de pendientes en grados, haciendo uso de las herramientas tipo SIG (ArcGIS). Las pendientes fueron reclasificadas en cuatro categorías haciendo uso de la metodología propuesta por Demek, (1972), como se muestra en la tabla 19 y el mapa de pendientes a escala 1:2500, presente en la Anexo 3.

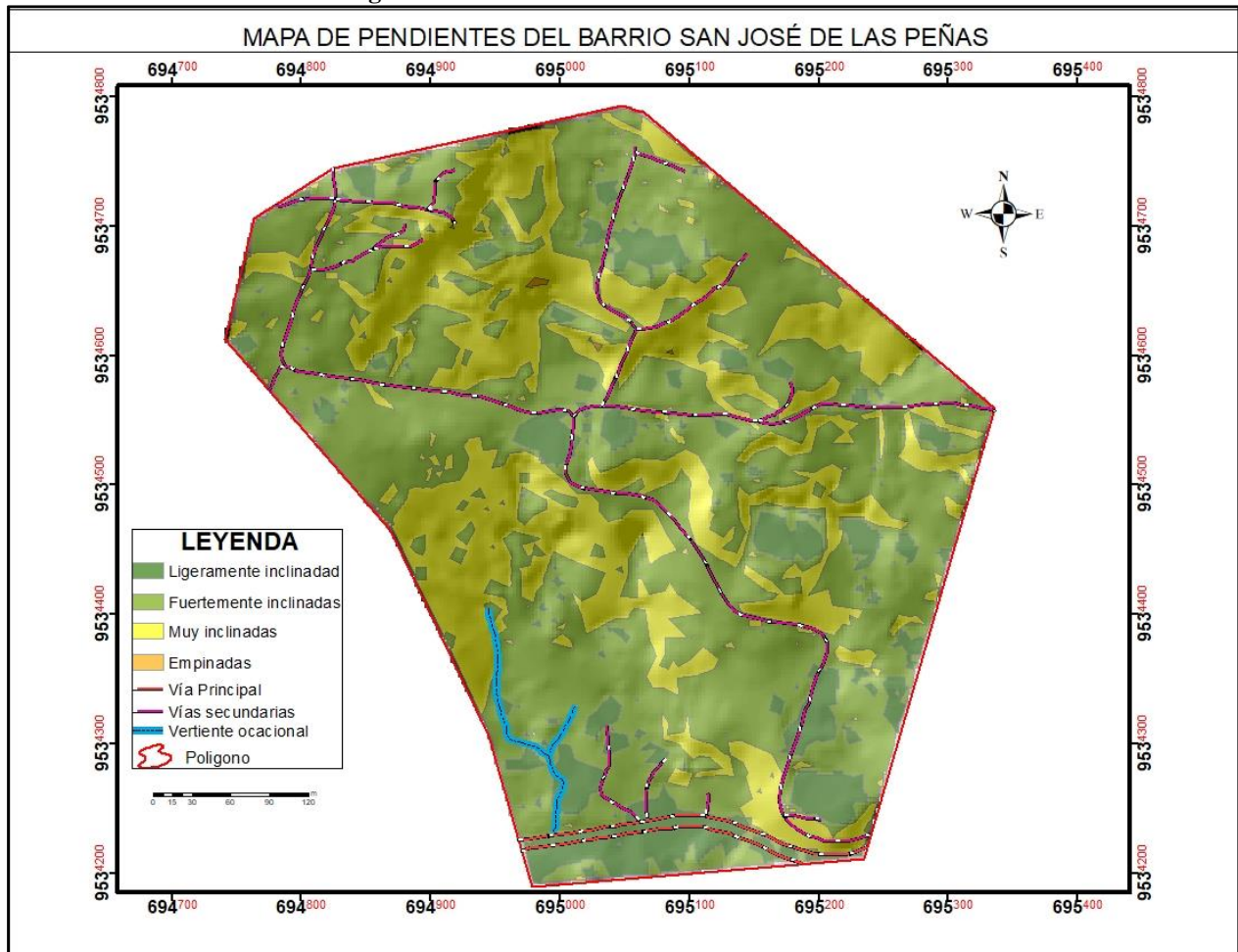
Tabla 19. Rango de pendientes Metodología de Demek

Pendientes San José de las Peñas (Metodología de Demek)			
Clases	Rango (°)	Área (Ha)	Porcentaje (%)
Ligeramente inclinadas	0-5°	2.53	11.22
Fuertemente inclinadas	5-15°	12.87	57.00%
Muy inclinadas	15-35°	7.17	31.73%
Empinadas	35-42.79°	0.012	0.053%

Nota: Elaborado por El Autor, (2023)

Como se observa en la tabla 18 y figura 25, en la zona de estudio predomina una pendiente fuertemente inclinada, misma que oscila un rango de 5-15° y cubre un 57% del total del área estudiada, seguidamente una pendiente muy inclinada con un rango de 15-35° representando un 31.73%. las pendientes con un rango de 0-5° denominadas ligeramente inclinadas ocupan un 11.22% del área de estudio. Finalmente, en menor proporción con un rango de 35-42.79° las pendientes empinadas cubren un 0.053% de la superficie total.

Figura 25. Pendientes de San José de las Peñas



Nota: Elaborado por El Autor, (2023)

Así mismo empleando la metodología de Martínez y Mercado se reclasifico las pendientes en cinco categorías (ver tabla 20 y anexo 4), obteniendo como resultado que la zona de estudio predomina una pendiente con rango de 8.5 a 16.7° denominada terrenos inclinados, ocupando un 48.10% del área total, seguidamente una pendiente con un rango de 0-8.5° denominada terrenos planos o casi planos representan un 28.38%. las pendientes con un rango de 16.7-26.6° denominadas terrenos moderadamente escarpados ocupan un 27.72% del área de estudio. los terrenos escarpados con un rango de 26.6-36.9° ocupan un 1.79% y finalmente, con

un rango de 35-42.79° las pendientes denominadas terrenos muy escarpados cubren un 0.003% de la superficie total.

Tabla 20. Rango de pendientes Metodología de Martínez y Mercado

Pendientes San José de las Peñas (Metodología de Martínez y Mercado)			
Clases	Rango (°)	Área (ha)	Porcentaje (%)
Terrenos Planos o casi planos	0-8,5	6,41	28,38
Terrenos inclinados	8,5-16,7	10,86	48,10
Terrenos moderadamente escarpados	16,7-26,6	4,90	21,72
Terrenos escarpados	26,6-36,9	0,40	1,79
Terrenos muy escarpados	>36,9	0,003	0,01

Nota: Elaborado por El Autor, (2023)

6.1.3. Geomorfología

A partir de la fotointerpretación y observación directa en campo se pudo determinar y corroborar las unidades geomorfológicas presentes en el área de estudio, tomando como base el análisis de mapas tanto, topográfico, pendientes, y, litología. Como resultado de la correlación de variables, se determinó la unidad morfológica, pendiente, desnivel relativo, área y porcentaje que ocupa cada una de las geoformas identificadas. La tabla 21 muestra la distribución de las Geomorfológicas presentes en el sector. El mapa geomorfológico a escala 1:2500 se lo evidencia en la Anexo 5.

Tabla 21. Unidades geomorfológicas presentes en el barrio San José de las Peñas

Unidad geomorfológica	Desnivel relativo (m)	Pendiente (°)	Área (ha)	Porcentaje
Terraza alta	0-3	0-15	1.04	4.62
Coluvión antiguo	90	5-43	12.70	56.23
Vertiente Heterogénea	50	5-35	4.93	21.83
Piedemonte	100	5-35	3.91	17.31

Nota: Elaborado por El Autor, (2023)

6.1.3.1. Fluvial

Terraza alta

Esta geoforma se ubica en la zona baja del área de estudio, precisamente a lo largo de la vía Loja- Malacatos, Litológicamente está compuesta por materiales sueltos tipo coluvio-aluviales principalmente arcillas y areniscas, con pequeños clastos correspondientes a las formaciones aledañas posee un desnivel relativo 0 a 3 metros, con una pendiente predominante

de 0 a 15°. Esta geoforma abarca una superficie de 1.04 ha, equivalente al 4.62% del área en estudio, y se observa en la figura 26.

Figura 26. *Terraza alta*



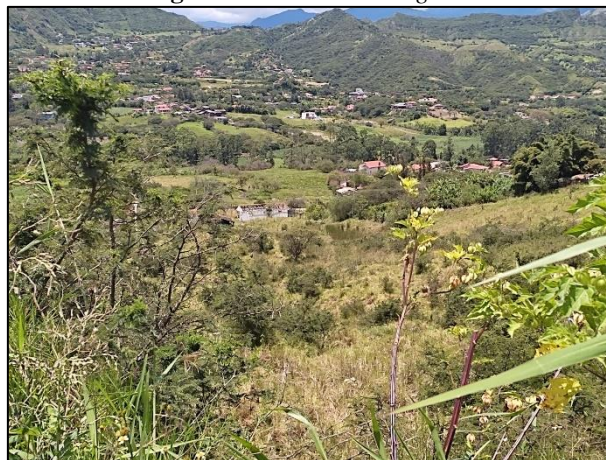
Nota: Elaborado por El Autor, (2023)

6.1.3.2. Laderas

Coluvión antiguo

Estas geoformas se ubican a lo largo de la zona de estudio, litológicamente están compuestas por suelos arcillo-arenoso, arcillo-limoso o areno-limoso y algunos fragmentos de origen metamórfico o volcánico procedentes de las formaciones aledañas, en su mayoría están cubiertas por una cobertura vegetal herbácea y arbustiva, zonas de cultivo semipermanente o pastizales, además presentan un desnivel relativo de 90 metros y una pendiente con un rango predominante de 5-43°. Esta geoforma abarca una superficie de 12.70 ha equivalente al 56.23% del área total en estudio, y se observa en la figura 27.

Figura 27. *Coluvión antiguo*



Nota: Elaborado por El Autor, (2023)

Vertiente Heterogenia

Estas geoformas se ubican en la parte media-alta de la Zona de estudio, litológicamente están compuestos por materiales sedimentarios como areniscas, arcillas lutitas, y finas láminas de yeso, presenta un desnivel relativo de 50 metros con una pendiente predominante de 5-35 °. Estas geoformas abarcan una superficie de 4.93 ha, correspondiente al 21.83 % del área total en estudio, y se observa en la figura 28.

Figura 28. *Vertiente Heterogenia*



Nota: Elaborado por El Autor, (2023)

Piedemonte

Esta geoforma se ubica en la parte alta de la Zona de estudio, litológicamente están compuestos por areniscas, arcillas, clastos volcánicos y metamórficos pertenecientes, presenta un desnivel relativo de 100 metros con una pendiente predominante de 5-35° como se evidencia en la figura 54. Estas geoformas abarcan una superficie de 3.91ha, correspondiente al 17.31 % del área total en estudio, y se evidencia en la figura 29.

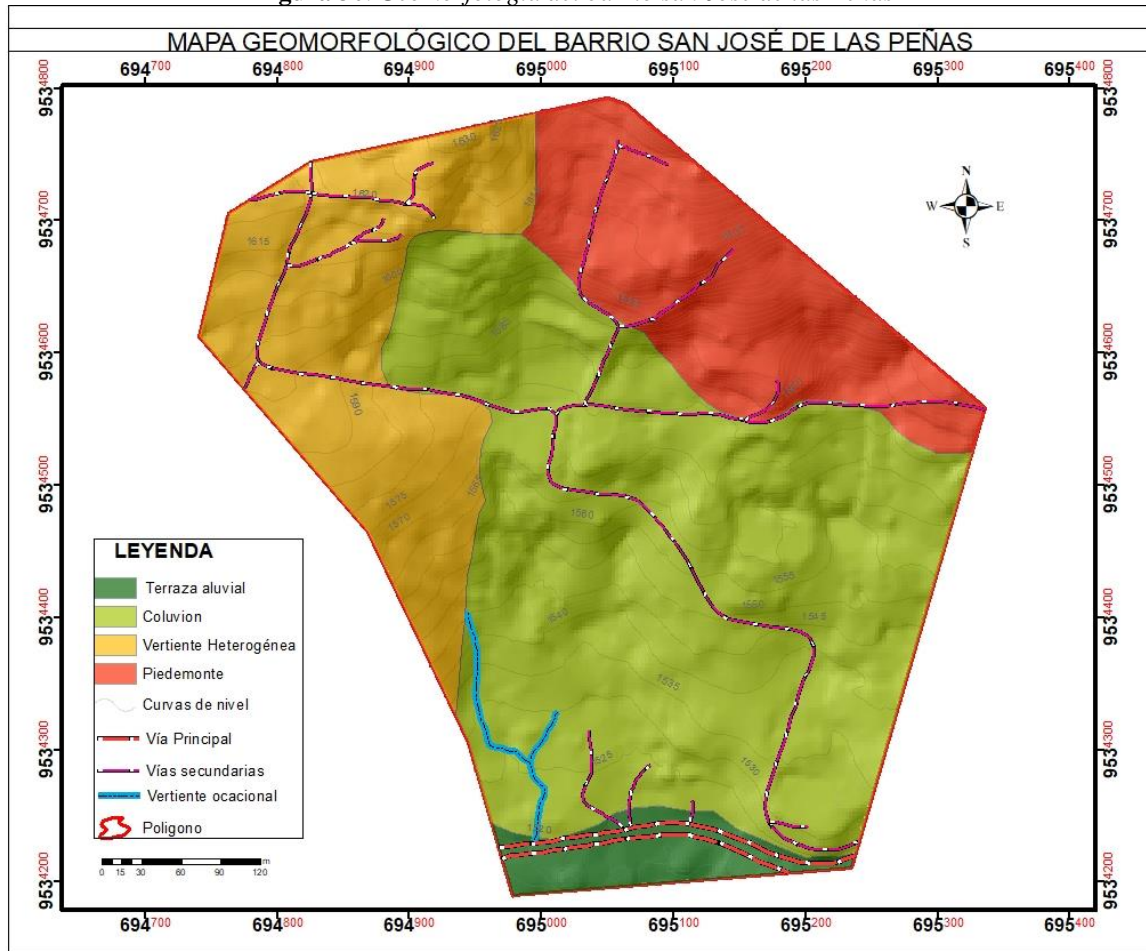
Figura 29. *Piedemonte*



Nota: Elaborado por El Autor, (2023)

La figura 30 muestra las geformas presentes en el barrio San José de las Peñas

Figura 30. Geomorfología del barrio san José de las Peñas



Nota: Elaborado por El Autor, (2023)

6.1.4. Uso actual del Suelo

El manejo actual del suelo en el área de estudio, está distribuido en 8 categorías, mismas que se detallan a continuación. El anexo 6 muestra el mapa de uso actual del de San José de las Peñas

Cultivos anuales: representan un 1.05% del área de estudio, y son zonas destinadas principalmente al cultivo de maíz o yuca.

Figura 31. *Cultivos anuales/ maíz*



Nota: Elaborado por El Autor, (2023)

Cultivo Semipermanente: Zonas agrícolas donde encontramos diversos tipos de cultivos, en los que resaltan la caña de azúcar, guineo, árboles frutales, Esta zona de cultivos cubre una superficie de 47,17% del área de estudio. En la figura 43 se observa áreas destinadas al cultivo, en este caso parcelas de caña de azúcar.

Figura 32. *Cultivos semipermanentes/Caña de Azúcar*



Nota: Elaborado por El Autor, (2023)

Pastizales: El área de estudio un 18.25% son zonas dedicadas a pastizales, principalmente chilena y kikuyo. Estos pastos son utilizados por ganadería de baja escala principalmente bovinos y equinos pertenecientes a familias del sector. En la figura 44 evidenciamos parcelas establecidas para pastizales.

Figura 33. *Área de Pastizales/ chilena, Kikuyo*



Nota: Elaborado por El Autor, (2023)

Vegetación arbustiva: Representa un 15.68% del área en estudio y se caracteriza por la presencia de árboles principalmente faiques originarios del lugar y eucaliptos.

Figura 34. *Vegetación Arbustiva*



Nota: Elaborado por El Autor, (2023)

Vegetación Herbácea: Representan un 6.87% del área en estudio y está cubierto por vegetación tipo matorrales a lo largo y ancho de la zona de investigación.

Figura 35. *Vegetación herbácea*



Nota: Elaborado por El Autor, (2023)

Infraestructuras o poblados: Corresponde a sectores con asentamientos humanos y representa un 3.45% de la zona en estudio, encontrándose viviendas de manera dispersas por toda el área.

Figura 36. *Infraestructuras presentes en el área de estudio*



Nota: Elaborado por El Autor, (2023)

Infraestructura vial: Representa un 4.33 % del área en estudio y está conformado por vías de segundo orden que dan acceso al barrio y vías de primer orden misma que conecta a la ciudad de Loja con la parroquia Malacatos.

Figura 37. Infraestructura vial de San José de las Peñas



Nota: Elaborado por El Autor, (2023)

Área sin cobertura vegetal: corresponde a zonas destinadas al planteo de nuevas edificaciones, por ende, se observa el retiro de la cobertura vegetal. Estas representan un 3.19% del área total.

La tabla 22 muestra la distribución de los resultados del uso actual del suelo del barrio San José de las Peñas.

Tabla 22: Distribución del uso actual del suelo en San José de las Peñas

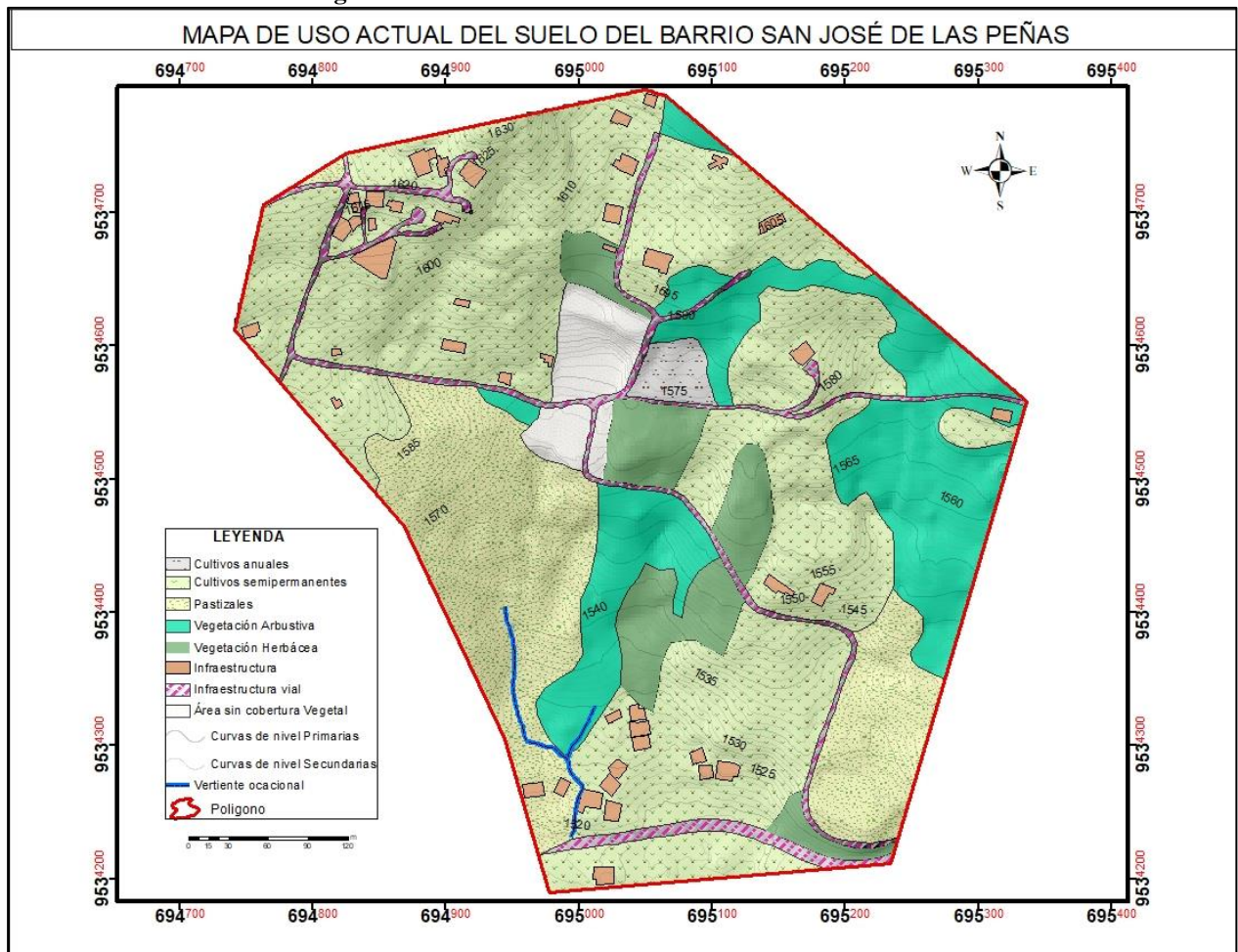
Descripción	Área (ha)	Porcentaje (%)
Cultivos anuales	0,24	1,05
Cultivo Semipermanente	10,65	47,17
Pastizales	4,12	18,25
Vegetación arbustiva	3,54	15,68
Vegetación herbácea	1,55	6,87
Infraestructuras	0,78	3,45
Infraestructura vial	0,98	4,33
Área sin cobertura vegetal	0,72	3,19

Nota: Elaborado por El Autor, (2023)

Conforme a la tabla 22 los cultivos semipermanente representa el uso actual del suelo más representativo con una extensión equivalente a 47.17%, seguido de zonas de pastizales con un 18.25%, posteriormente se encuentra vegetación arbustiva con un 15.68%, vegetación herbácea con un 6.87%, infraestructura vial con un 4.33%, infraestructuras o poblados con un 3.45%, áreas sin cobertura vegetal con un 3.19% y finalmente cultivos anuales con un 1.05%.

En la figura 49 se muestra la distribución del uso actual del suelo del barrio San José de las Peñas.

Figura 38. *Uso actual del suelo San José de las Peñas*



Nota: Elaborado por El Autor, (2023)

6.2. Resultados del segundo objetivo

6.2.1. Geología Local

El área de estudio se encuentra en la parte central de la cuenca Sedimentaria de Malacatos, en las que afloran las formaciones, San José del Mioceno, San Francisco y depósitos coluviales del Cuaternario. En dichas formaciones predominan rocas sedimentarias, clastos volcánicos y metamórficos.

A partir del levantamiento de afloramientos (Anexo 7) y elaboración de trincheras (Anexo 8) se obtuvo el mapa geológico local el cual se encuentra en la Anexo 9, mismo que fue elaborado mediante Herramientas SIG (ArcGIS).

6.2.1.1. Formación San José

Se realizó una comparación entre los materiales encontrados y descritos en los afloramientos con los detallados en la carta geológica regional, y se estableció que existe una similitud con la información, por tanto, estos se corresponden a esta formación.

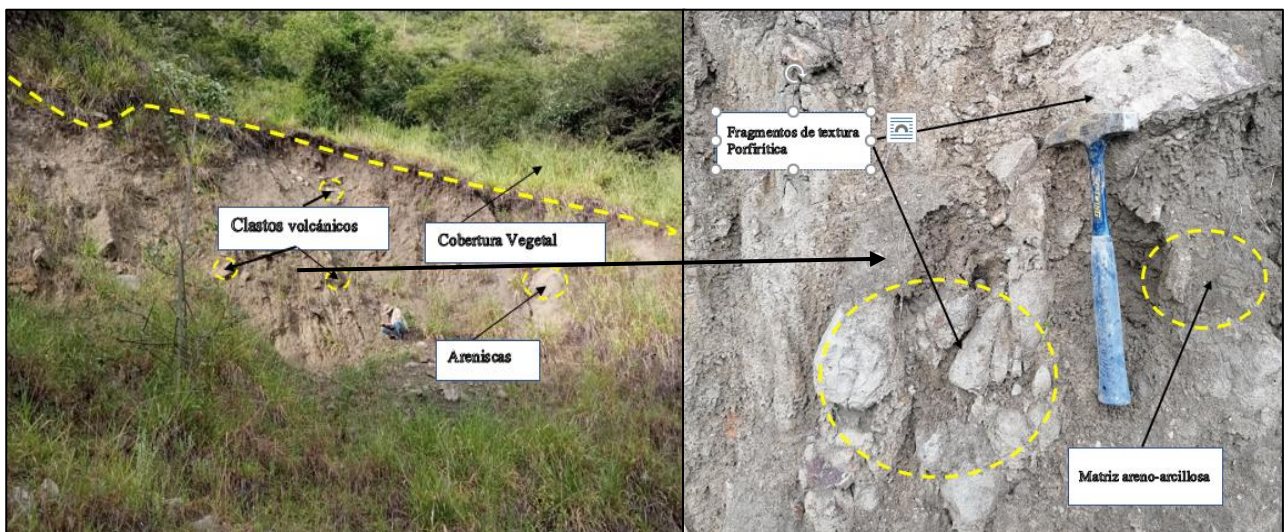
Clastos volcánicos, metamórficos con matriz areno-arcillosa

Afloran al NE del área de estudio dentro de la formación San José, correspondiente a la edad del Mioceno, y están en contacto con la formación San Francisco y depósitos coluviales.

En la figura 39 se evidencia la presencia Fragmentos de textura porfirítica con matriz areno-arcillosa, estos clastos subangulosos que van desde uno hasta los cincuenta centímetros y presentan un alto grado de meteorización debido a factores físico como sol, agua, aire y biológicos como raíces. La matriz areno-arcillosa presenta diferentes estadios de depositación y son de grano fino a medio. El Afloramiento no presenta una dirección preferencial y se encuentra en las coordenadas E- 695294; N- 9534624 (Datum WGS84-UTM/17S)

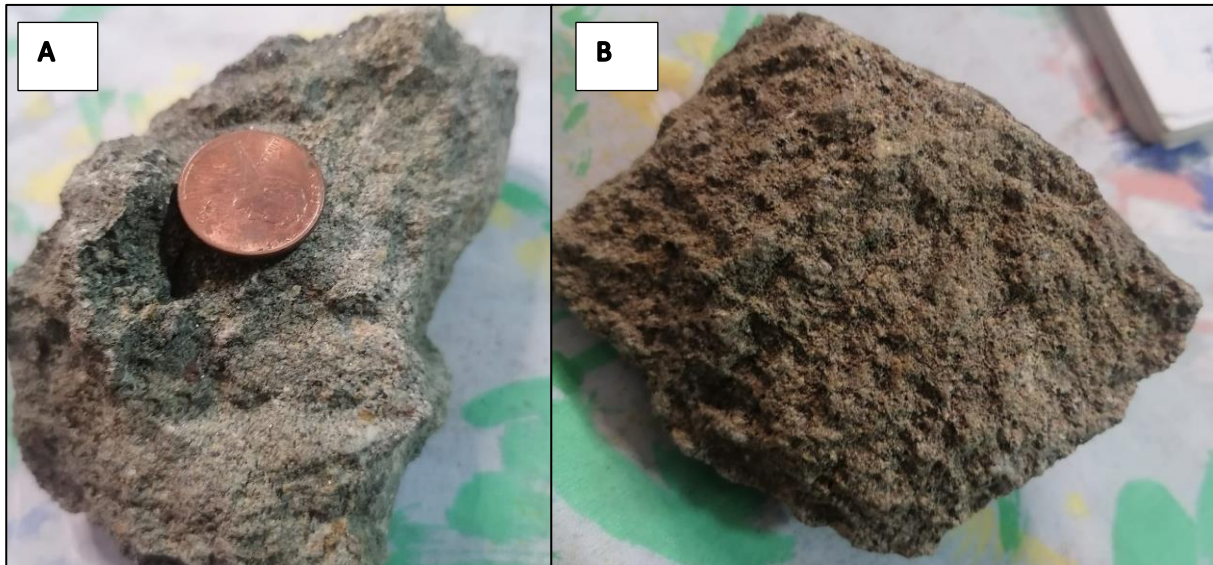
En la figura 40A evidenciamos una muestra de mano tipo andesita de grano fino con efervescencia de carbonato de calcio debido principalmente a reacciones químicas. En la figura 40B evidenciamos un clasto porfirítico tipo arena de grano medio a grueso con alto grado de compactación, constituido por residuos de roca volcánica, su granulometría es heterogénea.

Figura 39. Afloramientos de clastos volcánicos y metamórficos con matriz areno-arcillosa



Nota: Elaborado por el Autor, (2023)

Figura 40. Muestras de mano. **A;** andesita de grano Fino; **B,** Arenisca de grano Grueso

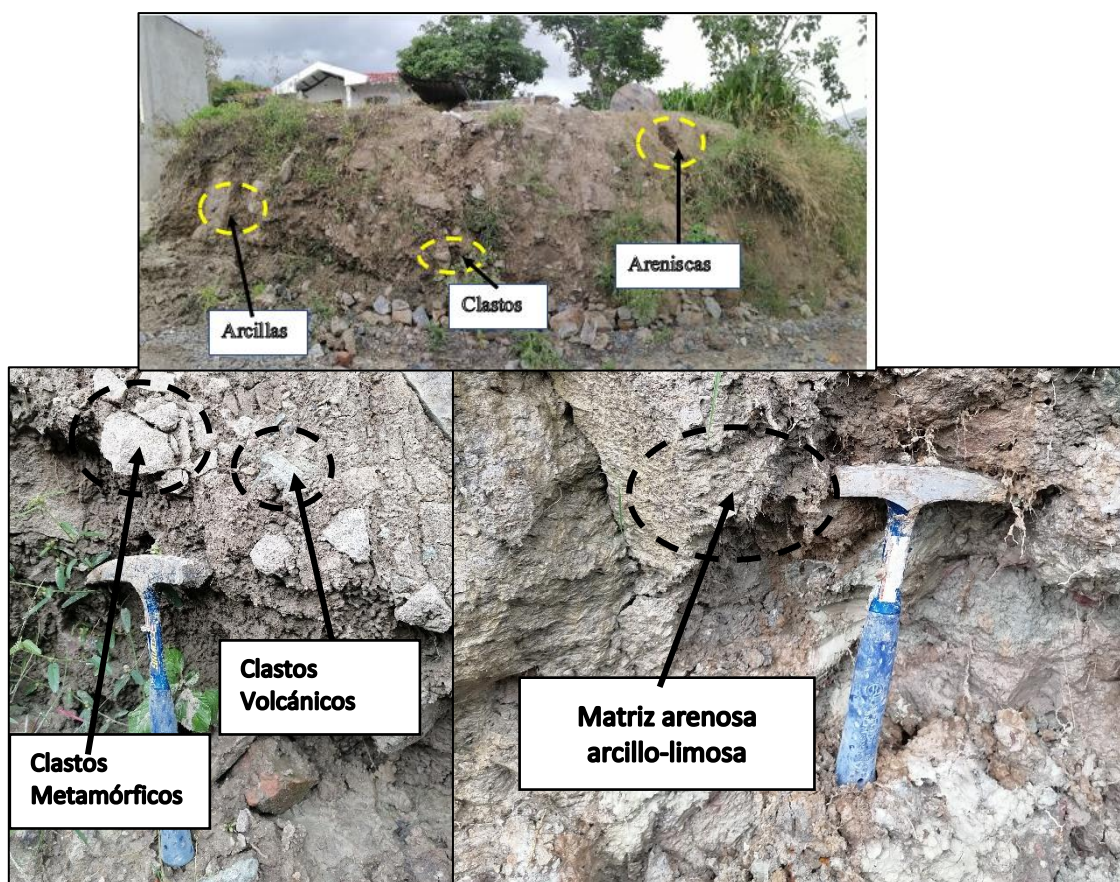


Nota: Elaborado por el Autor, (2023)

Clastos volcánicos, metamórficos con matriz arenosa y arcillo-limosa

Afloran al norte de la zona en estudio y corresponden a la formación San José. Esta unidad litológica no presenta una orientación definida y sus clastos sub-angulosos están envueltos en una matriz arenosa u arcillo-limosa. sus cantos metamórficos y volcánicos van de 3 a 50 cm de diámetro. En la figura 41 se evidencia clastos metamórficos tipo cantos de arenisca de grano medio a grueso y clastos volcánicos tipo andesita de grano fino color gris verdosa, el afloramiento está ubicado en las coordenadas E- 695037; N- 9534674, (Datum WGS84-UTM/17S).

Figura 41. Afloramiento tipo conglomerado de clastos volcánicos y metamórficos con matriz areno-arcillosa



Nota: Elaborado por El Autor, (2023)

6.2.1.2. Formación San Francisco

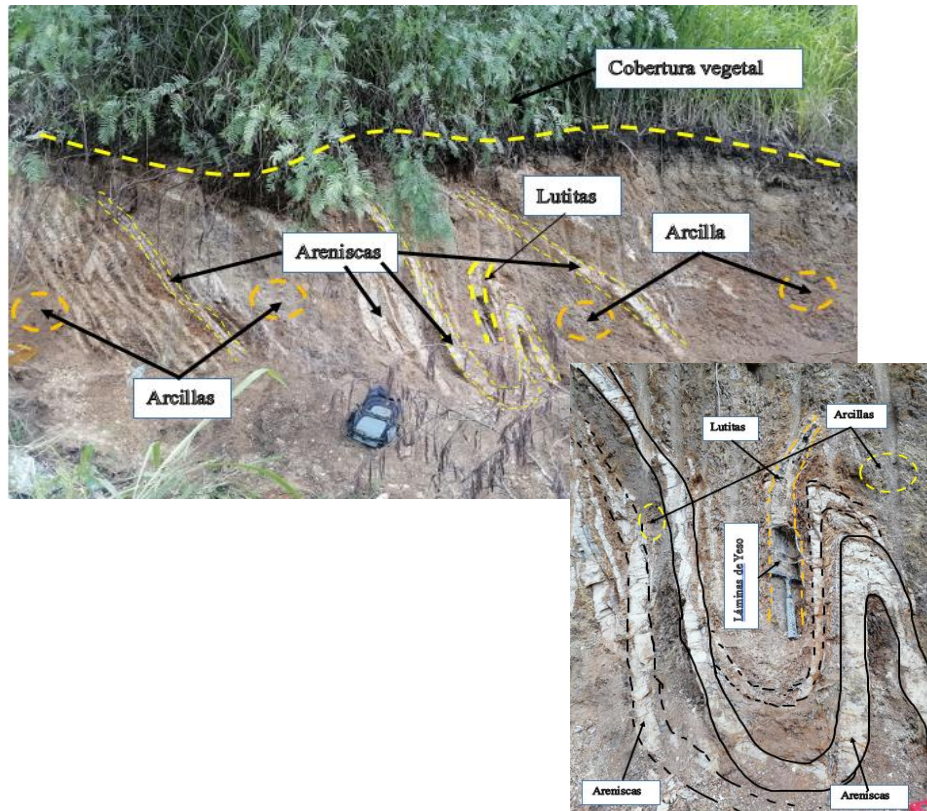
De acuerdo a la información obtenida del trabajo de campo a través de la ficha de afloramientos, se establece que los materiales encontrados muestran coherencia con los descritos en la carta geológica Gonzanamá, por lo tanto, se corresponden a la formación San Francisco, a continuación, se describe los principales hallazgos:

Intercalaciones de lutitas, arenisca, arcillas y láminas de yeso

Afloran al NW del área de estudio, dentro de la formación San Francisco, estas rocas sobreyacen a las rocas de la formación San José. Las lutitas que se encuentran en estos tramos presentan colores que van desde blanco a café oscuro, poseen una granulometría muy fina con alteraciones de óxidos de Hierro y manganeso y finas vetillas de yeso que oscilan de dos milímetros hasta dos centímetros, estas vetillas siguen la estratificación de las areniscas, arcillas y lutitas. Dichos materiales presentan una secuencia de depositación, regular puesto que están una sobre otra, estas a su vez se encuentran altamente meteorizadas y alteradas debido a la

intemperie y meteorización física y biológica. En la figura 42 se visualiza estratos plegados de arcilla, arenisca, lutitas y láminas de yeso ubicados en las coordenadas WGS84/17S, 694849mE; 9534605mN, con elementos de yacencia 299°/29NE y 56 ° /32SE.

Figura 42. Afloramientos de lutitas, areniscas, arcillas y finas láminas de yeso



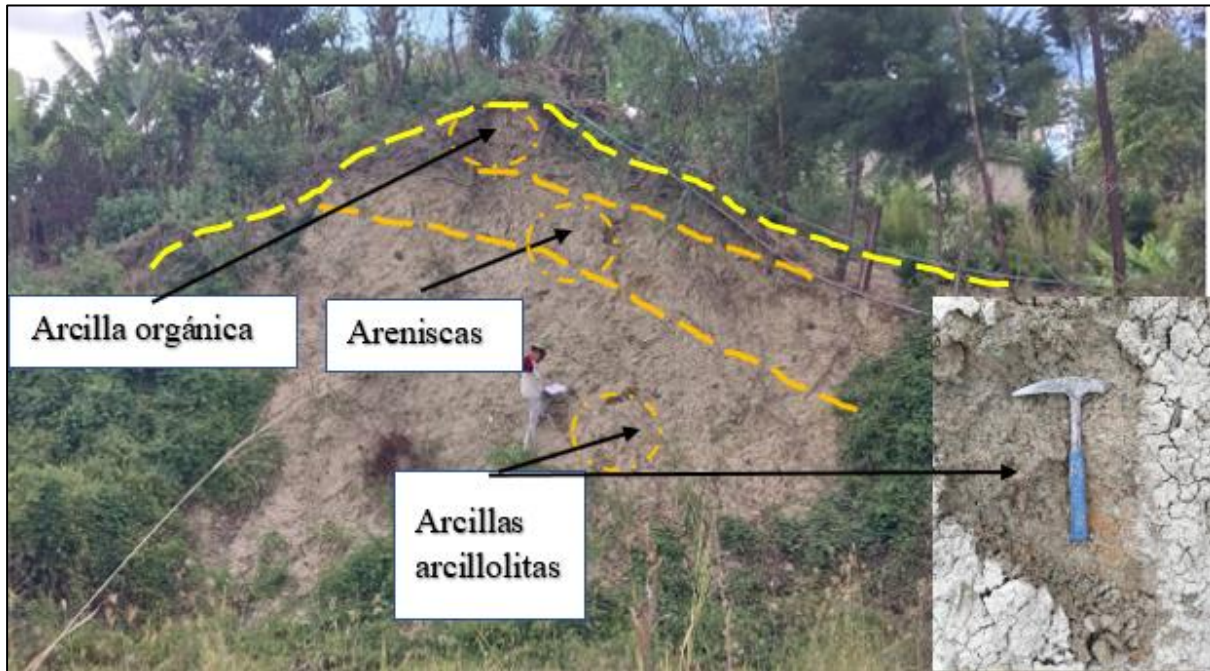
Nota: Elaborado por El Autor, (2023)

Intercalaciones de arcillas y areniscas

Las arcillas y areniscas de la Formación San Francisco se encuentran en secuencia sedimentaria junto a las lutitas, presentan colores claros y grises.

En la Figura 43 se evidencia arcillas color café oscuro producto de la capa superficial y humus del suelo, arcillas grises tipo arcillolitas y areniscas de tonalidad blanquecina o café claro, son de grano fino a medio. Las arcillas y areniscas presentes en este afloramiento presentan una estratificación sin embargo no es posible tomar elementos de yacencia; se encuentra en las coordenadas E-694930; N-9534690 (Datum WGS84-UTM/17S).

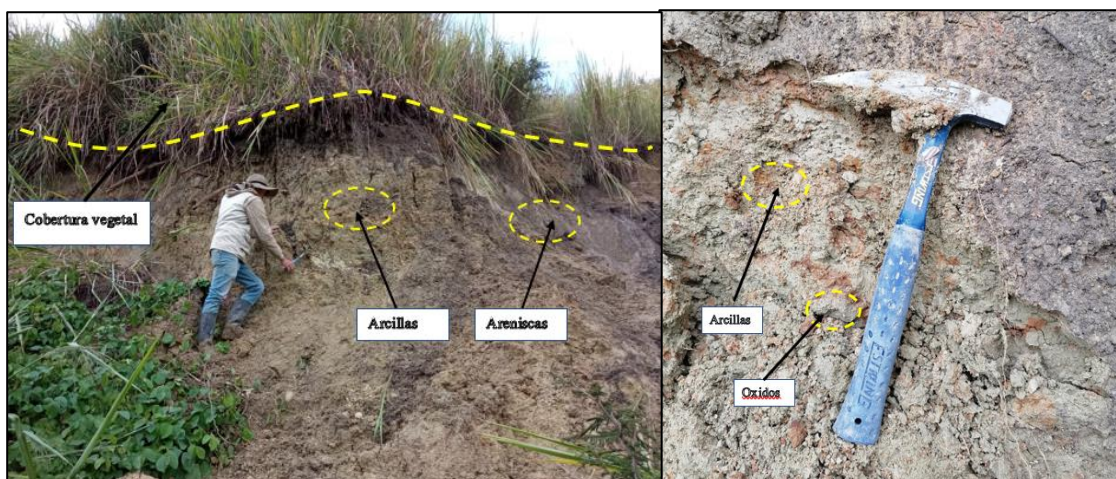
Figura 43. Afloramientos de arcillas y areniscas de grano fino a medio



Nota: Elaborado por El Autor, (2023)

En la figura 44 se evidencia materiales tipo arcillolitas y areniscas mismas que presentan tonalidades claras, amarillentas, rojizas o grises producto de alteración por óxidos, principalmente ferrosos. Por su parte las arenas presentan tonalidad café claro, son de grano fino a medio. Las arcillolitas y areniscas presentes en este afloramiento no presentan una dirección preferencial y se encuentra en contacto con los depósitos coluviales, en las coordenadas E-694992; N-9534656 (Datum WGS84-UTM/17S)

Figura 44. Afloramientos de arcillolitas y areniscas de grano fino a medio



Nota: Elaborado por El Autor, (2023)

6.2.1.3. Depósitos coluviales

Areniscas, arcillas y clastos

Presentes en la parte baja, al SE del área en estudio, presentan materiales poco consolidados del cuaternario con componentes de las rocas metamórficas y/o volcánicas de la Formación San José, estos depósitos subyacen a la formación San Francisco y San José.

En la figura 45 se evidencia un afloramiento compuesto principalmente por arcillas color negras y gris claro, areniscas blanquecinas y rojizas debido a la presencia de óxidos principalmente de Hierro, pequeños clastos angulosos y sub-redondeados de 2 a 5 cm. La capa orgánica está compuesta por suelo color negro debido a la alta presencia de Humus, donde su potencia es de 20cm. La cobertura vegetal es tipo herbácea y arbustiva.

En la figura 46 se evidencia un depósito masivo de coluviales compuesto por Arcillas color negro, areniscas de grano fino altamente compactadas y tonalidad clara, y clastos metamórficos angulosos que oscilan los 2 a 25 cm, debido a la disposición de los clastos y su angulosidad se asume que presentan un poco desgaste y transporte.

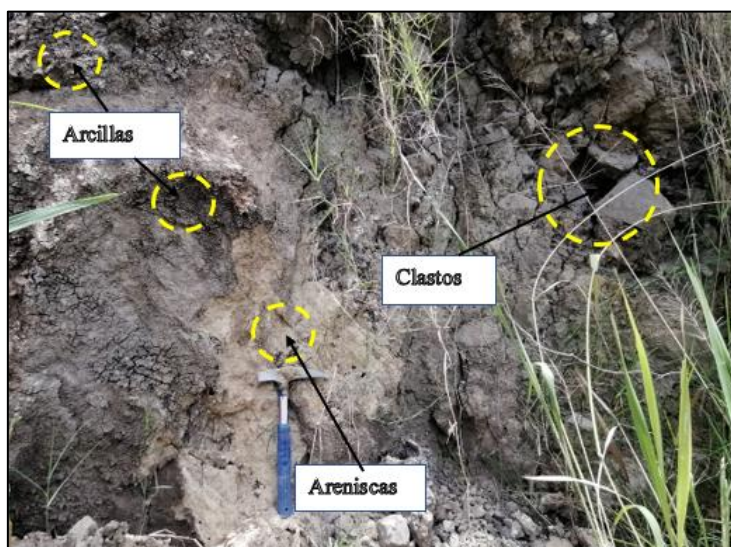
El afloramiento no presenta una orientación definida y se ubica en las coordenadas E- 695229; N- 9534220, (Datum WGS84-UTM/17S).

Figura 45. Depósito coluvial, compuesto por areniscas, arcillas y pequeños clastos angulosos



Nota: Elaborado por El Autor, (2023)

Figura 46. Deposito coluvial, compuesto por areniscas claras, arcillas negras y medianos clastos angulosos.



Nota: Elaborado por El Autor, (2023)

Trincheras Geológicas.

Dentro del estudio geológico se realizó trincheras geológicas distribuidas de manera sistemática. Dichas trincheras fueron elaboradas con la finalidad de complementar la información debido a la falta de afloramientos. Su elaboración fue mixta, es decir mecánica y manualmente por medio de retroexcavadora, pala y barretas. La elaboración de estas trincheras nos permitió conocer más a detalle el material en el subsuelo, hasta 2.5 m de profundidad, donde se pudo constatar la información levantada en afloramientos, además de ello la humedad presente en cada una de ellas. Su ubicación geográfica se establece en la tabla 23.

Tabla 23. Ubicación Geográfica de las trincheras Geológicas

N	Ubicación (DATUM, WGS84/17S)		
	X	Y	Z
Trinchera 1	694796	9534723	1641
Trinchera 2	694966	9534570	1588
Trinchera 3	694963	9534243	1538
Trinchera 4	695230	9534269	1554
Trinchera 5	695241	9534558	1604

Nota: Elaborado por El Autor, (2023)

Para la primera trinchera se determinó que el tipo de suelo corresponde a depósitos lodolíticos o lodolitas, no se presenta un nivel freático y los suelos no presentan mayor humedad que la natural.

En la segunda trinchera se constató que son suelos arcillosos de tonalidad gris oscuro a negra con presencia de pequeños clastos de arenisca consolidada y un pequeño lente de arenisca

de tonalidad blanquecina. Se observó carbonatos dispersos adheridos a los suelos. Se pudo constatar mayor humedad con respecto a la trinchera uno.

En la tercera trinchera se identificó que son en su mayoría suelos arcillosos de tonalidad gris oscura a negra con clastos, en menor proporción son suelos arcillo arenosos con óxidos principalmente de hierro. En cuanto a la humedad se constató que presentan trazas de saturación debido que tienden a ser pegajosos en la mano al momento se manipular.

En la cuarta trinchera se pudo determinar que son suelos mayoritariamente arcillosos y arcillo-limosos con presencia de clastos subredondeados de origen metamórfico y fragmentos de roca volcánica con presencia de fenocristales. Al igual que en la trinchera 3 se pudo constatar que los suelos están muy húmedos existiendo una acumulación de 0.25m^3 de agua a las 24 horas.

En la quinta trinchera se identificó suelos en su mayoría areno-limosos con presencia de clastos de arenisca calcárea consolidada y fragmentos de origen volcánico. La excavación no presenta humedad considerable.

La figura 47 muestra la excavación realizada y la recolección de muestras para su posterior identificación litológica de materiales. La figura 48 muestra el perfil de la disposición de los materiales litológicos en la trinchera 3 ubicada al SW de la zona de estudio, específicamente en las coordenadas 694963mE; 9534243mN, (Datum WGS84-UTM/17S).

Figura 47. *Excavación y recolección de muestras en la trinchera 3*



Nota: Elaborado por El Autor, (2023)

Figura 48. Perfil litológico de la disposición de materiales en la trinchera 3

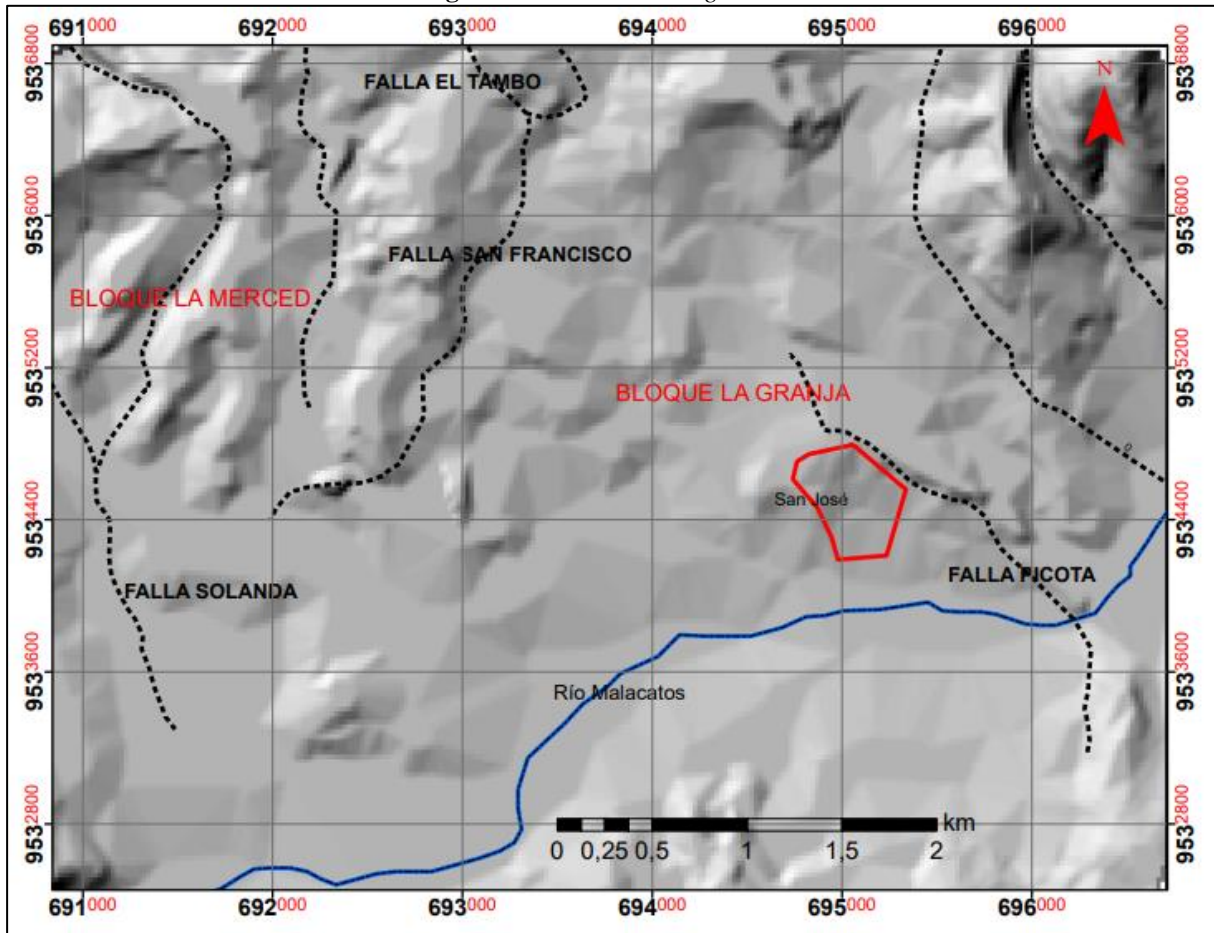
Potencia	Litología	Descripción
0.4m		Suelo organico
0.3m		Suelos arcillosos con alto contenido organico
0.3m		Suelo arcillo arenoso con presencia de óxidos de hierro
1m		Arcilla de tonalidad gris a negra, con pequeños clastos de origen metamorfico. Presencia de óxidos de manganeso.
0.7m		Arcillas con clastos de arenisca consolidada de grano fino a grano grueso

Nota: Elaborado por El Autor, (2023)

6.2.2. Geología estructural

Regionalmente la cuenca de Malacatos esta conformadas por 3 dominios; volcánico, metamórfico y sedimentario en el cual atraviesan fallas con dirección preferencialmente N-S. Dentro del área de estudio no atraviesan fallas regionales, sin embargo, al Norte, se encuentra la falla Picota con una dirección NW-SE con un buzamiento al NorEste. Al NW se encuentra la falla Sn Francisco, con dirección NE-SW y buzamiento vertical. En la figura 49 se observa la zona de estudio con las respectivas estructurales regionalmente establecidas por la carta geológica regional y Solís, (2017).

Figura 49. Estructuras regionales



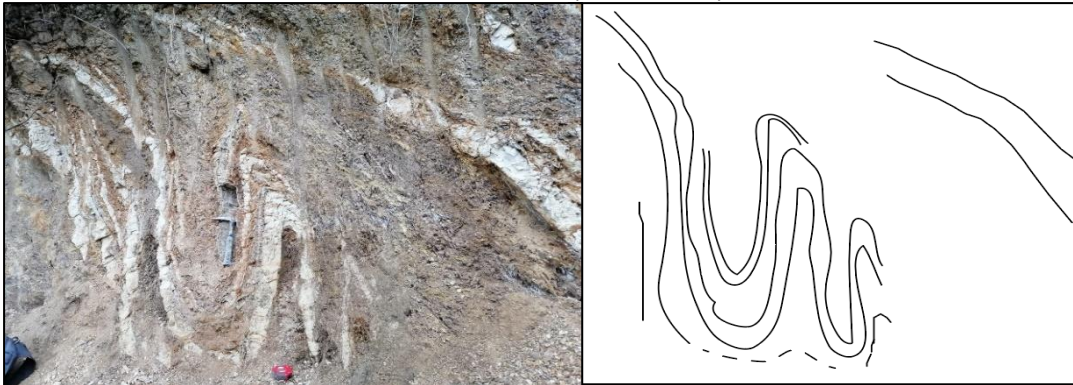
Nota. Obtenido de Solís & Carta geológica Gonzanamá (2017). Modificado por El Autor (2023).

De acuerdo a las investigaciones de Solís, (2017) el bloque la granja está limitada por 4 fallas regionales. Al Norte se encuentra la falla El Tambo, al Este la falla Vilcabamba, al Oeste la falla San Francisco y al Sur la Falla Picota.

Localmente debido a las condiciones geológicas, geomorfológicas, topográficas, mayoritariamente el área estudiada está cubierta por depósitos superficiales tipo suelos coluviales, por ende, no se puede identificar con facilidad rasgos estructurales de mayor importancia más allá de rocas plegadas y pliegues fallados pertenecientes a estructuras de carácter sedimentario.

En la figura 50 se observa un pliegue sinclínico definida por un conjunto de pliegues anticlinales y sinclinales compuesto litológicamente por intercalaciones de areniscas alteradas color blanquecino, arcillas cafés y grises, lutitas y finas láminas de yeso, geográficamente se encuentra en las coordenadas WGS84/17S, 694849mE; 9534605mN, cuyos flancos presentan los siguientes elementos de yacencia $299^{\circ}/29\text{NE}$ Y $56^{\circ}/32\text{SE}$.

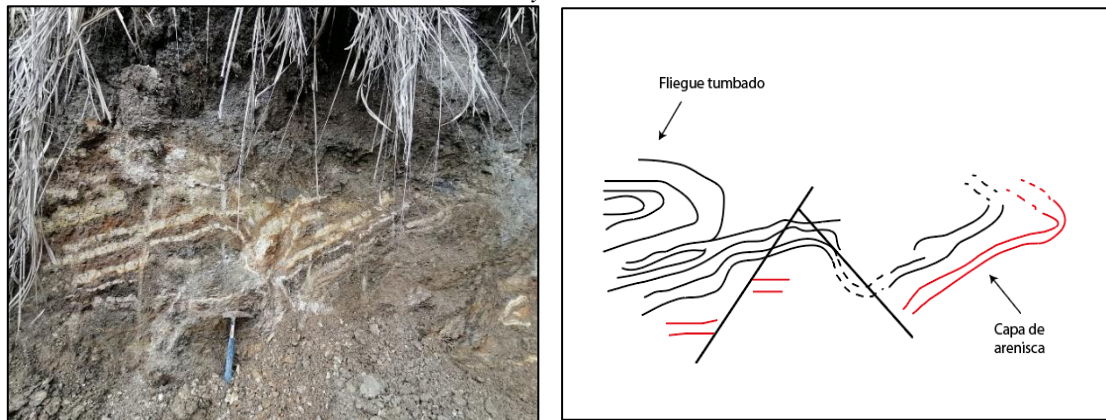
Figura 50. Pliegue sinclinorio presente en la formación San Francisco, compuesto por intercalaciones de areniscas, arcillas, lutitas y láminas de yeso.



Nota: Elaborado por El Autor, (2023)

En la figura 51 se evidencia estructuras asociadas al tectonismo, en este caso, un pliegue tumbado fallado compuesto por materiales sedimentarios como intercalaciones de areniscas blanquecinas, arcillas de tonalidad café claro a gris y finas vetillas de yeso de aproximadamente 2cm. Se lo asocia a un tipo de pliegue fallado, debido principalmente a la discontinuidad existentes en los estratos que componen sus flancos. Geográficamente se ubica en las coordenadas WGS84/17S, 695250mE; 9534263mN.

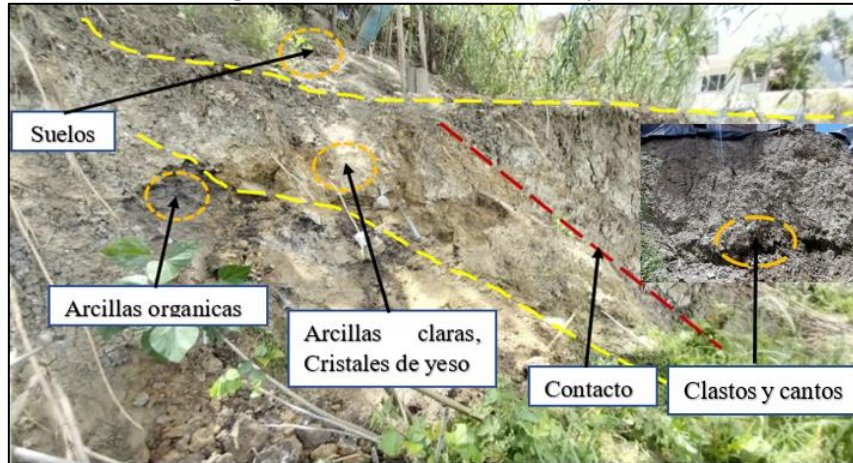
Figura 51. Pliegue tumbado-fallado compuesto por intercalaciones de areniscas, arcillas y finas vetillas de yeso.



Nota: Elaborado por El Autor, (2023)

Al norte del área de estudio (Ver figura 52) se identificó una zona de contacto entre materiales de la formación San José y los depósitos coluviales. Dicho contacto se ubica geográficamente en las coordenadas WGS84/17S; 695019mE, 9534672mN y una dirección de 80° /42SE.

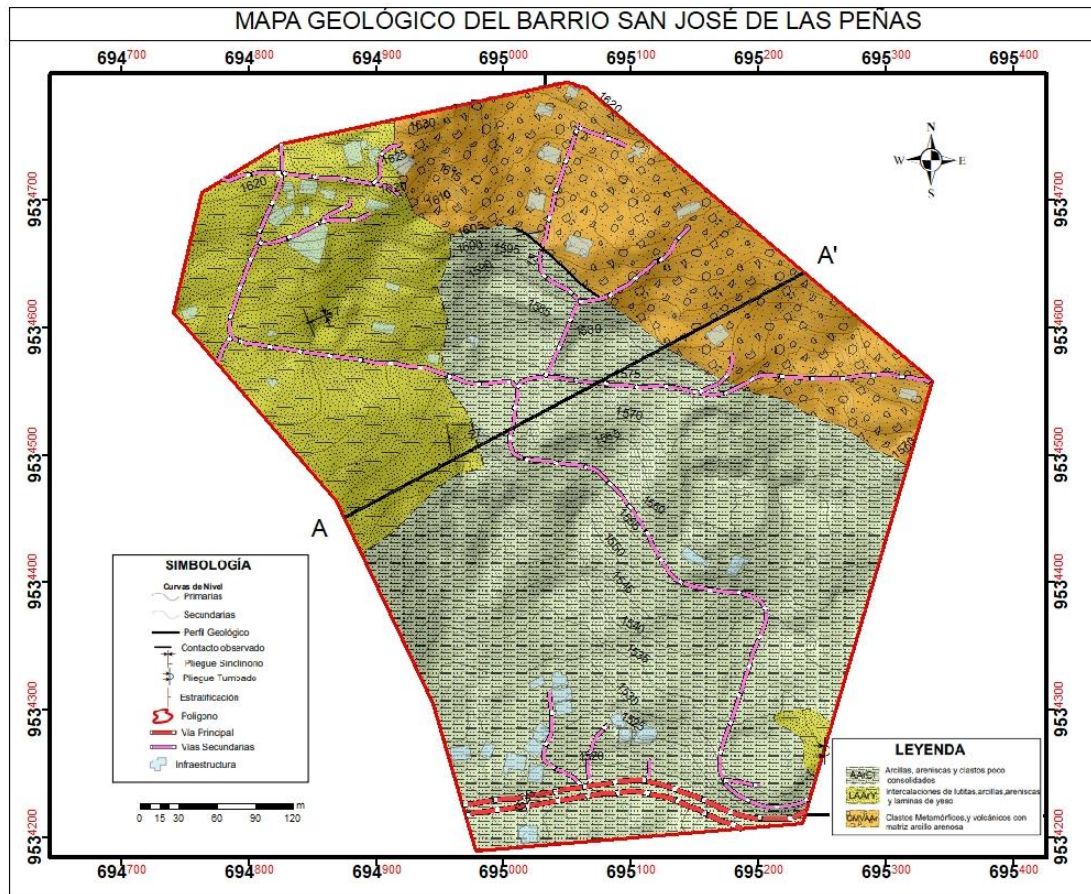
Figura 52. Zona de contacto identificada.



Nota: Elaborado por El Autor, (2023)

La figura 53 muestra la distribución litológica del área de estudio.

Figura 53. Geología del barrio San José de las Peñas

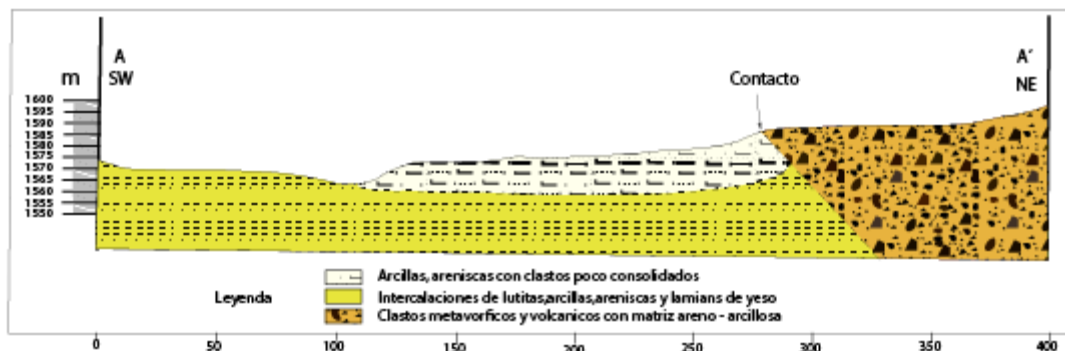


Nota: Elaborado por El Autor, (2023)

6.2.3. Corte geológico.

En la Figura 54 se presenta el corte geológico A-A' con una longitud topográfica de 400m y una orientación SW – NE. El corte A-A' atraviesa contactos inferidos entre materiales de la formación San Francisco que se constituye de intercalaciones de lutitas, arcillas, areniscas y láminas de yeso y materiales de la formación San José constituida por clastos metamórficos y volcánicos con matriz areno-arcillosa. Además, se evidencia depósitos coluviales de arcillas, areniscas y pequeños clastos.

Figura 54. Corte geológico del área de estudio



Nota: Elaborado por El Autor, (2023)

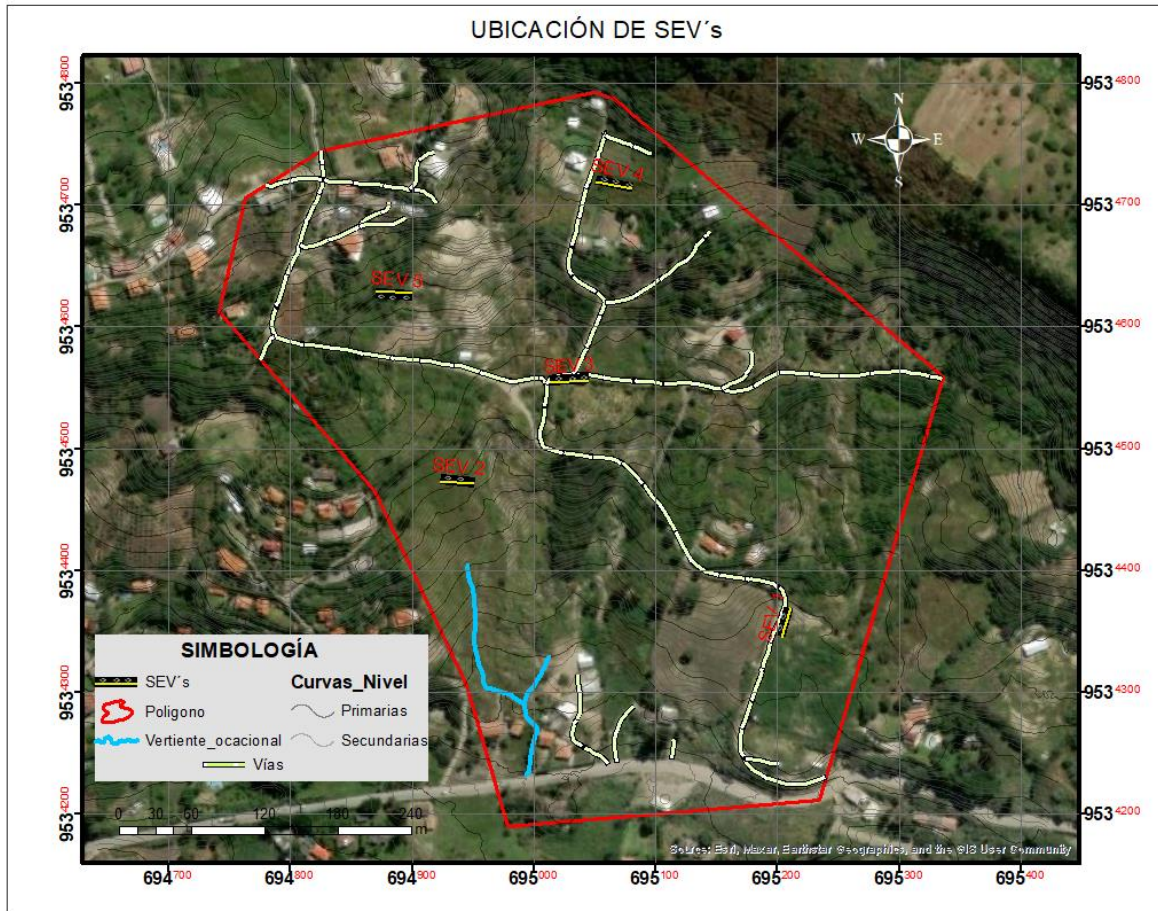
6.3. Resultados del tercer objetivo

6.3.1. Caracterización Geotécnica

6.3.1.1. Métodos indirectos

Se realizaron 5 sondeos eléctricos verticales (SEV's) distribuidos equitativamente en la zona alta, media, y baja con la finalidad de obtener datos sobre las resistividades de las litologías y realizar una correlación con tablas de resistividad eléctrica de los geomateriales. En la figura 55 y en la tabla 24 se representa la ubicación y coordenadas centrales de los SEV's, como también su apertura y dirección. El Anexo 10 muestra los datos obtenidos en campo de las líneas Sev's.

Figura 55. Ubicación de los sondeos eléctricos verticales en el área de estudio.



Nota: Elaborado por El Autor, (2023)

Tabla 24. Ubicación de las líneas de los sondeos eléctricos verticales (SEV's)

Línea SEV	Eje central			Apertura AB/2	Dirección (Azimutal)
	Norte(Y)	Este(X)	Cota(Z)		
Línea 1	695202	9534346	1544	70	35°
Línea 2	694923	9534475	1578	70	287°
Línea 3	695013	9534556	1583	100	275°
Línea 4	695051	9534721	1611	50	107°
Línea 5	694901	9534626	1601	70	258°

Nota: Elaborado por El Autor, (2023)

- **SEV 1**

Descripción general y resistividades obtenidas

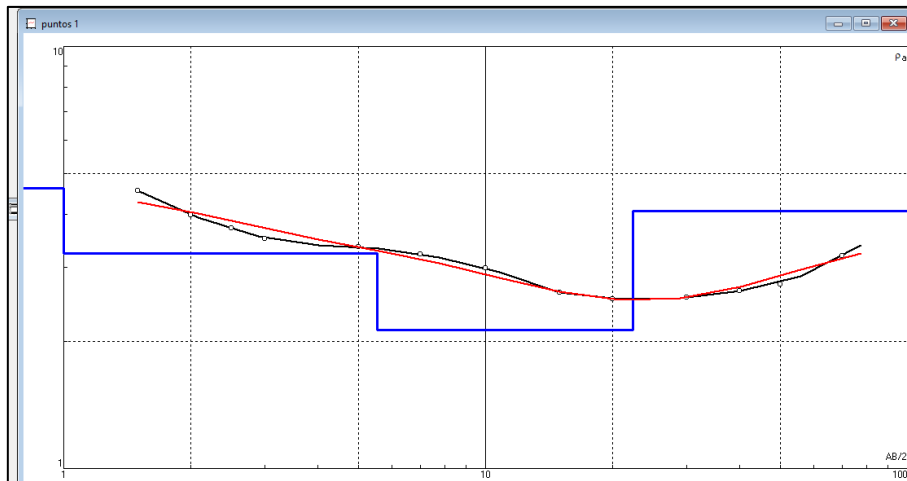
Esta línea se la realizó en el Sur Oeste del área de estudio en las coordenadas 695200mE 9534346mN, con una dirección N35°E y una apertura máxima de AB/2 de 70m y una profundidad estimada de 23.33 m. En la tabla 25 se observan los datos tomados en campo y en la figura 56 se observan los datos ingresados en el software para la respectiva interpretación.

Tabla 25. Datos obtenidos en campo para el SEV 1

Estación Punto	AB/2	MN/2	K	$\Delta v/I$	pa
1	1	0.5	2.36	0.002968	0.01
2	1.5	0.5	6.28	0.72514	4.56
3	2	0.5	11.78	0.33873	3.99
4	2.5	0.5	18.85	0.19669	3.71
5	2.5	1	8.25	0.42897	3.54
6	3	0.5	27.5	0.12759	3.51
7	3	1	12.6	0.26542	3.34
8	5	1	37.7	0.084736	3.19
9	7	1	75.4	0.040779	3.07
10	10	1	155.5	0.018339	2.85
11	10	2.5	58.9	0.052243	3.08
12	15	1	351.9	0	0.00
13	15	2.5	137.4	0.019587	2.69
14	20	2.5	247.4	0.010499	2.60
15	20	10	47.1	0.055732	2.63
16	30	2.5	561.6	0	0.00
17	30	10	125.7	0.021126	2.65
18	40	10	235.6	0.011643	2.74
19	50	10	377.0	0.007549	2.85
20	70	10	754.0	0.004416	3.33

Nota: Elaborado por El Autor, (2023)

Figura 56. Curvas de resistividad y error admisible- SEV 1




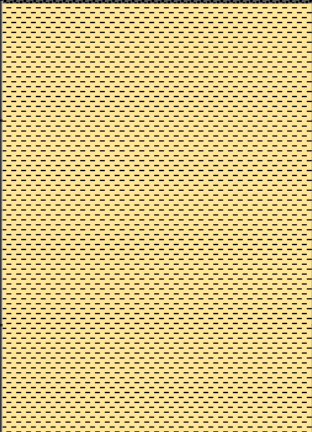
Nota: Elaborado por El Autor, (2023)

Análisis del perfil geoelectrico

Conforme a la figura 57 se determina que existen 4 capas. La primera corresponde a suelos tipo arcillas plásticas con arenas húmedas y pequeños fragmentos angulosos con una resistividad de 4.61 $\Omega.m$ y una potencia de 1 m, la segunda corresponde a arcillas plásticas con

arenas saturadas con una resistividad de 3.23 Ω .m y una potencia de 4.54 m; la tercera corresponde a arcillas con posibles trazas de saturación con una resistividad de 2.13 y una potencia de 16.8 m. Para la última capa se estima que existe la presencia de arcillas arenosas húmedas o saturadas con una resistividad equivalente a 4.07 Ω .m, donde evidenciamos también que el material empieza a subir de resistividad.

Figura 57. Corte geoelectrico – SEV 1

Nº de Capa	Resistividad (Ω . m)	Potencia (m)	Perfil estratigráfico	Descripción
A	4.61	1		Suelos tipo Arcillas plásticas con arenas húmedas y pequeños fragmentos angulosos
B	3.23	4.54		Capa de arcillas plásticas con arena saturadas
C	2.13	16.8		Arcillas con posibles trazas de saturadas
D	4.07	-		Arcillas arenosa húmedas

Nota: Elaborado por El Autor, (2023)

- SEV 2







Se realizo Sur oeste del área de estudio, específicamente en las coordenadas 694923mE; 9534475mN, con una dirección N73W, una apertura de AB/2 de 70m y una profundidad estimada de 23.33. Para visualizar los datos de campo y la curva de resistividad obtenida en el programa ver anexo 11.

Análisis del perfil geoelectrico

Conforme a la figura 58 se determina que existen 6 capas. La primera corresponde Material tipo suelos arcillosos húmedos de alta plasticidad con una resistividad de 8.06 Ω .m y una potencia de 1.24 m, la segunda corresponde a arcillas de alta plasticidad con una resistividad de 2.71 Ω .m y una potencia de 2.82 m; la tercera corresponde a una Capa de arcillas con arenas sueltas y pequeños fragmentos subangulosos con una resistividad de 2.64 Ω .m y una potencia de 6.36 m; la cuarta corresponde una capa de lutitas arcillosas típicas de la formación San Francisco con una resistividad de 7.69 Ω .m y una potencia de 6.33 m; la quinta capa

corresponde Arcillas, láminas de yeso con posibles trazas de saturación con una resistividad de 1.34 Ω .m y una potencia de 8.13 m. Para la última capa se estima que existe la presencia de arcillas con arena con una resistividad equivalente a 5.54 Ω .m.

Figura 58. Corte geoelectrico – SEV 2

Nº de Capa	Resistividad (Ω . m)	Potencia(m)	Perfil estratigráfico	Descripción
A	8.06	1.24		Material tipo suelos arcillosos húmedos de alta plasticidad
B	2.71	2.82		Capa de arcillas de alta plasticidad
C	2.64	6.36		Capa de arcillas con arenas sueltas y pequeños fragmentos subangulosos
D	7.69	6.33		Capa de lutitas arcillosas típicas de la formación San Francisco
E	1.34	8.13		Arcillas, laminas de yeso con posibles trazas de saturación
F	5.54	-		Capa de arcillas con arenas

Nota: Elaborado por El Autor, (2023)

- SEV 3

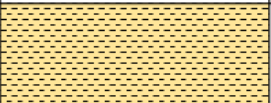


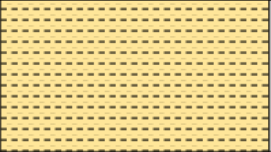


Se realizo en la parte central del área de estudio, en las coordenadas 695013mE; 9534556mN, con una dirección N85W, una apertura de AB/2 de 100m y una profundidad estimada de 33.33 m. Para visualizar los datos de campo y la curva de resistividad obtenida en el programa ver anexo 11.

Análisis del perfil geoelectrico

Conforme a la figura 59 se determina que existen 6 capas. La primera corresponde a arcillas húmedas de baja plasticidad arenosas con pequeños fragmentos subangulosos con una resistividad de 7.48 Ω .m y una potencia de 3.31 m, la segunda corresponde a Arenas sueltas y arcillas de alta plasticidad con una resistividad de 2.21 Ω .m y una potencia de 2.03 m; la tercera corresponde a una capa de materiales tipo bloque de areniscas con una resistividad de 13.4 Ω .m y una potencia de 4.73 m; la cuarta corresponde a arcillas con posibles trazas de saturación con una resistividad de 1.01 Ω .m y una potencia de 7.55 m; la quinta capa corresponde a una capa de materiales tipo bloque de areniscas con una resistividad de 12.9 Ω .m y una potencia

de 18.5 m. Para la última capa se estima que existe la presencia de arcillas con posibles trazas de saturación con una resistividad equivalente a 1.87 Ω .m.

Figura 59. Corte geoelectrico – SEV 3

N° de Capa	Resistividad (Ω . m)	Potencia (m)	Perfil estratigráfico	Descripción
A	7.48	3.31		Arcillas húmedas de diferente plasticidad arenosas con pequeños fragmentos subangulosos
B	2.22	2.03		Arenas sueltas y arcillas de alta plasticidad
C	13.4	4.73		Capa de materiales tipo bloque de areniscas
D	1.01	7.55		Arcillas con posibles trazas de saturación
E	12.9	18.5		Capa de materiales tipo bloque de areniscas
F	1.87	-		Arcillas . con posibles trazas de saturación

Nota: Elaborado por El Autor, (2023)

- SEV 4

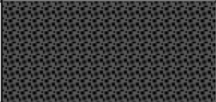
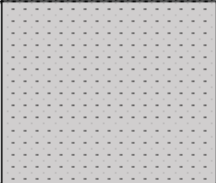
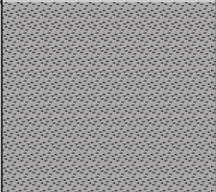
Se realizo en la parte alta del área de estudio, en las coordenadas 695051mE; 9534721mN, con una dirección S73°E, una apertura de AB/2 de 50 m y una profundidad estimada de 16.67 m. Para visualizar los datos de campo y la curva de resistividad obtenida en el programa ver anexo 11.

Análisis del perfil geoelectrico

Conforme a la figura 60 se determina que existen 3 capas. La primera corresponde a una capa superficial de suelos sueltos, compuesto por limos y arenas con fragmentos angulosos y redondeados, con una resistividad de 0.255 Ω .m y una potencia de 0.39 m; la segunda corresponde a capa de materiales tipo bloque de areniscas, con una resistividad de 72.3 Ω .m y una potencia de 1.27 m; la tercera corresponde a materiales tipo arenas limosas y arcillosas con presencia de gravas y posibles trazas de saturación ubicados sobre el horizonte eléctrico de

apoyo correspondiente a la Formación San Francisco con una resistividad de 1.82 Ω .m y una potencia indefinida.

Figura 60. Corte geoelectrico – SEV 4

N° de Capa	Resistividad (Ω . m)	Potencia (m)	Perfil estratigráfico	Descripción
A	0.255	0.39		Suelos sueltos, compuestos por limos y arenas con fragmentos angulosos y redondeados
B	72.3	1.27		Capa de materiales tipo bloque de areniscas
C	1.82	-		Materiales tipo arenas limosas y arcillas con presencia de gravas y posibles trazas de saturación

Nota: Elaborado por El Autor, (2023)


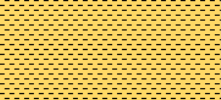
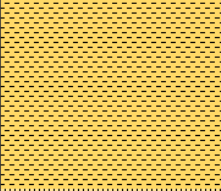
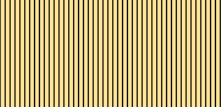
- SEV 5

Se realizo al Nor-Oste del área de estudio, en las coordenadas 694901mE; 9534626mN, con una dirección S78°W, una apertura de AB/2 de 70 m y una profundidad estimada de 23.33 m. Para visualizar los datos de campo y la curva de resistividad obtenida en el programa ver anexo 11.

Análisis del perfil geoelectrico

Conforme a la figura 61 se determina que existen 5 capas. La primera corresponde a una capa superficial de suelos sueltos con grietas de desecación compuesto por arcillas de alta plasticidad, con una resistividad de 0.19 Ω .m y una potencia de 0.31 m; la segunda corresponde a una capa de materiales arcillosos plásticos con arena, con una resistividad de 15 Ω .m y una potencia de 0.72 m; la tercera corresponde a materiales arcillosos con arena con distintos grados de plasticidad y trazas de saturación con una resistividad de 0.36 Ω .m y una potencia de 2.1m; la cuarta corresponde a Materiales tipo limos elásticos y arcillas, con posibles trazas de saturación ubicados sobre el horizonte eléctrico de apoyo correspondiente a la Formación Santo francisco con una resistividad de 8,47 Ω .m.

Figura 61. Corte geoelectrico – SEV 5

N° de Capa	Resistividad ($\Omega \cdot m$)	Potencia (m)	Perfil estratigráfico	Descripción
A	0.19	0.31		Suelos sueltos con grietas de desecación compuesto por arcillas de alta plasticidad.
B	15	0.72		Capa de materiales arcillosos plásticos con arena
C	0.36	2.1		Materiales arcillosos con arena, con distintos grados de plasticidad y trazas de saturación
D	8.47	-		Materiales tipo limos elásticos y arcillas, con posibles trazas de saturación

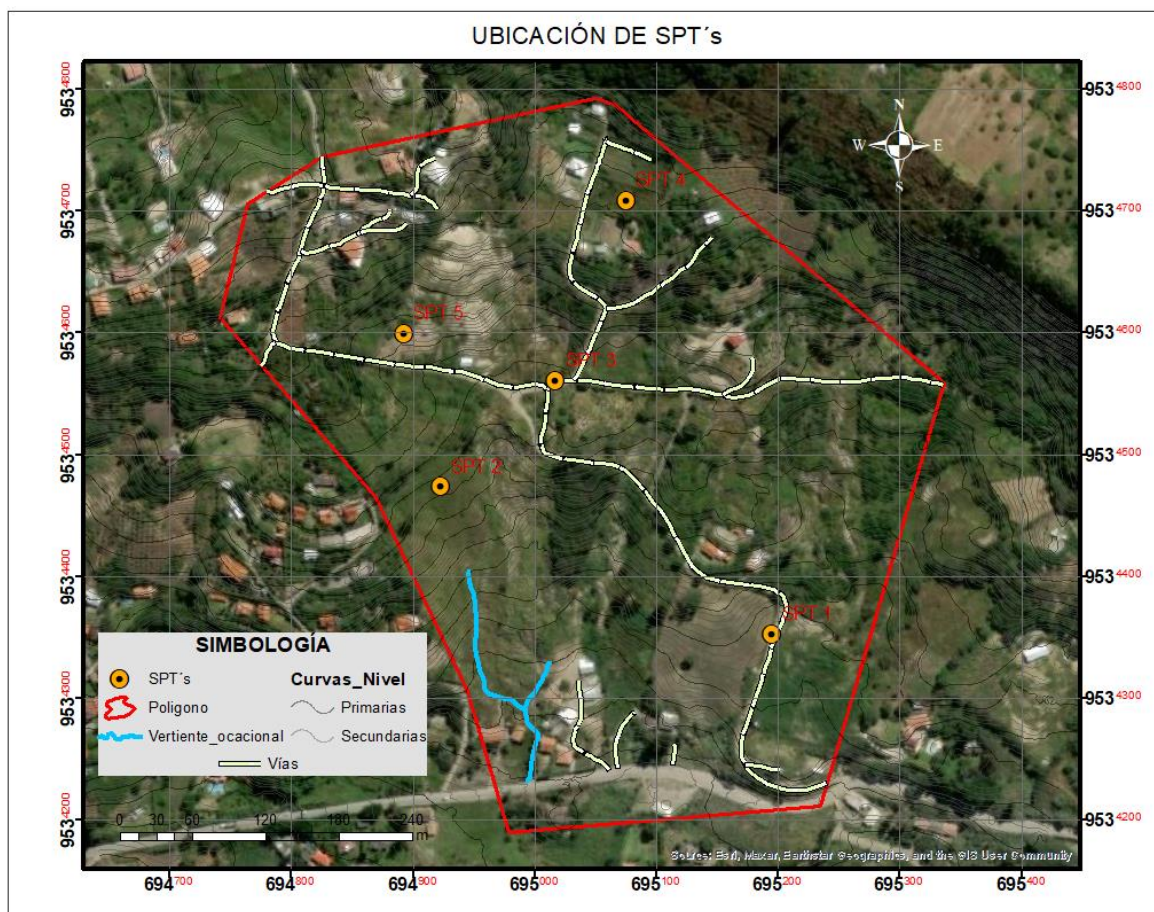
Nota: Elaborado por El Autor, (2023)

6.3.1.2. Métodos directos

- Ensayo de penetración estándar (SPT)

Bajo la normativa ASTM D1586, se realizaron 5 ensayos SPT, mismos que están distribuidos uniformemente dentro del área de estudio y conforme a las litologías encontradas en el mapeo geológico, con la finalidad de realizar una correlación e interpretación integra. En la figura 62 se muestra la distribución de los ensayos en campo y en la tabla 26 la ubicación geográfica y profundidad alcanzada de cada sondeo realizado.

Figura 62. Ubicación en campo de los sondeos SPT



Nota: Elaborado por El Autor, (2023)

Tabla 26. Ubicación geográfica de los sondeos SPT'S

N° Sondeo	Coordenadas			Observaciones	
	X	Y	Z	Profundidad	Nivel Freático
Sondeo 1	695195	9534353	1534	6m	2m
Sondeo 2	694923	9534474	1578	6m	-
Sondeo 3	695017	9534561	1598	5m	-
Sondeo 4	695075	9534709	1629	3m	-
Sondeo 5	694892	9534600	1592	6m	-

Nota: Elaborado por El Autor, (2023)

Se perforo un total de 26 m entre los 5 SPT's, y el análisis de muestras alteradas se llevó a cabo en el laboratorio de suelos ESTSUELCON CIA. LTDA. La figura 63 evidencia la ejecución de los ensayos en campo, toma de muestras y su respectivo análisis en laboratorio. Los resultados obtenidos de la fase de laboratorio se los evidencia en el anexo 12.

Figura 63: Proceso de sondeo, toma de muestra y análisis de laboratorio del ensayo SPT



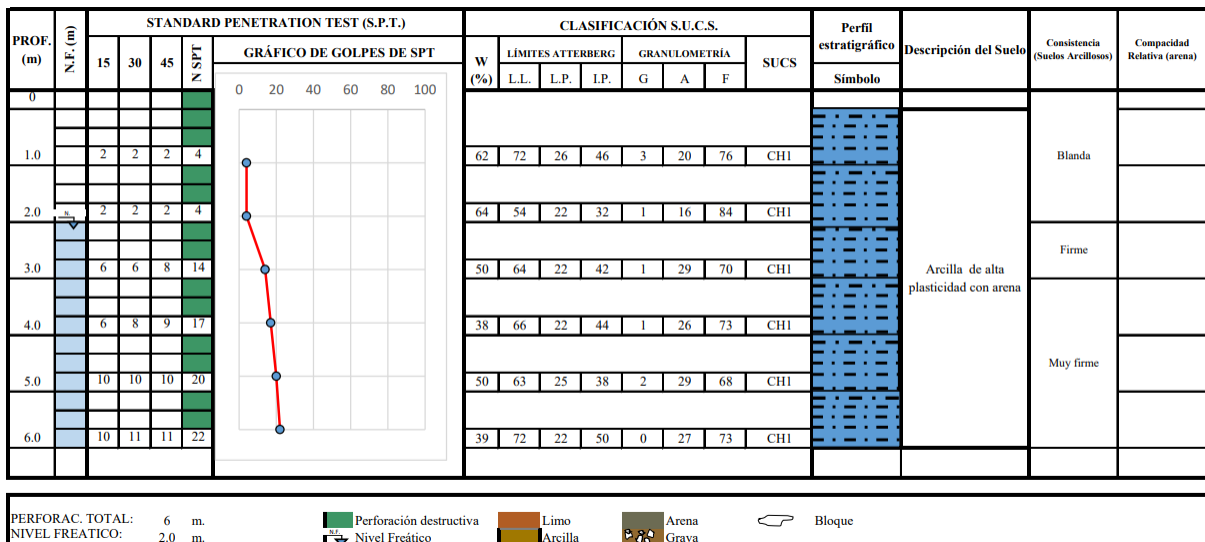
Nota: Elaborado por El Autor, (2023)

Resultados SPT's

SPT N° 1

La figura 64 y anexo 13 muestran los resultados del SPT 1 en base a los datos de laboratorio

Figura 64. Perfil estratigráfico-SPT 1



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

Desde la superficie del terreno hasta la profundidad de 1.00 m corresponde a arcillas de alta plasticidad con arena, un NSPT de 4 golpes, una carga admisible de 0.23 kg/cm^2 , es un material con una consistencia blanda, un contenido de humedad equivalente al 61.88%, un peso específico de 1.70 Tn/m^3 , presenta una cohesión de 0.13 kg/cm^2 .

A los 2 m se encuentra el nivel freático, esta capa corresponde a arcillas de alta plasticidad con arena, un NSPT de 4 golpes, una carga admisible de 0.23 kg/cm^2 , es un material con una consistencia blanda, un contenido de humedad equivalente al 64.03%, un peso específico de 0.70 Tn/m^3 , presenta cohesión de 0.13 kg/cm^2 .

A los 3 m de profundidad corresponde a arcillas de alta plasticidad con arena, un NSPT de 14 golpes, una carga admisible de 0.81 kg/cm^2 , es un material con una consistencia firme, un contenido de humedad equivalente al 50.34%, un peso específico de 0.75 Tn/m^3 , presenta una cohesión de 0.47 kg/cm^2 .

A los 4 m de profundidad corresponde a arcillas de alta plasticidad con arena, un NSPT de 17 golpes, una carga admisible de 1.11 kg/cm^2 , es un material con una consistencia muy firme, un contenido de humedad equivalente al 37.80%, un peso específico de 0.80 Tn/m^3 , presenta una cohesión de 0.65 kg/cm^2 .

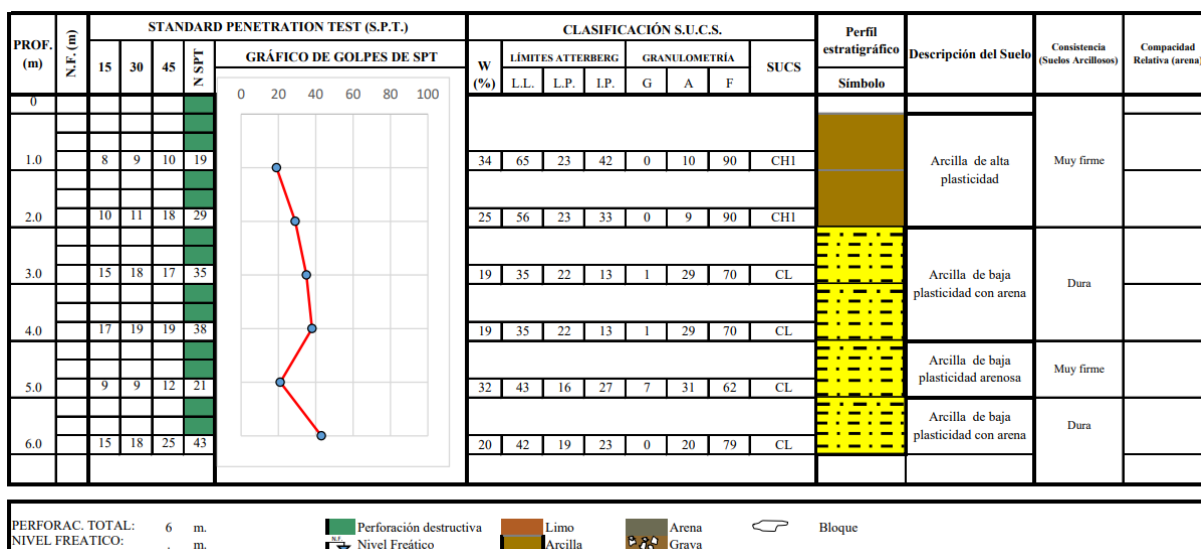
A los 5 m de profundidad corresponde a arcillas de alta plasticidad con arena, un NSPT de 20 golpes, una carga admisible de 1.31 kg/cm^2 , es un material con una consistencia muy firme, un contenido de humedad equivalente al 50.47%, un peso específico de 0.80 Tn/m^3 , presenta una cohesión de 0.76 kg/cm^2 .

A los 6 m de profundidad corresponde a arcillas de alta plasticidad con arena, un NSPT de 22 golpes, una carga admisible de 1.61 kg/cm^2 , es un material con una consistencia muy firme, un contenido de humedad equivalente al 39.41%, un peso específico de 0.80 Tn/m^3 , presenta una cohesión de 0.94 kg/cm^2 .

SPT N° 2

La figura 65 y anexo 13 muestran los resultados del SPT 2 en base a los datos de laboratorio.

Figura 65. Perfil estratigráfico-SPT 2



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

Desde la superficie del terreno hasta la profundidad de 1.00 m corresponde a arcillas de alta plasticidad, un NSPT de 19 golpes, una carga admisible de 1.10 kg/cm², es un material con una consistencia muy firme, un contenido de humedad equivalente al 34.20%, un peso específico de 1.80 Tn/m³, presenta con una cohesión de 0.64 kg/cm².

A los 2 m de profundidad corresponde a arcillas de alta plasticidad, un NSPT de 29 golpes, una carga admisible de 1.67kg/cm², es un material con una consistencia muy firme, un contenido de humedad equivalente al 25.19%, un peso específico de 1.80 Tn/m³, presenta una cohesión de 0.98 kg/cm².

A los 3 m de profundidad corresponde a arcillas de baja plasticidad con arena, un NSPT de 35 golpes, una carga admisible de 2.02kg/cm², es un material con una consistencia dura, un contenido de humedad equivalente al 19.03%, un peso específico de 1.80 Tn/m³, presenta una cohesión de 1.18 kg/cm².

A los 4 m de profundidad corresponde a arcillas de baja plasticidad con arena, un NSPT de 38 golpes, una carga admisible de 2.48kg/cm², es un material con una consistencia dura, un contenido de humedad equivalente al 19.03%, un peso específico de 1.80 Tn/m³, presenta una cohesión de 1.45 kg/cm².

A los 5 m de profundidad corresponde a arcillas de baja plasticidad arenosa, un NSPT de 21 golpes, una carga admisible de 1.37 kg/cm², es un material con una consistencia muy

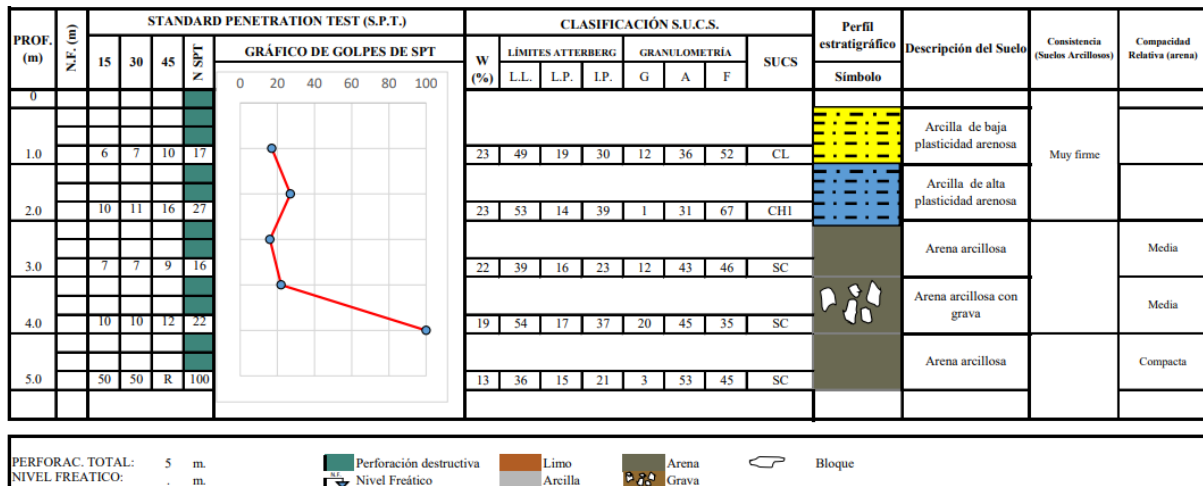
firme, un contenido de humedad equivalente al 31.99 %, un peso específico de 1.80 Tn/m³, presenta una cohesión de 0.80 kg/cm².

A los 6 m de profundidad corresponde a arcillas de baja plasticidad con arena, un NSPT de 43 golpes, una carga admisible de 3.14 kg/cm², es un material con una consistencia dura, un contenido de humedad equivalente al 19.93 %, un peso específico de 1.80 Tn/m³, presenta una cohesión de 1.83 kg/cm².

SPT N° 3

La figura 66 y anexo 13 muestran los resultados del SPT 3 en base a los datos de laboratorio

Figura 66. Perfil estratigráfico-SPT 3



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

Desde la superficie del terreno hasta la profundidad de 1.00 m corresponde a arcillas de baja plasticidad arenosa, un NSPT de 17 golpes, una carga admisible de 0.98 kg/cm², es un material con una consistencia muy firme, un contenido de humedad equivalente al 22.87 %, un peso específico de 1.80 Tn/m³, presenta una cohesión de 0.57 kg/cm².

A los 2 m de profundidad corresponde a arcillas de alta plasticidad arenosa, un NSPT de 27 golpes, una carga admisible de 1.56kg/cm², es un material con una consistencia muy firme, un contenido de humedad equivalente al 23.40%, un peso específico de 1.80 Tn/m³, presenta una cohesión de 0.91 kg/cm².

A los 3 m de profundidad corresponde a arena arcillosa, un NSPT de 16 golpes, una carga admisible de 1.20 kg/cm², es un material con una compacidad media, un contenido de humedad equivalente al 21.65%, un peso específico de 1.90 Tn/m³.

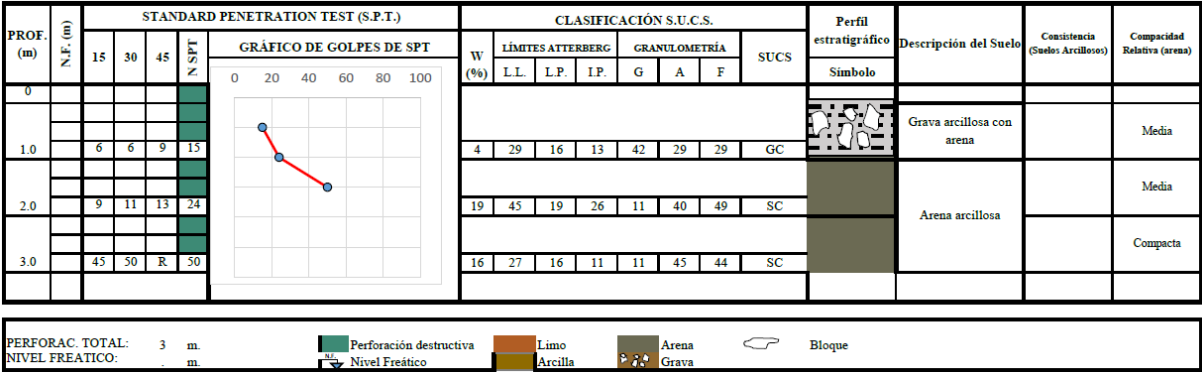
A los 4 m de profundidad corresponde a arena arcillosa con grava, un NSPT de 22 golpes, una carga admisible de 1.87 kg/cm^2 , es un material con una compacidad media, un contenido de humedad equivalente al 18.83 %, un peso específico de 2.00 Tn/m^3 .

A los 5 m de profundidad concierne a arena arcillosa, un NSPT de 100 golpes, una carga admisible de 8.50 kg/cm^2 , es un material con una compacidad compacta, un contenido de humedad equivalente al 13 %, un peso específico de 2.00 Tn/m^3 . A partir de este metro se finaliza el ensayo SPT debido a la resistencia que presenta el suelo, mismo que da rebote.

SPT N° 4

La figura 67 y anexo 13 muestran los resultados del SPT 4 en base a los datos de laboratorio.

Figura 67. Perfil estratigráfico-SPT 4



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

Desde la superficie del terreno hasta la profundidad de 1.00 m corresponde a grava arcillosa con arena, un NSPT de 15 golpes, una carga admisible de 1.48 kg/cm^2 , es un material con una compacidad media, un contenido de humedad equivalente al 4.05%, un peso específico de 1.80 Tn/m^3

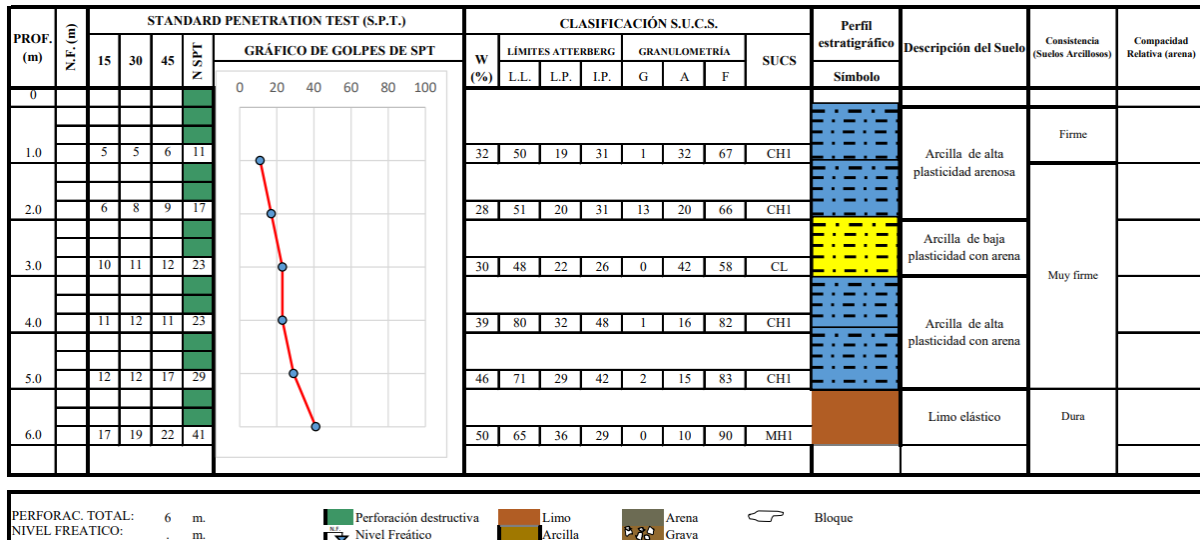
A los 2 m de profundidad corresponde a arena arcillosa, un NSPT de 24 golpes, una carga admisible de 1.36 kg/cm^2 , es un material con una compacidad media, un contenido de humedad equivalente al 18.64 %, un peso específico de 1.90 Tn/m^3 .

A los 3 m de profundidad corresponde a arena arcillosa, un NSPT de 50 golpes, una carga admisible de 2.88 kg/cm^2 , es un material con una compacidad compacta, un contenido de humedad equivalente al 16.23 %, un peso específico de 1.90 Tn/m^3 . A partir de este metro se finaliza el ensayo SPT debido a la resistencia que presenta el suelo, mismo que da rebote en el ensayo.

SPT N° 5

La figura 68 y anexo 13 muestran los resultados del SPT 5 en base a los datos de laboratorio

Figura 68. Perfil estratigráfico -SPT 5



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

Desde la superficie del terreno hasta la profundidad de 1.00 m corresponde a arcilla de alta plasticidad arenosa, un NSPT de 11 golpes, una carga admisible de 0.63 kg/cm^2 , es un material con una consistencia firme, un contenido de humedad equivalente al 31.72 %, un peso específico de 1.75 Tn/m^3 , presenta una cohesión de 0.37 kg/cm^2 .

A los 2 m de profundidad corresponde a arcilla de alta plasticidad arenosa, un NSPT de 17 golpes, una carga admisible de 0.98 kg/cm^2 , es un material con una consistencia muy firme, un contenido de humedad equivalente al 27.68 %, un peso específico de 1.80 Tn/m^3 , presenta una cohesión de 0.57 kg/cm^2 .

A los 3 m de profundidad corresponde a arcilla de baja plasticidad con arena, un NSPT de 23 golpes, una carga admisible de 1.33 kg/cm^2 , es un material con una consistencia muy firme, un contenido de humedad equivalente al 29.88 %, un peso específico de 1.80 Tn/m^3 , presenta una cohesión de 0.77 kg/cm^2 .

A los 4 m de profundidad corresponde a arcilla de alta plasticidad con arena, un NSPT de 23 golpes, una carga admisible de 1.50 kg/cm^2 , es un material con una consistencia muy firme, un contenido de humedad equivalente al 38.68 %, un peso específico de 1.80 Tn/m^3 , presenta una cohesión de 0.88 kg/cm^2 .

A los 5 m de profundidad corresponde a arcilla de alta plasticidad con arena, un NSPT de 29 golpes, una carga admisible de 1.89 kg/cm^2 , es un material con una consistencia muy firme, un contenido de humedad equivalente al 45.77 %, un peso específico de 1.80 Tn/m^3 , presenta una cohesión de 1.11 kg/cm^2 .

A los 6 m de profundidad corresponde a limo elástico, un NSPT de 41 golpes, una carga admisible de 2.99 kg/cm^2 , es un material con una consistencia dura, un contenido de humedad equivalente al 50.04 %, un peso específico de 1.80 Tn/m^3 , presenta una cohesión de 1.75 kg/cm^2 .

-Comportamiento de los suelos

- **Consistencia relativa**

Tabla 27. Resultado Consistencia relativa

N° SPT	Consistencia relativa	Interpretación
1	0.31	Se determina que son suelos de consistencia Blanda y tienen una resistencia a la compresión inconfiada (qu) de $0.25 -1.0 \text{ Kg/cm}^2$
2	0.91	Se determina que son suelos de consistencia rígida y tienen una resistencia a la compresión inconfiada (qu) de $1.0 -5.0 \text{ Kg/cm}^2$
3	0.88	Se determina que son suelos de consistencia rígida y tienen una resistencia a la compresión inconfiada (qu) de $1.0-5.0 \text{ Kg/cm}^2$
4	1.31	Se determina que son suelos de consistencia rígida y tienen una resistencia a la compresión inconfiada (qu) de $1.0 -5.0 \text{ Kg/cm}^2$
5	0.66	Se determina que son suelos de consistencia media y tienen una resistencia a la compresión inconfiada (qu) de $0.25 -5.0 \text{ Kg/cm}^2$

Nota: Elaborado por El Autor, (2023)

- **Índice de liquidez**

El índice de liquidez permite valorar el comportamiento plástico de los suelos y así tener una idea de la historia de esfuerzos a los que están sometidos. La tabla 28 muestra los resultados obtenidos sobre el índice de liquidez en cada SPT efectuado en el área de estudio.

Tabla 28. Resultado de índice de liquidez

N° SPT	Índice de liquidez	Interpretación
1	0.69	Se determina que son suelos Normalmente consolidados, son suelos naturales y no existe alteración. Su comportamiento es plástico (arcillas expansivas)
2	0.74	Se determina que son suelos Normalmente consolidados, son suelos naturales y no existe alteración. Su comportamiento es plástico (arcillas expansivas)
3	0.94	Se determina que son suelos Normalmente consolidados, son suelos naturales y no existe alteración. Su comportamiento es plástico (arcillas expansivas)
4	0.86	Se determina que son suelos Normalmente consolidados, son suelos naturales y no existe alteración. Su comportamiento es plástico (arcillas expansivas)
5	0.62	Se determina que son suelos Normalmente consolidados, son suelos naturales y no existe alteración. Su comportamiento es plástico (arcillas expansivas)

Nota: Elaborado por El Autor, (2023)

- **Carta de plasticidad**

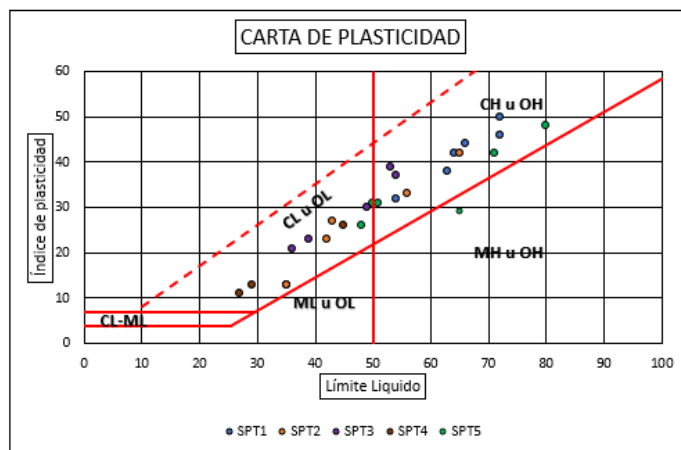
Según la relación del límite líquido y el índice de plasticidad de los 26 metros perforados en los 6 sondeos SPT tenemos como resultado lo siguiente: 46.15% corresponde a suelos CL u OL; 50% corresponde a suelos CH u OH, y 3.45% corresponde a suelos MH u OH como se observa en la en la tabla 29 y figura 69 respectivamente.

Tabla 29. Relación Limite liquido vs índice de plasticidad de los sondeos SPT, para la obtención del porcentaje de suelos de acuerdo a los metros perforados

Clase de suelo	Cantidad de m perforados	Porcentaje %
CL u OL	12	46.15
CH u OH	13	50
MH u OH	1	3.85

Nota: Elaborado por El Autor, (2023)

Figura 69. Carta de plasticidad de los sondeos SPT



Nota: Elaborado por El Autor, (2023)

- **Comportamiento de arcillas (A)**

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

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

La tabla 30 nos muestra los resultados del comportamiento de las arcillas para cada SPT efectuado.

Tabla 30. Resultado del comportamiento "A"

N° SPT	Comportamiento de arcillas (A)	Interpretación
1	1.77	Se determina que son suelos activos, están dentro del grupo de la montmorillonita, con un alto cambio de volumen, y un alto potencial expansivo, finalmente se establece que es una arcilla altamente sensitiva.
2	3.06	Se determina que son suelos activos, están dentro del grupo de la montmorillonita, con un moderado cambio de volumen, un moderado potencial expansivo, finalmente se establece que es una arcilla altamente sensitiva.
3	1.63	Se determina que son suelos activos, están dentro del grupo de la montmorillonita, con moderado cambio de volumen y un moderado potencial expansivo, finalmente se establece que es una arcilla altamente sensitiva
4	2.43	Se determina que son suelos activos, están dentro del grupo de la montmorillonita, con un a cambio de volumen, y un bajo potencial expansivo. Finalmente se establece que es una arcilla altamente sensitiva
5	2.15	Se determina que son suelos activos, están dentro del grupo de la montmorillonita, con un alto cambio de volumen, y un alto potencial expansivo. Finalmente se establece que es una arcilla altamente sensitiva.

Nota: Elaborado por El Autor, (2023)

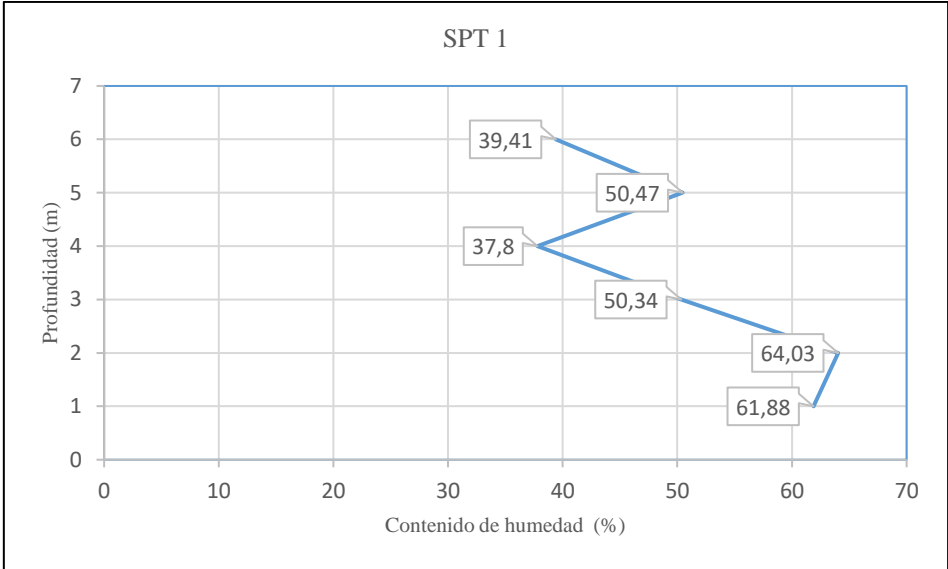
-Contenido de humedad en SPT's

El contenido de humedad de los ensayos SPT fue determinado en laboratorio, el cual permite determinar la cantidad de agua distribuida en las diferentes zonas del área de estudio, determinado así la profundidad hasta donde se concentra la humedad.

En la figura 70 se evidencia que la humedad sobrepasa el 60% en los dos primeros metros, luego tiende a bajar conforme aumenta la profundidad, hasta llegar a una profundidad de 6 metros con una humedad de 39.41%. El promedio general en los 6 m de perforación es de

50.65%, cabe recalcar que en este SPT se encontró un nivel freático a los 2m. El material predominante en el sondeo es arcilla de alta plasticidad con arena.

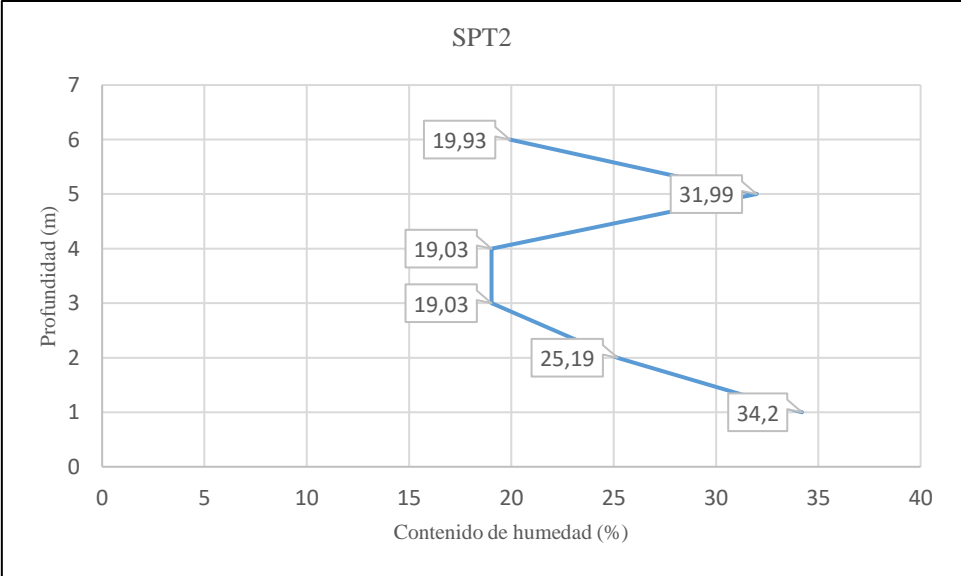
Figura 70. Profundidad vs Humedad_SPT 1



Nota: Elaborado por El Autor, (2023)

En la figura 71 se observa un alto % de humedad en el primer y quinto metro. En esta perforación la humedad tiende a subir y bajar conforme aumenta la profundidad. El promedio general de humedad en los 6 metros de sondaje es 24.9%. El material predominante es arcilla de baja a alta plasticidad con arena.

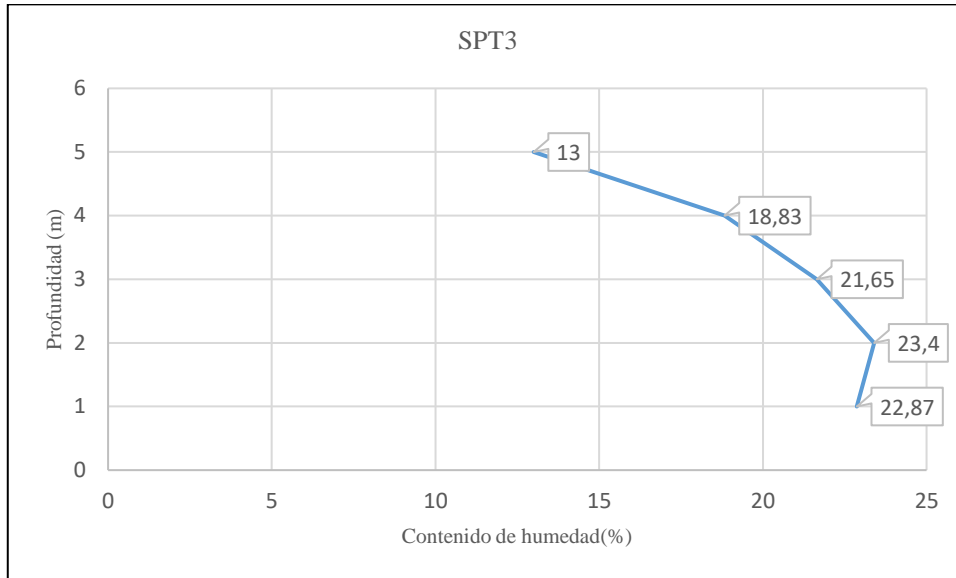
Figura 71. Profundidad vs Humedad_SPT 2



Nota: Elaborado por El Autor, (2023)

En la figura 72 se observa que el contenido más alto de humedad se encuentra en el segundo metro con un 23.4 %, luego tiende a descender hasta un 13%, conforme aumenta la profundidad. El promedio general de humedad en esta perforación es 19.95% y este compuesto por suelos areno-arcillosos.

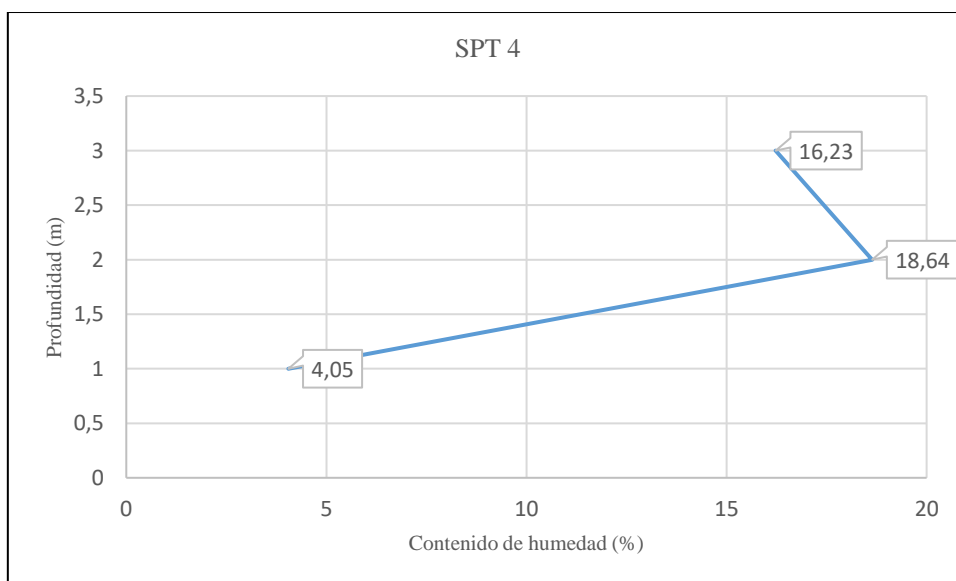
Figura 72. Profundidad vs Humedad_SPT 3



Nota: Elaborado por El Autor, (2023)

En la figura 73 correspondiente al SPT 4, se evidencia que el mayor contenido de humedad se presenta en el metro 2 con 18.64 %. en promedio general la humedad presente en este sondaje es 12.97, y litológicamente está compuesto por suelos areno-arcillosos con grava.

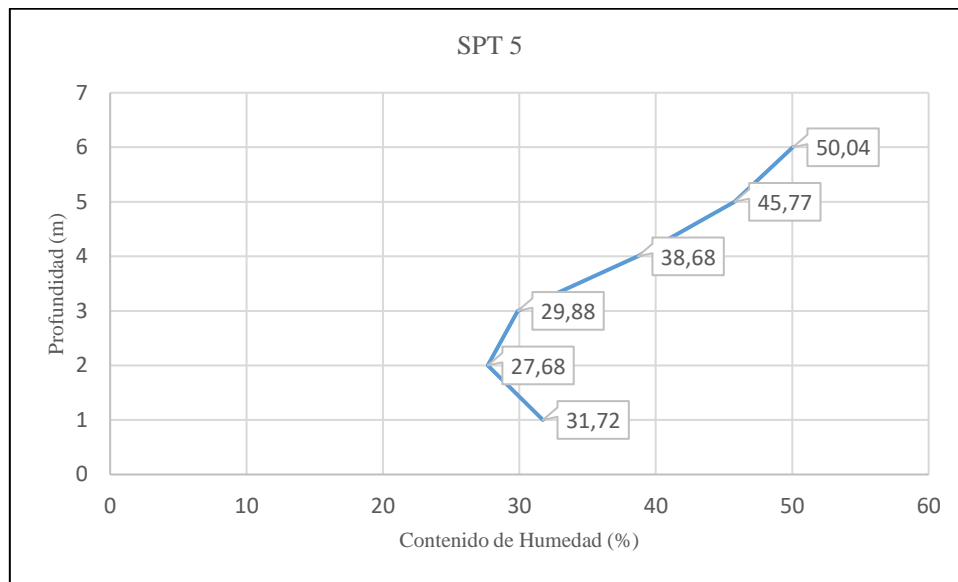
Figura 73. Profundidad vs Humedad_SPT 4



Nota: Elaborado por El Autor, (2023)

En la figura 74 correspondiente al quinto SPT, la humedad tiende a aumentar conforme aumenta la profundidad llegándose a tener un 50.04% en el sexto metro de perforación y un promedio general de 37.3 %. Litológicamente el suelo este compuesto por arcillas de alta plasticidad con arenas y limos elásticos.

Figura 74. Profundidad vs Humedad_SPT 5



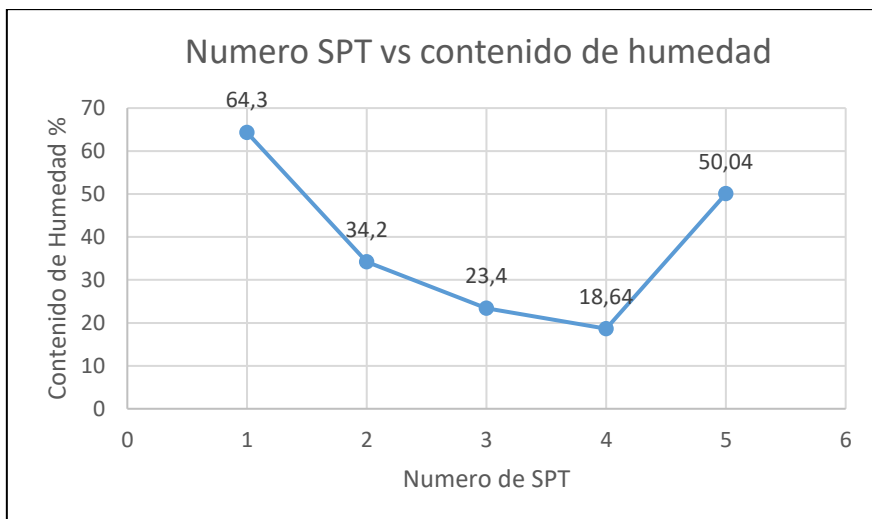
Nota: Elaborado por El Autor, (2023)

6.3.2. Correlación de ensayos aplicados para la clasificación de suelos.

6.3.2.1. Correlación Contenido de Humedad de los SPT's

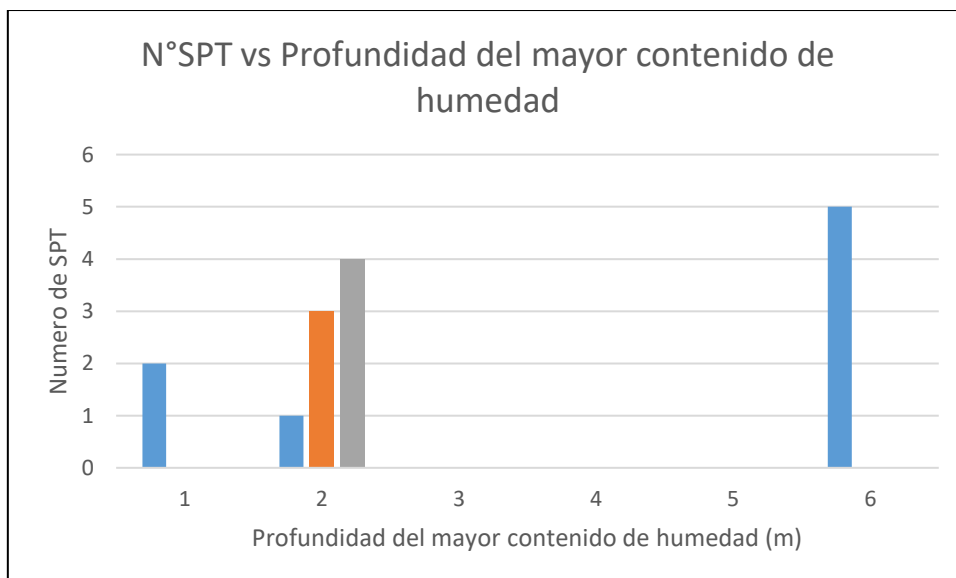
Según los resultados de la profundidad vs el contenido de humedad el SPT1 muestra el mayor contenido de humedad con un 64.30 % a los dos metros de profundidad; seguidamente se encuentra el SPT 5 con un 50.04% a los 6 m de profundidad; el SPT2 con un 34.2 % a un metro de profundidad; SPT3 con un 23.4 % a los 2 metros de profundidad y el SPT 4 con un 18.64% a los dos metros de profundidad. Con estos datos se determina que el mayor contenido de humedad en los suelos se presenta en la parte baja y media de la zona de estudio, donde las infraestructuras presentan daños moderados a graves, y por contraparte el menor contenido de humedad se presenta en la parte alta donde las viviendas no presentan daños. A si mismo se relaciona que los suelos presentan trazas de saturación a partir de los 2 metros a hasta los 6 metros explorados mediante los sondeos, exceptuando el SPT 4 ubicado sobre materiales granulares. La figura 75 y 76 muestran la relación entre los SPT, y la profundidad a la cual se encuentra el mayor contenido de humedad.

Figura 75. Mayor contenido de humedad vs Numero de SPT



Nota: Elaborado por El Autor, (2023)

Figura 76. Numero de SPT vs Profundidad del mayor contenido de humedad



Nota: Elaborado por El Autor, (2023)

6.3.2.2. Correlación litológica de los sondeos eléctricos verticales (SEV's)

Con los datos arrojados por el programa de interpretación automática IPWIN2 de cada sondeo eléctrico vertical, se procedió a la correlación de litologías teniendo así. El SEV 1 conformado superficialmente hasta la profundidad de 1 m por suelos tipo arcillas plásticas con arenas húmedas y pequeños fragmentos de gravas, a partir del segundo metro se encuentra arcillas plásticas con arena, las cuales se encuentran húmedas o con posibles trazas de saturación.

Para el SEV 2, se tiene una capa superficial de suelos tipo arcillas plásticas con gran contenido de humedad, seguidamente de una capa de suelos arcillosos con arena, una capa de lutitas arcillosas y nuevamente arcillas plásticas con arena.

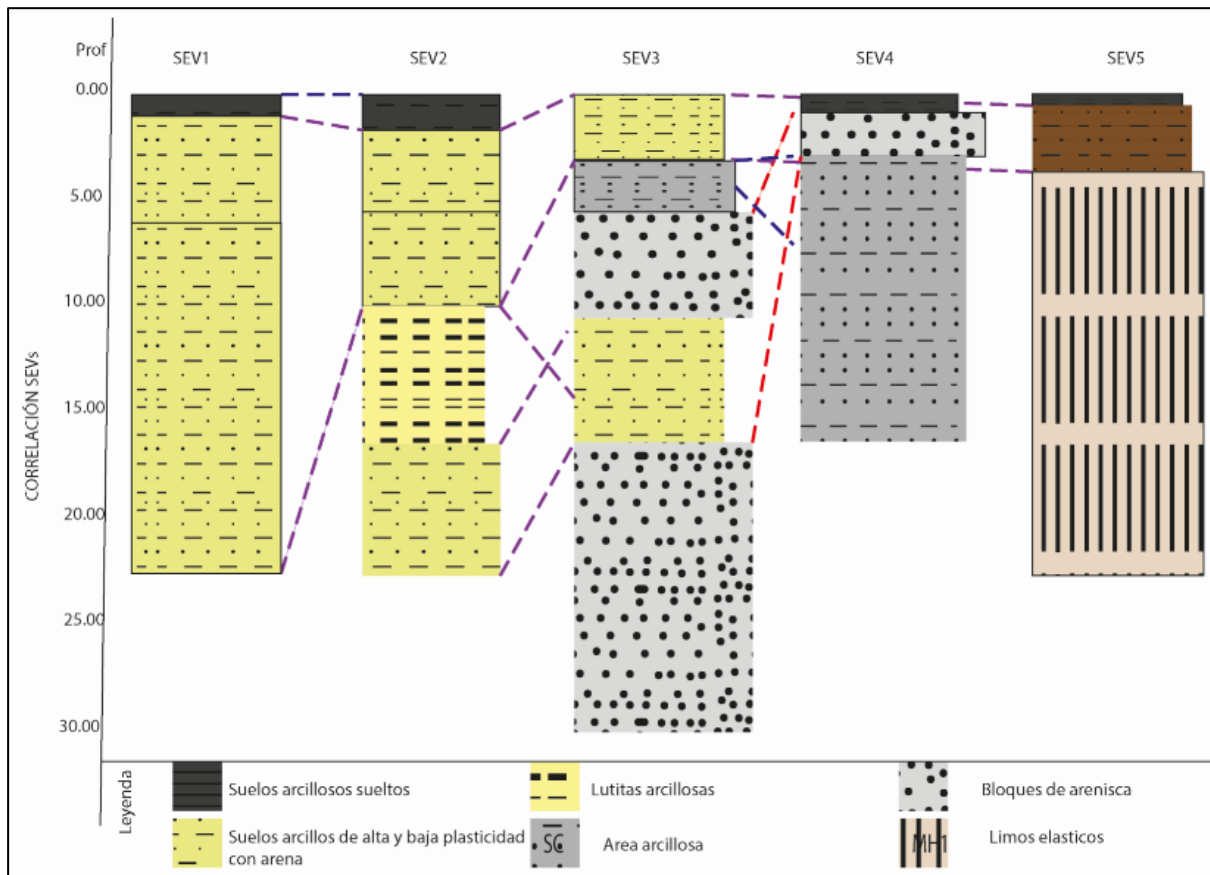
El SEV 3 superficialmente está compuesto por arcillas plásticas con arena hasta la profundidad de 3 metros, una capa de arenas arcillosas, seguido materiales tipo bloque de areniscas, con intercalaciones de arcillas arenosas con posibles trazas de saturación.

El SEV 4 compuesto superficialmente por suelos sueltos tipo limos y arenas con fragmentos de gravas, una capa de material tipo bloque de areniscas que llega hasta aproximadamente los 2 m de profundidad, seguido de materiales tipo arenas limosas y arcillas con presencia de gravas.

El SEV 5 compuesto de manera superficial por suelos sueltos con grietas de disecación tipo arcillas de alta plasticidad, seguido de una capa de materiales arcillosos plásticos con arena que llega hasta 1 m de profundidad, luego se presenta una capa de materiales arcillosos con distintos grados de plasticidad, y posibles trazas de saturación, finalmente una capa tipo limos elásticos y arcillas con posibles trazos de saturación.

Con los resultados observados en la figura 77, se puede asociar tres litologías predominantes, la primera compuesta en su mayoría por arcillas de diferente plasticidad con arenas, lutitas arcillosas y limos elásticos con posibles trazas de saturación que corresponde a los SEVS 1, 2 Y 5. La segunda compuesta por intercalaciones de arcillas con arena, arenas arcillosas y materiales tipo bloques de arenisca encontrados en el SEV 3. Finalmente, la tercera compuesta por materiales tipo bloque de areniscas y arenas limosas con arcillas con presencia de fragmentos de gravas.

Figura 77. Litología de los sondeos eléctricos verticales.



Nota: Elaborado por El Autor, (2023)

6.3.2.3. Correlación litológica de los SPT's

Luego del análisis de los datos de los ensayos SPT's obtenidos tanto en campo como en laboratorio se procedió a correlacionar la clase de suelos según la clasificación SUCS en cada sondeo realizado y así poder confeccionar el mapa de suelos.

La figura 78 muestra la correlación de resultados de los 5 sondeos SPT's. El sondeo SPT1 en su totalidad está cubierto por materiales arcillosos de alta plasticidad con arena, mismos que sobreyacen a las arenas arcillosas del sondeo SPT3, se ausentan en el sondeo 4, y sobreyacen las arcillas de baja plasticidad con arena y a los limos elásticos del SPT5

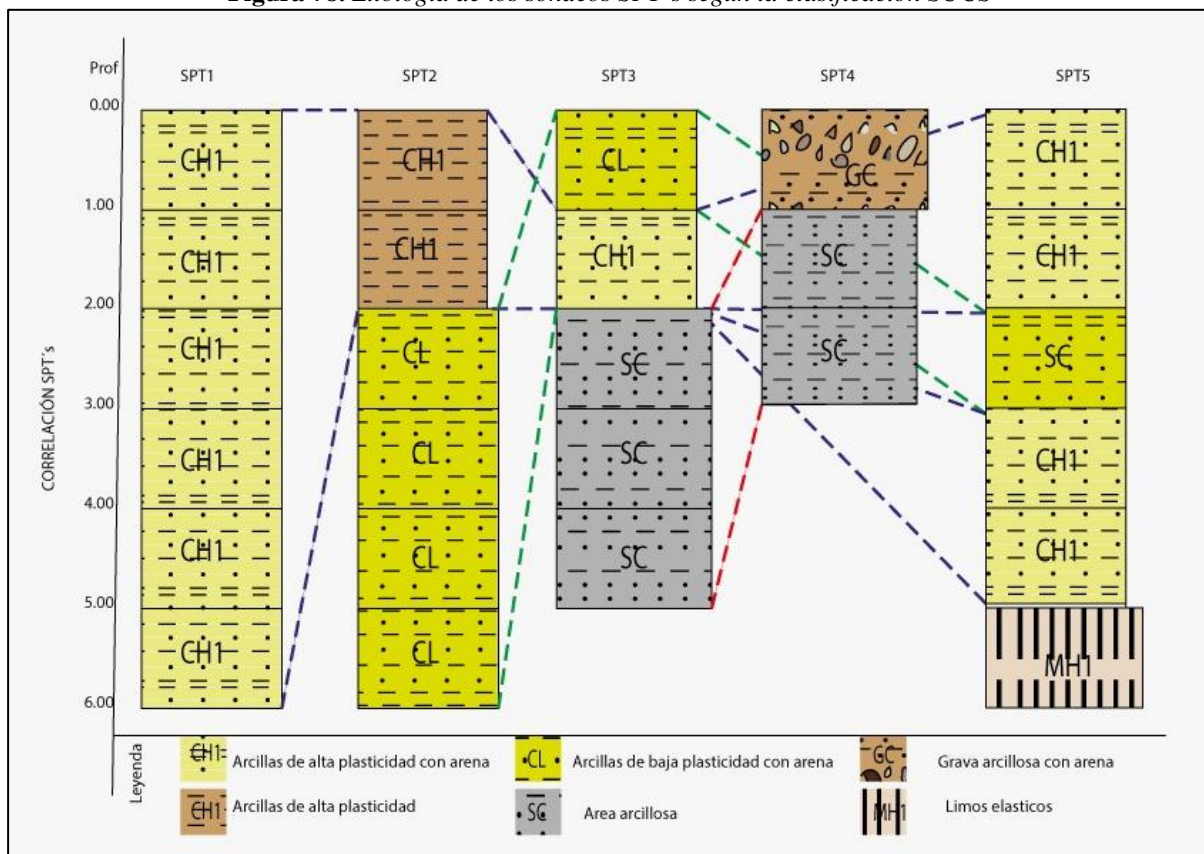
El sondeo SPT 2 compuesto por arcillas de alta plasticidad hasta a una profundidad de 2 metros y de 2 a 6 metros compuestos por arcillas de baja plasticidad con arena sobreyacen a las arcillas plásticas con arena y las arenas arcillosas del SPT 3, y se presentan al tercer metro del sondeo SPT5.

El SPT3 compuesto por una capa de arcillas de baja plasticidad con arena, una capa de arcillas de alta plasticidad con arena y una capa de arenas arcillosas ubicadas a partir del tercer metro de sondaje. Esas arcillas de baja plasticidad sobreyacen a los suelos del SPT1, SPT2, SPT5. Las arenas arcillosas subyacen a las gravas arcillosas del SPT4.

En el sondeo SPT 4 se puede observar la presencia de gravas arcillosas con arena hasta la profundidad de un metro, que sobreyacen a las arenas arcillosas del SPT3.

El SPT 5 compuesto por intercalaciones de arcillas de alta y baja plasticidad con arena sobreyacen a los limos elásticos y se asocian a los suelos del SPT1, SPT2, sobreponiéndose a las arenas arcillosas del SPT3.

Figura 78. Litología de los sondeos SPT's según la clasificación SUCS



Nota: Elaborado por El Autor, (2023)

6.3.3. Zonificación geotécnica

Con los resultados de la interpretación geológica en campo como es la observación directa de afloramientos, trincheras geológicas, los ensayos directos e indirectos como los SPT's y SEV's se procedió a confeccionar en primer plano el mapa de clasificación de suelos teniendo como resultado los expuestos en la tabla 31 y el anexo 14.

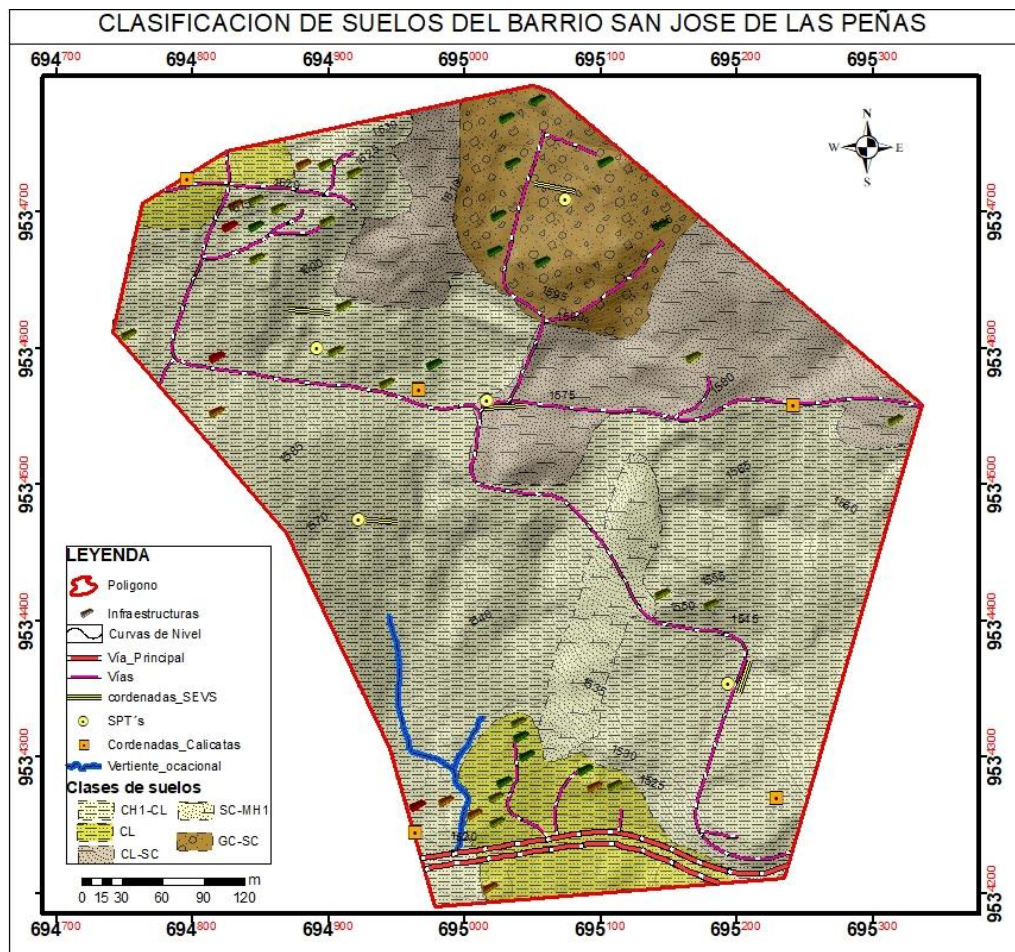
De las 22 .58 ha en estudio 2.11ha equivalente al 9.34% corresponde a gravas arcillosas con arena/ arenas arcillosas; 3.57 ha equivalente a 15.81% corresponde a arcillas de baja plasticidad, con arena/arena arcillosa; 1.82ha equivalente a 8.06 corresponde a arcillas de baja plasticidad arenosa; 0.9 ha equivalente a 3.99% corresponde a arenas arcillosas/limos elásticos; 14.18 ha equivalente a 62.80% corresponde a arcillas de alta y baja plasticidad con arena. La figura 79 muestra el mapa de clases de suelos del Barrio San José de las Peñas.

Tabla 31. clasificación de suelos

Simbología	Descripción	Área	Porcentaje
GC	Grava arcillosa con arena/ arena arcillosa	2.11	9.34
CL-SC	Arcillas de baja plasticidad con arena/arena arcillosa	3.57	15.81
CL	Arcillas de baja plasticidad con arena	1.82	8.06
SC-MH1	Arenas arcillosas/ Limos Elásticos	0.9	3.99
CH1-CL	Arcillas de alta y baja plasticidad con arena	14.18	62.80

Nota: Elaborado por El Autor, (2023)

Figura 79. Clases de suelos del Barrio san José de las Peñas.



Nota: Elaborado por El Autor, (2023)

6.3.3.1. Zonas geotécnicas

Elaborado el mapa de suelos se procedió a correlacionar los tipos de suelos con los contenidos de humedad presentes en los SPT's, la humedad natural observada en campo a través de trincheras, cargas admisibles, los resultados del comportamiento de los suelos arcillosos expuestos en la tabla 33, además, la topografía y la pendiente dando como resultado tres zonas expuestas en la tabla 32 y anexo 15.

De las 22.58 ha, 2.11 ha, equivalente a 9.34% corresponde a la zona uno, con una carga admisible de 1.48-2.88 kg/cm², un contenido de humedad promedio de 12.97% y una pendiente de 5-15°; la zona dos con una superficie de 2.71 ha equivalente a 12% posee una carga admisible de 0.98-1.87 kg/cm², un contenido de humedad de 19.95%, y, una pendiente de 5-35°; finalmente 17.67 ha equivalente a 78.65% corresponde a la zona tres, con una carga admisible promedio de 0.23 a 1.75 kg/cm², un contenido de humedad promedio de 39.31% y una pendiente de 5-42.79°.

Tabla 32. Zonificación geotécnica

Tipo de suelo	Zona	W% promedio	Pendiente predominante	q admisible (kg/cm ²)	Área (ha)	Porcentaje
GC-SC	Zona 1	12.97	5-15°	1.48-2.88	2.11	9.34
CL-SC	Zona 2	19.95	5-35°	0.98-1.87	2.71	12.00
CH1-CL-MH1-SC	Zona 3	39.31	5-42.79°	0.23-1.75	17.76	78.65

Nota: Elaborado por El Autor, (2023)

Zona 1

Litológicamente compuesta por Gravas arcillosas con arena y arenas arcillosas con limos, un contenido de humedad promedio de 12.97% presentan una compacidad media a compacta con un valor de NSP que fluctúa de 15 a 50 golpes, y una carga admisible de 1.48 a 2.88 kg/cm²; con pendientes predominantemente de ligera a fuertemente inclinadas, cubriendo una superficie de 2.11 ha.

Zona 2

Litológicamente compuesta por arcillas de baja plasticidad con arena y arenas arcillosas, un contenido de humedad promedio de 19.95% en los suelos, presenta una

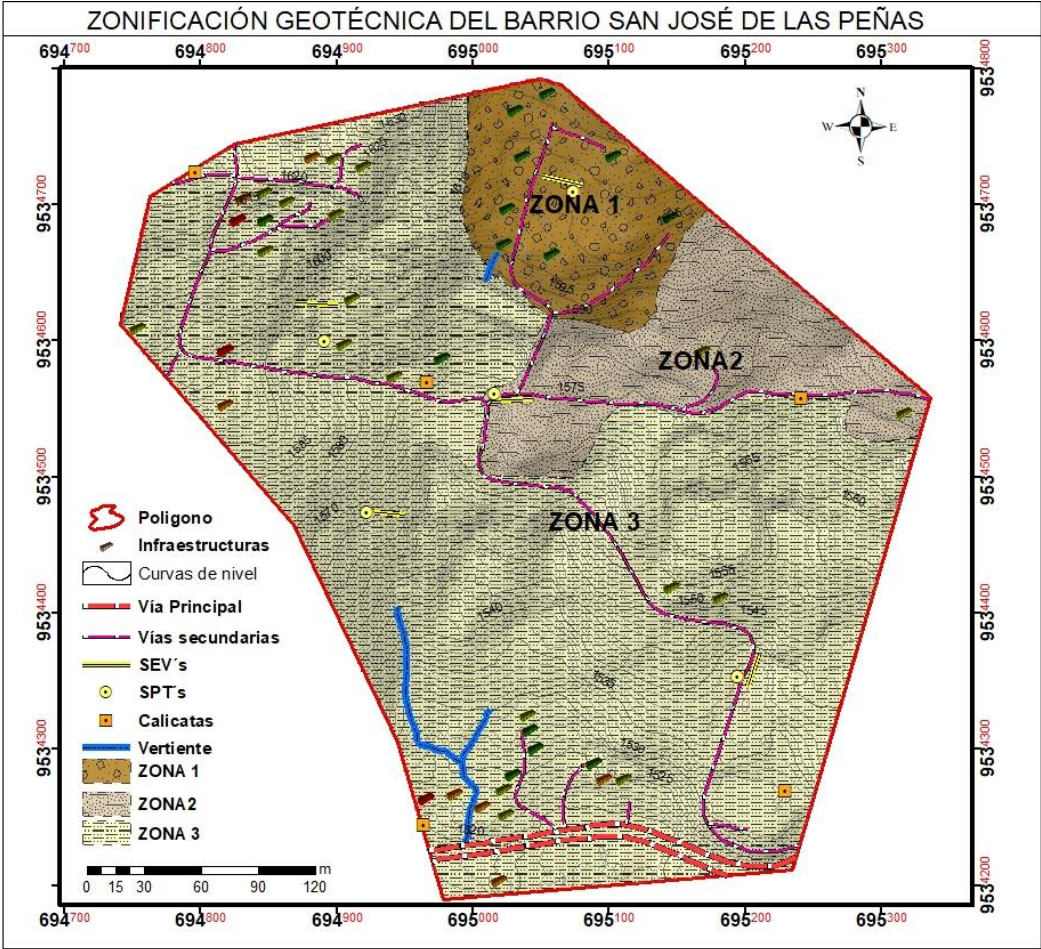
consistencia muy firme y una compacidad media a compacta, un valor de NSP de 17 a 50 golpes y una carga admisible de 0.98 a 1.87 kg/cm², con pendientes predominantemente de ligeramente inclinadas a muy inclinadas, cubriendo una superficie de 2.71 ha.

Zona 3

Constituida mayoritariamente por arcillas de alta y baja plasticidad con arena, limos elásticos y arenas arcillosas sueltas un contenido de humedad promedio de 39.31 en los suelos, presentando saturación en algunos casos con un 64 % de humedad y un nivel freático a los 2 metros, presenta una consistencia blanda a muy firme, un valor NSP de 4 a 43 golpes, una carga admisible promedio de 0.23 a 1.75 kg/cm² una cohesión de 0.13 a 1.83 kg/cm² y una pendiente predominante de fuertemente inclinadas a empinadas, cubriendo una superficie de 17.76 ha.

La figura 80 muestra las zonas geotécnicas existentes en el barrio San José de las peñas

Figura 80. Zonificación geotécnica del barrio san José de las Peñas



Nota: Elaborado por El Autor, (2023)

6.3.3.2.Descripción de la Infraestructura asentadas en San José de las Peñas

Uso de la Infraestructura

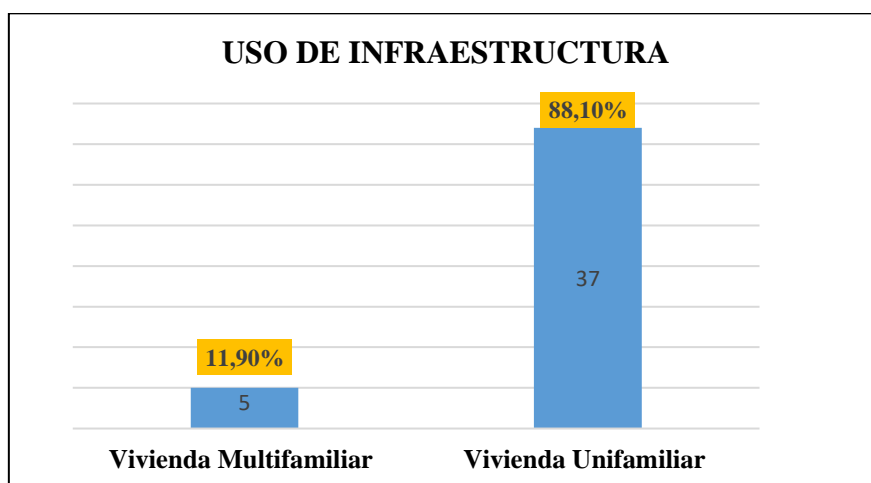
De las 42 viviendas clasificadas y evaluadas de acuerdo al uso de la infraestructura 5 que corresponde al 11.90%, son de uso multifamiliar, y, 37 correspondiente al 88.10% son de uso unifamiliar. La tabla 33 y la figura 81 muestran la clasificación de viviendas de acuerdo al uso de infraestructura.

Tabla 33. Clasificación de las viviendas de acuerdo al uso de infraestructura

Uso de infraestructura	Cantidad	Porcentaje
Vivienda Multifamiliar	5	11.90%
Vivienda Unifamiliar	37	88.10%
Total	42	100.00%

Nota: Elaborado por El Autor, (2023)

Figura 81. Clasificación de viviendas por uso de la infraestructura



Nota: Elaborado por El Autor, (2023)

Sistema de Eliminación de Excretos

De las 42 viviendas clasificadas y evaluadas de acuerdo al sistema de eliminación de excretos, 38 que corresponde al 90.48%, tienen fosa séptica, 1 correspondiente al 2.38% descargan al aire libre, y, 3 correspondiente al 7.14% tiene otro sistema, biodigestores en este caso. La tabla 34 y el anexo 16 muestran la descripción de viviendas de acuerdo al Sistema de eliminación de excretos.

Tabla 34. Clasificación de viviendas de acuerdo al Sistema de eliminación de excretos.

Sistema de eliminación de excretos.	Cantidad	Porcentaje
Fosa Séptica	38	90.48%
Aire Libre	1	2.38%
Otro	3	7.14%
Total	42	100.00%

Nota: Elaborado por El Autor, (2023)

Estado Actual del Sistema de Eliminación de Excretos.

De las 42 viviendas clasificadas y evaluadas de acuerdo al estado actual del sistema de eliminación de excretos 17 que corresponde al 40.48%, tienen Buen funcionamiento, 10 correspondiente al 23.81% tienen medio funcionamiento, y, 15 correspondiente al 35.71% tiene colapsado el sistema. La tabla 35 y el anexo 16 muestran la descripción de viviendas de acuerdo al estado actual del Sistema de eliminación de excretos.

Tabla 35. Clasificación de viviendas de acuerdo al estado actual del Sistema de eliminación de excretos.

Estado actual del sistema de eliminación de excretos	Cantidad	Porcentaje
Buen Funcionamiento	17	40.48%
Mediano Funcionamiento	10	23.81%
Colapsado	15	35.71%
Total	42	100.00%

Nota: Elaborado por El Autor, (2023)

Tipo de Estructura

De las 42 viviendas evaluadas y clasificadas de acuerdo al tipo de infraestructura, 34 son de Mampostería, equivalente al 80,95%, 5 son de madera, correspondiente al 11,90%, 1 de adobe, 1 de bahareque, 1 mixta (Mampostería y madera), correspondiente al 2.38% respectivamente. La tabla 36 y 16 muestran la clasificación de viviendas de acuerdo al tipo de estructura.

Tabla 36. Clasificación de las viviendas de acuerdo al tipo de infraestructura

Tipo de Estructura	Cantidad	Porcentaje
Mampostería	34	80.95%
Madera	5	11.90%
Adobe	1	2.38%
Bahareque	1	2.38%
Mixta	1	2.38%
Total	42	100%

Nota: Elaborado por El Autor, (2023)

Tipo de Cubierta

De las 42 viviendas clasificadas y evaluadas de acuerdo al tipo de cubierta, 5 equivalente al 11.90%, son de losa-terraza, 13 correspondiente al 30.95% son de Teja, 2 correspondiente al 4.76% poseen una cubierta de asbesto cemento, y, 22 correspondiente al 52.38% poseen una cubierta de planchas metálicas. La tabla 37 y el anexo 16 muestran la descripción de viviendas de acuerdo al tipo de cubierta.

Tabla 37. Clasificación de las viviendas de acuerdo al tipo de cubierta

Tipo de cubierta	Cantidad	Porcentaje
Losa-Terraza	5	11.90%
Teja	13	30.95%
Asbesto Cemento	2	4.76%
Planchas Metálicas	22	52.38%
Total	42	100.00%

Nota: Elaborado por El Autor, (2023)

Estructura del Techo

De las 42 viviendas evaluadas y clasificadas de acuerdo a la estructura de la vivienda, 26 correspondiente al 61.90% tienen una estructura de acero, 16 equivalente al 38.10% tienen una estructura de madera. La tabla 38 y 16 muestran la clasificación de viviendas de acuerdo al tipo de estructura en el techo.

Tabla 38. Clasificación de las viviendas de acuerdo a la estructura del techo

Estructura del techo	Cantidad	Porcentaje
Acero	26	61.90%
Madera	16	38.10%
Total	42	100.00%

Nota: Elaborado por El Autor, (2023)

Revestimiento de Pisos

De las 42 viviendas evaluadas y clasificadas de acuerdo al revestimiento del piso en la vivienda, 18 correspondiente al 42.82% poseen un piso de concreto, 22 correspondiente al 52.38%, poseen un piso de cerámica, 1 equivalente al 2.38% posee un piso de tierra, y, 1 correspondiente al 2.38% posee un piso de gravilla. La tabla 39 y el anexo 16 muestran la clasificación de viviendas de acuerdo al revestimiento de pisos.

Tabla 39. Clasificación de las viviendas de acuerdo al revestimiento de pisos

Revestimiento de pisos	Cantidad	Porcentaje
Concreto	18	42.86%
Cerámica- Granito	22	52.38%
Tierra	1	2.38%
Otro	1	2.38%
Total	42	100.00%

Nota: Elaborado por El Autor, (2023)

Edad de la Construcción

De las 42 viviendas evaluadas y clasificadas de acuerdo a la edad de la construcción, 12 correspondiente al 28.57% tienen una edad de 0-2 años, 3 correspondiente al 7.14% tienen una edad de construcción de 2-5 años, 12 correspondiente al 28.57% tiene una edad de 5-10 años de construcción, 6 correspondiente al 14.29% tienen una edad de construcción de 10-20 años, y, 9 correspondiente al 21.43% tienen una edad de construcción mayor a 20 años La tabla 40 y el anexo 16 muestran la clasificación de viviendas de acuerdo a la edad de construcción.

Tabla 40. Clasificación de las viviendas de acuerdo a la edad de construcción

Edad de la construcción	Cantidad	Porcentaje
0-2 años	12	28.57%
2-5 años	3	7.14%
5-10 años	12	28.57%
10-20 años	6	14.29%
>20 años	9	21.43%
Total	42	100.00%

Nota: Elaborado por El Autor, (2023)

Daños en la Vivienda

De las 42 viviendas evaluadas y clasificadas de acuerdo al tipo de daño en la vivienda, 14 correspondiente al 33% no presentan ningún tipo de daño, 18 equivalente al 43% presentan daños leves, 7 correspondiente al 17% presentan daños moderado (colapso parcial, inclinación o agrietamiento diferenciado), y 3 correspondiente al 7% presentan daños graves, en este caso colapso total de la vivienda. La tabla 41 y el anexo 16 muestran la clasificación de viviendas de acuerdo al tipo de daño.

Tabla 41. Clasificación de las viviendas de acuerdo al tipo de daño en la vivienda

Daño en la vivienda	Cantidad	Porcentaje
Ninguno	14	33%
Leve	18	43%
Moderado	7	17%
Grave	3	7%
Total	42	100%

Nota: Elaborado por El Autor, (2023)

La figura, 82 muestra en secuencia como se presentan los daños en las viviendas donde: A no presenta daños observables, B presenta daños leves como pequeños agrietamientos en pisos y paredes, C daños moderados correspondiente a inclinaciones, y agrietamientos considerables o colapsos parciales y D daños graves correspondiente a colapso total.

Figura 82. Daños Identificados en las viviendas de San José de las Peñas



Nota: Elaborado por El Autor, (2023)

Daños en el Entorno

De las 42 viviendas evaluadas y clasificadas de acuerdo al tipo de daño en el entorno, 2 correspondiente al 4.76% no presenta ningún tipo de daño, 8 correspondiente al 19.05% presenta daños leves, 29 correspondiente al 69.05% presenta daños moderado, y 3 equivalente al 7.14% presenta un daño grave. La tabla 42 y el anexo 16 muestran la clasificación de viviendas de acuerdo al tipo de daño.

Tabla 42. Clasificación de daños en el entorno

Daños en el entorno	Cantidad	Porcentaje
Ninguno	2	4.76%
Leve	8	19.05%
Moderado	29	69.05%
Grave	3	7.14%
Total	42	100.00%

Nota: Elaborado por El Autor, (2023)

La figura 83A y 83B muestran los daños en el entorno de las viviendas presentes en el barrio San José tal es el caso de colapso de talud y cercanías a cuerpos de agua o zonas de humedad respectivamente.

Figura 83: Daños en el entorno



Nota: Elaborado por El Autor, (2023)

Descripción del Daño Estructural

De las 42 viviendas evaluadas y clasificadas de acuerdo al daño estructural tenemos que 3 correspondiente al 76.19% son habitables ya que presentan daños leves en paredes y techos, 7 correspondiente al 16.67% son de uso restringido puesto que presentan colapso parcial de paredes o elementos inclinados causando un daño moderado, y, 3 correspondiente al 7.14% son inhabitables, debido al colapso de las mismas. La tabla 43 y el anexo 16 muestran la clasificación de viviendas de acuerdo al daño estructural.

Tabla 43. Clasificación de daños estructurales

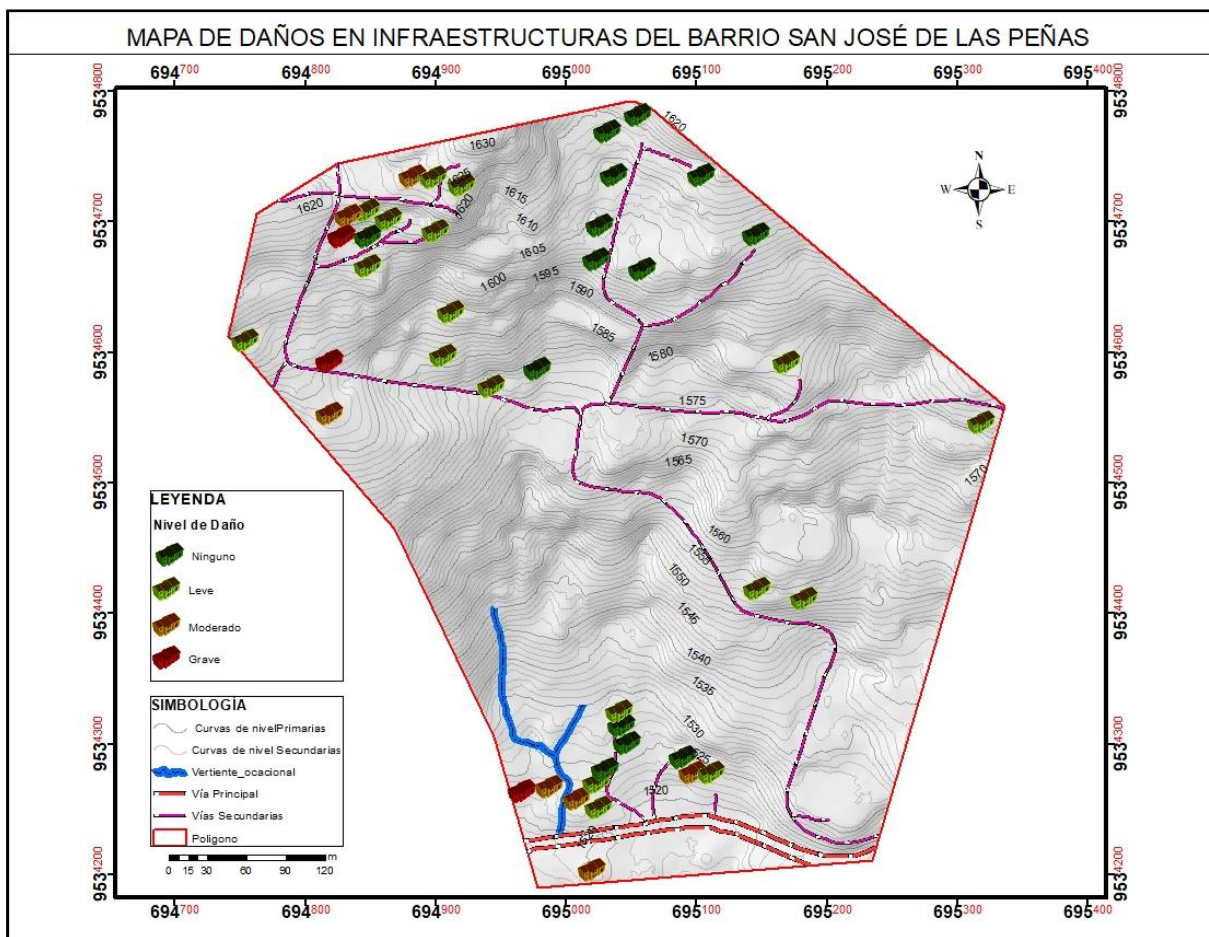
Descripción del daño estructural	Cantidad	Porcentaje
Habitable	32	76.19%
Uso restringido	7	16.67%
Inhabitable	3	7.14%
Total	42	100.00%

Nota: Elaborado por El Autor, (2023)

En el anexo 17 muestra el mapa de daños en Infraestructuras en el barrio San José de las Peñas, elaborado con información obtenida de la descripción y observación en campo con la respectiva tabulación den gabinete.

La figura 84 se muestra la distribución de los daños en las infraestructuras dentro del área de estudio, donde, 14 correspondiente al 33% no presentan ningún tipo de daño, 18 correspondiente al 43% presentan daños leves como grietas en pisos y paredes, 7 correspondiente al 17% presentan daños moderado (colapso parcial, inclinación o agrietamiento considerable), y 3 correspondiente al 7% presentan daños graves, en este caso colapso total de la vivienda.

Figura 84. Distribución de daños en infraestructuras en San José de las Peñas



Nota: Elaborado por El Autor, (2023)

7. Discusión

El presente trabajo de investigación tuvo como propósito realizar la caracterización Geológica-Geotécnica del barrio San José de las Peñas, parroquia Malacatos, cantón y provincia de Loja”, para ello se cumplió con algunos aspectos generales como, levantamiento topográfico, levantamiento geológico estructural correlacionándolo con lo establecida en la carta geológica regional, así mismo se realizó una campaña de exploración geotecnia a través de métodos indirectos y directos con la finalidad de conocer las propiedades físico-mecánicas de los geo materiales presentes en el área. Esto debido a que en el sector existen áreas que están siendo afectadas por suelos poco estables, evidenciando deformaciones principalmente en las viviendas asentadas en el sector.

Siendo así, la pendiente del terreno se correlacionó con dos metodologías los valores de pendientes, para tener un mayor conocimiento y certeza de esta variable tan importante para análisis geotécnicos. Según la metodología propuesta por Demek, (1972), la zona de estudio se clasifica las pendientes en 4 clases, en rangos de 0° a 5° como ligeramente inclinadas se tiene un porcentaje de 11.22%, de 5° a 15° correspondientes a fuertemente inclinadas en un porcentaje de 57.00%, de 15° a 35° dentro del rango de muy inclinadas con un porcentaje de 31.73%, y de 35° a 43° como empinadas con valores $<1\%$, mientras que según la metodología de Martínez y Mercado (1992) se clasifica en 6 clases, desde 0° a $8,5^{\circ}$ en terrenos planos o casi planos con un porcentaje de 28.38%, de $8,5^{\circ}$ a $16,7^{\circ}$ en terrenos inclinados con una representatividad de 48,10%, de $16,7^{\circ}$ a $26,6^{\circ}$ correspondiente a terrenos moderadamente escarpados con un porcentaje de 21,72%, de $26,6^{\circ}$ a $36,9^{\circ}$ como terrenos escarpados con un porcentaje de 1,79%, y de $>36,9^{\circ}$ que corresponde a terrenos muy escarpados $<1\%$. Es decir, un 90% del área de investigación corresponde a rangos correspondientes a pendientes inclinadas $<26^{\circ}$, tanto por el método de Demek (1972), como en el de Mercado (1992).

La técnica de campo de recolección de muestras en trincheras geológicas y descripción de afloramientos permitió determinar que el área de investigación en su mayoría está compuesta por depósitos coluviales constituidos por clastos subangulosos y subredondeados milimétricos a centimétricos envueltos en una matriz arcillo-arenosa, enfatizando que estos depósitos se encuentran en contacto con fragmentos volcánicos y clastos metamórficos centimétricos con matriz areniscosa de diámetro variable, intercalada con matriz areno-limosa-arcillosa cuyo análisis e interpretación determina que pertenece a la formación San José dada la similitud litológica con la expuesta en la carta geológica regional Gonzanamá propuesta por

INIGEMM (2017), adicionalmente Hungerbühler (1997), menciona que dicha formación incluye areniscas calcáreas, delgadas capas de calizas, y conglomerados con clastos volcánicos y metamórficos, aunque dentro del área de estudio no se encontró capas de caliza. También se encontro materiales sedimentarios dispuestos en una secuencia estratificada con intercalaciones de centimétricas capas de lutitas, areniscas, arcillas y finas láminas de yeso paralelas a la estratificación; mediante exploración directa del subsuelo a través de trincheras geológicas se observó materiales carbonatados bastante disgregados adheridos a los materiales litológicos presentes.

Mediante fotointerpretación al Norte y Nor-Oeste del polígono de estudio se identificó una falla con dirección preferencial NW-SE, localizada en una zona con pendiente vertical dentro de la denominada formación San José, dicha falla se establece como falla observada en la carta geológica Gonzanamá (2017). Solís (2017) menciona que dicha falla tiene dirección NW-SE con un buzamiento al NE, y es una prolongación de la falla El Tambo, la cual recibe el nombre de falla Picota al ingresar a la cuenca sedimentaria de Malacatos. Localmente no se ha identificado fallas que estén afectando directamente la zona de estudio, sin embargo, sí estructuras sedimentarias puntuales como pliegues tipo sinclinorio compuesto por una sucesión de pliegues sinclinales y anticlinales, y un pliegue tumbado fallado.

Este trabajo se basó en la obtención de datos geotécnicos, a partir de métodos directos e indirectos como ensayo de penetración estándar (SPT) elaborados bajo la normativa ASTM y sondeos eléctricos verticales (SEV's) respectivamente, donde la profundidad de exploración alcanzo 6.00 m, tras su análisis e interpretación aportaron con información sobre las propiedades que presentan los suelos. Los suelos encontrados en los ensayos de penetración estándar (SPT) son materiales correspondientes a: Limos elásticos (MH1), Arcillas de lata plasticidad (CH 1), Arcillas de baja plasticidad (CL), Gravas arcillosas (GC), arenas arcillosas (SC). Para los suelos granulares, los cuales están presentes en menor proporción sobre todo en el Pozo 4 correspondientes a gravas arcillosas y arenas arcillosas.

La correlación pertinente se establece que en su mayoría son suelos finos correspondiente a arcillosos de alta y baja plasticidad con arena con un alto contenido de humedad y a su vez presentan una baja cohesión. Mediante el análisis matemático de los datos de laboratorio, se obtuvo los límites de Atterberg (1911), donde el índice de liquidez en la mayoría de muestras refleja valores > 0.5 por lo que se asume que los suelos son sensibles o normalmente consolidados, Gonzáles de Vallejo (2002) explica que estos suelos en estado

natural son estables, pero con carga colapsan. Estas arcillas presentan un alto cambio de volumen y potencial expansivo. Terzaghi (1925) indica que, si las arcillas son normalmente consolidadas hay muchas probabilidades de que ocurran asentamientos diferenciales excesivos en cimentaciones y no es viable el uso de zapatas aisladas. Braja Das (2015) manifiesta que en suelos de baja capacidad de carga es recomendable construir sobre una plataforma de concreto denominada losa de cimentación, sin embargo, Crespo (2004) menciona que es recomendable cimentar a considerable distancia de la superficie atravesando el sustrato expansivo, donde actúa la cohesión a favor de la estabilidad y las arcillas tienden a expandirse y contraerse en menor proporción.

El estudio geofísico nos permite determinar entre tres y cuatro fronteras geo-eléctricas: Presentando en la primera suelos generalmente arcillosos de plasticidad alta y baja, con clastos y fragmentos con resistividades entre 3-6 Ωm , como lo indica Orellana (1982) los suelos de grano muy fino o fino tienen poca resistividad por lo que son mejores conductores que los de grano medio, esto se puede observar claramente en las curvas de en los SEVs 1-2-5 cuyo espesor ronda entre 0.30-1.20 m, esta frontera corresponde a zona de cobertura superficial propios de los procesos erosivos.

La segunda frontera corresponde a materiales arcillosos con distintos grados de plasticidad, trazas de saturación hasta presencia de arenas y limos, conforme a resistividades entre 0.1-7 Ωm , indicando también resistividades pobres y altas conductividades, cumpliéndose así una relación inversamente proporcional entre la resistividad y la conductividad, presentes en los SEVs: 1-2-5.

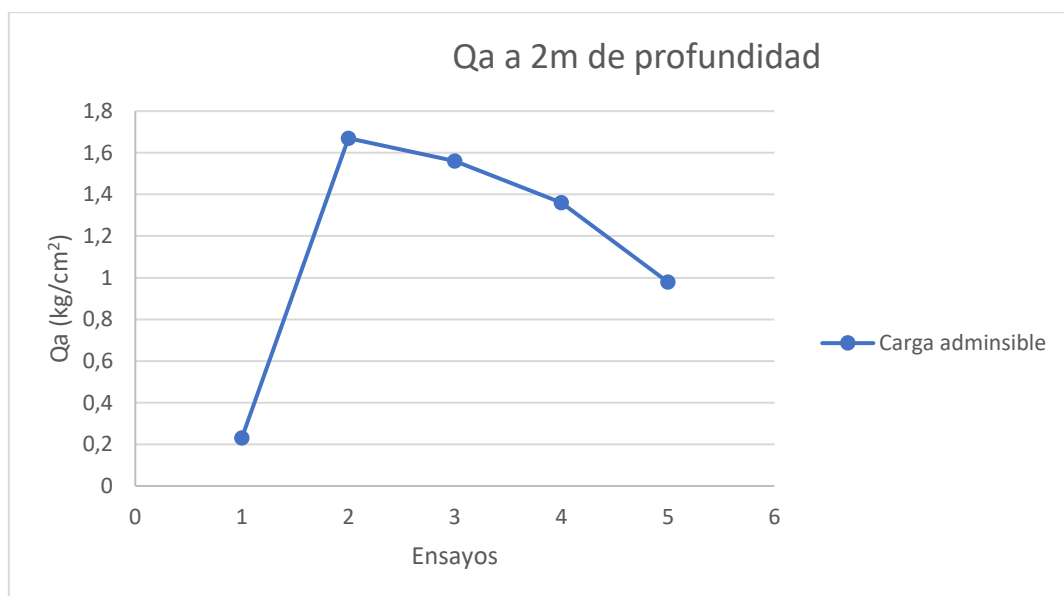
Una tercera frontera la encontramos capas de materiales arenosos entre capas de arcilla saturadas, lo cual refleja las condiciones para la presencia de niveles freáticos o acuíferos confinados, como lo indica Castillo (2003) un acuífero confinado en su límite superior presenta o una presión superior a la atmosférica y se comportan en materiales confinantes mucho menos permeables, como las arcillas. Esto se puede apreciar en el SEV 3, con potencias de 2m, 5m, hasta 18m.

Correspondiente a una cuarta frontera, la capa que presenta una alta resistividad en este estudio corresponde a materiales tipo bloque de areniscas que presenta un valor de 72.3 Ωm (SEV 4) lo cual nos permite deducir que la ausencia de agua o poros en esta capa refleja un bloque de arenas compacto con el orden de sus clastos bien sorteado, sin embargo, como lo señala Orellana (1982), esto puede suceder cuando se presentan anisotropías, es decir, la

resistividad de algunos minerales y como consecuencia de las rocas que estos forman, varía según la dirección de medida que se toma, lo cual es común en las rocas sedimentarias.

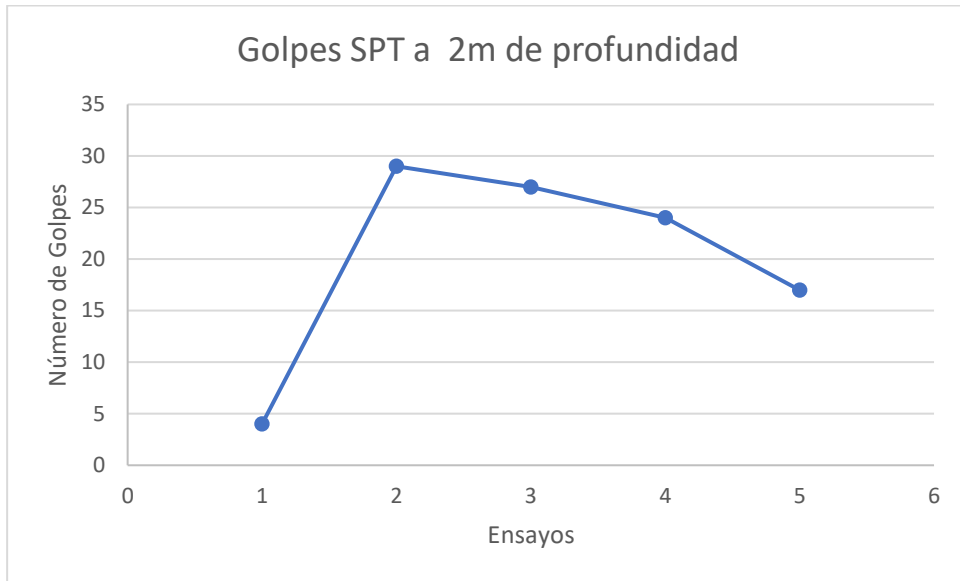
Relacionado a la Capacidad de Carga en un suelo, en este apartado se analiza la capacidad admisible o capacidad de carga (Q_a) para 2m y 3m de profundidad en cada uno de los ensayos, ya que en nuestro entorno es la media de construcción de los cimientos para viviendas o residencias. A 2m de profundidad, valores de 0.23, y 0.98 kg/cm^2 en los SPTs 1-5 que por su carga según la Norma Básica de la Edificación Española (NE-88) los clasifica dentro de terrenos orgánicos o rellenos sin consolidar, para los SPTs 2-3-4 a 1.67, 1.56, y 1.36 kg/cm^2 correspondientemente según la NE-88 como terrenos coherentes arcillosos semi-blandos (ver figura 85), sin embargo, la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC-15), considera los perfiles de suelo según la velocidad de onda cortante promedio V_{s30} , número de golpes, o la resistencia al corte no drenado, por lo que a 2m de profundidad se tienen suelos de clase D correspondientes a perfiles de suelos rígidos que se encuentran dentro del rango $50 > N \geq 15.0$ (ver figura 86).

Figura 85. Capacidad admisible a 2m de profundidad.



Nota: Elaborado por El Autor, (2023)

Figura 86. Número de golpes SPT a 2m de profundidad.



Nota: Elaborado por El Autor, (2023)

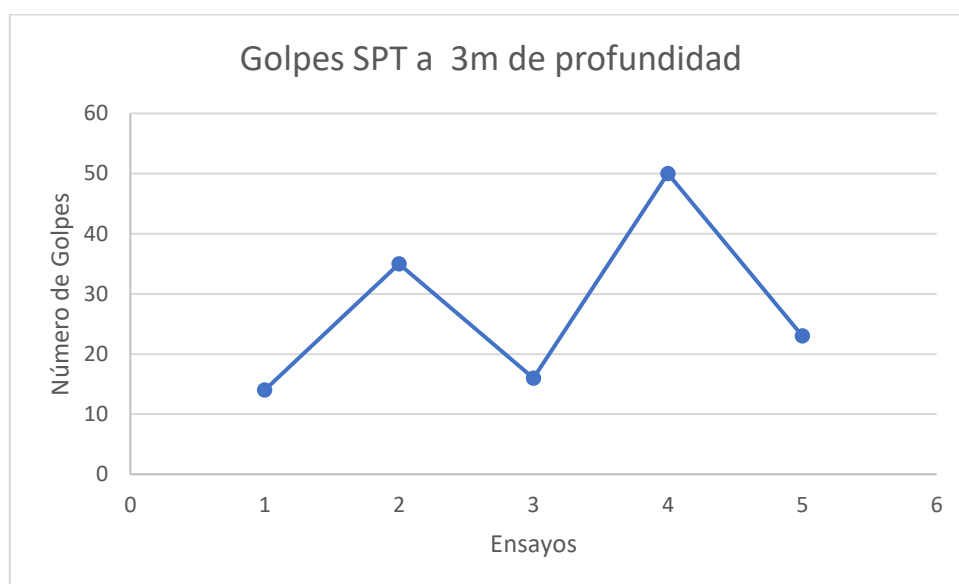
Para profundidades de 3m, se presenta valores de 0.81, 2.02, 1.2, 2.88 y 1.33 kg/cm² en los SPTs 1-2-3-4-5 que, según su carga, la Norma Básica de la Edificación Española (NE-88) los clasifica como terrenos coherentes entre arcillosos duros a semi-blandos (ver figura 87), en cambio, la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC-15), los considera como perfiles de suelo clase D, que corresponden a perfiles de suelos rígidos que se encuentran dentro del rango $50 > N \geq 15.0$ (ver figura 88).

Figura 87. Capacidad admisible a 3m de profundidad.



Nota: Elaborado por El Autor, (2023)

Figura 88. Número de golpes SPT a 3m de profundidad.



Nota: Elaborado por El Autor, (2023)

Simons & Menzies (2000) señalan que la capacidad de carga de un suelo está relacionada con el fallo al corte. Para las cimentaciones sobre arcillas la resistencia al corte es usualmente el factor de control porque las arcillas son de baja permeabilidad y la construcción de la estructura generalmente ocurre bajo condiciones no drenadas por lo que la arcilla se consolidará con el tiempo. Sin embargo, los suelos friccionales son de alta permeabilidad y al final de la construcción ya estarán totalmente drenados. Según la Teoría de Capacidad de Carga correspondiente a la teoría de Meyerhof (1953). De los 5 sondeos realizados en los SPTs 1 y 5, la capacidad portante a 2m es inferior a 1.2g/cm^2 , mientras que, a 3m de profundidad, en el punto del SPT 1, la capacidad portante es inferior a 1.2g/cm^2 .

8. Conclusiones

Del análisis y culminación del presente trabajo titulado Caracterización Geológica-Geotécnica del Barrio San José de las Peñas, parroquia Malacatos, cantón y provincia de Loja se ha podido obtener las siguientes conclusiones:

- Topográficamente la zona de estudio comprende una superficie de 22.58 ha, misma que presenta un relieve irregular, donde de acuerdo al modelo geomorfológico un 56.23% corresponde a terrenos tipo coluvión antiguo con pendiente de 0 a 43°; 21.83% corresponde a vertiente heterogénea con pendiente de 5 a 35%, un 17.31% con pendientes de 5 a 35% corresponde a un Piedemonte; un 4.62% corresponde a una zona de terraza con pendiente de 0 a 15°.
- Geológicamente el área de estudio se encuentra dentro de las formaciones: San José compuesta por clastos metamórficos y volcánicos sub-angulosos y sub-redondeados con matriz areno-arcillosa-limosa y bloques de arenisca consolidada; San Francisco, donde predominan rocas sedimentarias como lutitas, arcillas, areniscas y finas laminas u capas de yeso; material coluvial compuesto por suelos sueltos tipo arcillas, areniscas y clastos poco consolidados y mal graduados provenientes de las formaciones aledañas. Dentro de la geología estructural localmente se identificó estructuras puntuales de carácter sedimentarias como pliegues, contactos inferidos y un contacto observado entre la formación San José y el material coluvial. Regionalmente al Norte y Nor-Oeste del área de estudio se encuentra la falla Picota y San Francisco respectivamente.
- De acuerdo al análisis geotécnico, se puede concluir que los suelos en su mayoría son arcillo-arenosos con un alto cambio de volumen y potencial expansivo y se presentan relativamente húmedos; con la elaboración de las líneas eléctricas se determinó que el primer SEV presenta litologías con capas de arcillas y areniscas con grados de saturación; el segundo SEV presenta litológicamente capas de arcillas areniscas y lutitas con grados de saturación; el SEV tres presenta litológicamente capas superficiales arcillas con areniscas y a mayor profundidad capas tipo bloque de areniscas consolidadas relativamente húmedas; el SEV 4 presenta capas tipo bloque de areniscas y arenas arcillosas relativamente húmedas; el SEV 5 presenta litológicamente hasta los 5 m de profundidad materiales arcilloso con arena seguidamente de materiales limosos con trazas de saturación, es decir, entre gravas, arenas y arcillas, se cumple que a medida que aumenta el tamaño de las partículas, la roca es más antigua y más

compacta, aumentando el valor de la resistividad, por ello la grava tiene mayor resistividad que la arena y a su vez la arena más resistividad que la arcilla.

- De acuerdo a los SPT's, el primero de ellos se caracteriza por contener arcillas de alta plasticidad con arena, localizando un nivel freático a los 2 m, presentando un contenido de humedad máximo 64 %, están sujetos a un alto cambios de volumen y presentan una baja carga admisible inferior a 1 kg/cm^2 en los 3 primeros metros: el segundo SPT caracterizado por arcillas de alta plasticidad y arcillas de baja plasticidad con arena , con un contenido de humedad máximo 34% , están sujetos a un moderado cambio de volumen y presenta una baja carga admisible en los primeros metros; el tercer SPT conformado por arcillas de alta y baja plasticidad y arenas arcillosas, con un contenido de humedad máximo 23%, donde dichas arcillas presentan un moderado cambio de volumen y baja carga admisible al primer metro de perforación; el cuarto SPT conformado por gravas arcillosas y arenas arcillosa, con un contenido de humedad máximo de 19%, donde las arcillas presentan un bajo potencial expansivo, y la carga admisible es relativamente alta al 3 metro de perforación; el quinto SPT litológicamente conformado por arcillas de alta y baja plasticidad, limos elásticos con un alto potencial expansivo, con un contenido de humedad máximo de 50% presentan cargas admisibles inferiores a 1 kg/cm^2 los dos primeros metros de profundidad.
- A 2m de profundidad según la Norma Básica de la Edificación Española (NE-88) y la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC-15), los suelos del área de estudio se clasifican como terrenos coherentes arcillosos semi-blandos y suelos de clase D correspondientes a perfiles de suelos rígidos respectivamente, mientras que a 3m de profundidad los clasifica como terrenos coherentes entre arcillosos duros a semi-blandos y perfiles de suelo clase D.
- La NEC-15 no establece el valor de la carga admisible como tal, sino establece el método de cálculo permitido y el factor de seguridad mínimo, lo que si establece la NEC-15 es la profundidad de la investigación en función de la categoría de unidad constructiva, establece cantidad de sondajes y profundidades.
- La capacidad de carga según Meyerhof (1953), los puntos donde se tiene una capacidad admisible recomendada superior a 1.2 kg/cm^2 , a 2m corresponden a SPTs 2-3 y 4, mientras que a 3m corresponde a SPTs 2-3-4-5.

- Geológica y geotécnicamente el área en estudio se divide en 3 zonas tomando en consideración factores influyentes como la geología, clases de suelo, humedad, comportamiento de las arcillas, carga admisible, topografía, y pendiente, donde la zona 1 es considerada la más estable, la zona dos presenta estabilidad media, y por contraparte la zona 3 es considerada la menos estable.
- El área en estudio en su gran mayoría es inestable principalmente dentro de la formación san Francisco y los depósitos coluviales donde predominan materiales arcillosos de alta plasticidad, con un alto cambio de volumen, y un alto potencial expansivo, además de ello los estratos identificados buzanan a favor de la pendiente; dichos materiales litológicos se encuentran húmedos o con posibles trazas de saturación producto de la mala disposición de las aguas de regadío, aguas de uso doméstico, principalmente y en especial por el colapso total o parcial de las fosas sépticas las cuales ya han cumplido su vida útil según información obtenida de los moradores. La secuencia de estos parámetros y el comportamiento de los suelos influye directamente sobre las viviendas identificadas y contribuyen al fallamiento, agrietamiento u colapso parcial o total de las mismas, considerando que están asentadas en zonas de ladera sin previos estudios geológicos geotécnicos y asesoramiento técnico.
- Mediante la evaluación rápida de daños en infraestructuras se determinó que 8 viviendas equivalente al 100% asentadas en la zona uno no presentan daños por ende son habitables, 2 viviendas equivalente al 100% de las viviendas asentadas en la zona dos presentan daños leves y son habitables, mientras que en la zona tres, de las 32 viviendas emplazadas; 6 correspondiente al 18.75% no presentan daños y son habitables, 16 equivalente al 50% presentan daños leves y son habitables, 7 equivalente al 21,87% presentan daños moderados y son de uso restringido y 3 equivalente al 9.35% presentan daños graves y son inhabitables. por ende, la zona 3 es considerada la más inestable y las infraestructuras emplazadas en la misma están propensas a modificaciones a corto o mediano plazo.

9. Recomendaciones

- Realizar un estudio hidrogeológico e hidrológico del barrio San José de las peñas, para determinar las principales zonas de recarga y la dirección preferencial del flujo de agua subterránea.
- Se puede considerar el presente estudio geológico geotécnico como base para un estudio más detallado, a prioridad, se lo puede utilizar para realizar un estudio geotécnico para determinar factores de seguridad ya que se tiene variables como pendientes, litología, profundidades a las que se puede estimar fallas por deslizamientos, y cohesión, además se tienen variables que se pueden aplicar en un estudio futuro de microzonificación.
- Se debe tomar en cuenta las combinaciones de carga que generen los efectos más desfavorables en el elemento estructural a ser diseñado, por lo que antes de realizar cualquier infraestructura, se debe buscar asesoramiento técnico, para que se determinen los parámetros constructivos en el sector, y si es viable o no el levantamiento de nuevas obras civiles.
- Reemplazar las tradicionales y colapsadas fosas sépticas por tanques biodigestores y canalizar las aguas superficiales, como también controlar adecuadamente las aguas de regadío en zonas agrícolas
- Realizar obras de drenaje para protección de superficies; tales como cunetas de superficie y de drenaje subterráneo las cuales intercepten aguas provenientes de escorrentías superficiales y subterráneas, esto con finalidad de conservar y garantizar la estabilidad global de los suelos.
- Que el GAD parroquial implemente obras de mitigación y a su vez preste los servicios básicos de saneamiento en el lugar, controle los parámetros generados de construcción al momento de implementar nuevas edificaciones en esta zona, y se prohíba la construcción sin los permisos y estudios correspondientes.
- Implementar políticas de difusión pública a los moradores, a través del GAD parroquial, haciéndoles conocer sobre la normativa vigente para la construcción de edificaciones y sobre todo en zonas de ladera con suelos propensos a inestabilidad.

10. Bibliografía

- Aguilar, Z. (2013). *Estudio de mecánica de Suelos: Exploración Geotécnica*. Universidad Nacional de Ingeniería, Lima. Perú.
- Arias, D., Ramirez, O., & Paiño, F. (2012). *Relaciones geoelectricas en la exploracion geotecnica*. Scielo, 1(31),39-50.
- Alcantara, D. (1999). *Apuntes de Topografía(Segunda edición)*. Distrito federal de Mexico.Editorial. UAM-AZCAPOTZALCO.
- Alvarado, A., Audin, L., Nocquet, J. M., Jaillard, E., Mothes, P., Jarrín, P., Segovia, M., Rolandone, F., & Cisneros, D. (2016). Partitioning of oblique convergence in the Northern Andes subduction zone: Migration history and the present-day boundary of the North Andean Sliver in Ecuador. *Tectonics*, 35(5), 1048–1065. <https://doi.org/10.1002/2016TC004117>
- Arellano, J. (2002). *Apuntes de Geología Estructural*. Facultad de ingenieria.UNAEM.
- ASTMD-4318. *Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils*
- ASTMD-2487-11. *Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System)*
- Ayala , L. (2018). *Explorock, Soluciones Geológicas*.Geohubby.
- Badillo, J., & Rodríguez, R. (2005). *Mecánica de Suelos I*. Editorial.Limusa.
- Basila, P. (2013). *Métodos de exploración de suelos* .ITESM Campus QRO. <https://acortar.link/srj7ky>
- Braja Das. (2015). *Fundamentos de Ingeniería Geotécnica (Cuarta Edición ed.)*.Cengage Learning.
- Buckner, R. (1983). *Surveying measurements and their Analysis*. Landmark Enterprises.
- Casanova, M. L. (2002). *Topografía Plana*. Universidad de Los Andes.
- Clirsén. (2012). *Centro de Levantamiento Integrados de Recursos Naturales por Sensores*. Quito: Proyecto de generación de información georreferenciada para el desarrollo sustentable del sector agropecuario.
- CONRED, & MIVAH. (2018). *Guía técnica del proceso de evaluación rápida de daños en vivienda; Protocolo para la valoración de daños en casos extemporáneos./ Guía técnica del procesode evaluación rápida de danos en vivienda*. Coordinadora Nacional

- para la Reducción de Desastres/Dirección de Vivienda y Asentamientos Humanos
<https://acortar.link/bkyNRY> / <https://acortar.link/eInDbV>
- Crespo, C. (2004). *Mecánica de Suelos y Cimentaciones* (quinta edición ed.). Limusa.
- Cruden, D., & Varnes, D. (1996). Landslide Types and Processes. En *Landslides Investigation and Mitigation* (págs. 36-75). National Academy Press.
- De Mello, J. (1971). Standard penetration test. *Panamerican Congress on Soil Mechanics and Foundation Engineering, 1*.
- Demek, J. (1972). *Manual of detailed geomorphological mapping*. Prague, Academia.
- Echevereste, H. (2008). *Manual de levantamiento Geológico*. Universidad de la Plata.
- Elorza, M. G. (2008). *Gemorfología*. Pearson Educación S. A.
- Fernández, D. (2014). Geología sedimentaria y sedimentología del proyecto del mapeo geológico a nivel Nacional. *KUPDF*, 22.
- Forero, C., & Dueñas. (1994). *Conceptos y Metodología Básica de Zonificación Geotécnica*. V Congreso colombiano de Getecnia
- Fuentes, G. (2012). *Topografía (Primera edición)*. Red Tercer Milenio.
- Gámez, W. (2015). *Texto Básico autoformativo de topografía general*. UNA.
- Giron, D. (2017). *Historia de la cartografía: La evolución de los mapas*. Edición Personal.
- Glezz. (2017). Informe de un sondeo Eléctrico: <https://acortar.link/3HfrST>
- González de Vallejo, L. (2002). *Ingeniería Geológica*. Pearson Educación.
- Gutiérrez, J., & Gould, M. (1994). *Sistemas de Información Geográfica*.
- Hernández, V. (2011). *Manual de Operación de la Estación Total*. Enseñanza de la Topografía
- Hernandez, R., Fernández, C., & Baptista, M. (2014). *Metodología de la investigación (Sexta edición)*. Editorial. Interamericana Editores, S.A. de C.V
- Higgis, A. L. (1943). *Elementary Surveying (Septima edición)*. Impression, Longmans, Green & Co.
- Hungerbühler, D. (1997). Tertiary basins in the Andes of southern Ecuador, sedimentary evolution, deformation and regional tectonic implications. p 57-75. *Earth Science Reviews*.
- Hungerbühler, D. (2002). Neogene stratigraphy and Andean geodynamics of southern Ecuador. *Earth Science Reviews*.
- Hutchinson. (1988). Morphological and Geotechnical Parameters of Landslides in relation to Geology and Hydrogeology. *Fifth International Symposium on Landslides, 1*, 3-35.
- INPRES. (2014). *Fallas Geológicas*. Instituto Nacional de Prevención Sísmica.
<http://contenidos.inpres.gob.ar/docs/Fallas%20Geol%C3%B3gicas.pdf>

- INIGEMM. (2017a). *Hoja Geológica Gonzanamá. 5.*
- INIGEMM. (2017b). *Mapa Geológico de la República del Ecuador.* October.
- Kennerley, J. (1973). Geology of Loja province, southern Ecuador. . *Institute of Geological Sciences* . Unpublished Report.
- Lisle, R., Brabham, P. J., & Barnes, J. W. (2011). *Basic Geological Mapping.* John Wiley & Sons, Ltd.
- Litherland, M. (1994). The metamorphic belts of Ecuador. *Orveas Memoir of the British Geological Survey.*
- MAE., & MAGAP. (2015) *Protocolo metodológico para la elaboración del mapa de cobertura vegetal y uso de la tierra del Ecuador continental.*
- Martínez, T., & Mercado, E. (1992). *Manual de Investigación Urbana.* México, D.F.: Editorial Trillas.
- Meneses, R. (2019). *Implantación y Topografía: Evaluación a Distancia.* Universidad Santo Tomás.
- Montes de Oca, M. (1970). *Introducción a la Topografía.* Ediciones Alfaomega, S.A.
- Navarro, S. (2008). *Manual de Topografía - Planimetría.* Universidad de Sevilla.
- (NEC)-SE-GC. (2014). *Geotécnia y cimentaciones.* Ministerio de Desarrollo urbano y vivienda
- NEC. (2015). Norma Ecuatoriana de la Construcción-Peligro sísmico (MIDUVI & CAMICON (eds.))
- Njue, L. (2010). *Geological Field Mapping. Presented at Short Course V on Exploration for Geothermal Resources.* Geothermal Development Company.
- Nogueira, F. (2018). *Topografía Básica.* Universidad Católica de Goiás.
- Nocquet, J. M., Villegas-Lanza, J. C., Chlieh, M., Mothes, P. A., Rolandone, F., Jarrin, P., Cisneros, D., Alvarado, A., Audin, L., Bondoux, F., Martin, X., Font, Y., Régnier, M., Vallée, M., Tran, T., Beauval, C., Maguiña Mendoza, J. M., Martinez, W., Tavera, H., & Yepes, H. (2014). Motion of continental slivers and creeping subduction in the northern Andes. *Nature Geoscience*, 7(4), 287–291. <https://doi.org/10.1038/ngeo2099>
- Orellana , E. (1982). *Prospección Geoeléctrica en Corriente Continua* (2 ed., Vol. 1). Paraninfo.
- Ortega, G. (2018). *Deformaciones de la corteza terrestre.* Editorial AZETA S.A.
- Pachas, R. (2009). Levantamiento Topográfico. *ACADEMIA*, VIII(16), 29-45.
- Palella , & Martins. (2010). *Metodología de Investigación.* Docsity: <https://acortar.link/ci719G>
- Ramírez, P., & Alejano, L. (2004). *Mecánica de Rocas: Fundamentos e ingeniería de taludes.* Red DESIR.

- Regodón, J. (2006). *Conceptos de Rocas*. PROLIPA.
- Reuter, F. (2002). *Principios de Fotointerpretación*. UNSE
- Sala, M. (1984). Geomorfología actual, Guía conceptual temática y bibliográfica. *Revista de Geografía*, 18(1), 209.
- Schumm, S. (1998). To Interpret the Earth: Ten Ways to Be Wrong. *Library*, 133.
- Skempton, A. W., & MacDonald, D. H. (1956). The Allowable Settlements of Buildings. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers*. 5(6), 727/768. <https://doi.org/10.1680/ipeds.1956.122024>
- Solís, B., Reyes, P., Corrochano, D. (2017). *Revisión morfoestructural y tectónica del norte de la cuenca Malacatos-Vilcabamba*. GEOLatitud
- Súarez, J. (2013). *Litología y Estructura Geológica en Deslizamientos. Tomo I: Análisis Geotécnico* (pág. 156). Bucaramanga. <https://acortar.link/K1n9jZ>
- Suarez, G., Molnar, P., & Burchfiel, B. C. (1983). Seismicity, fault plane solutions, depth of faulting, and active tectonics of the Andes of Peru, Ecuador, and southern Colombia. *Journal of Geophysical Research*, 88(B12), 10403–10428. <https://doi.org/10.1029/JB088iB12p10403>
- Tarbuck, E., & Lutgens, F. (2005). *Ciencias de la Tierra "Una introducción ala geología Física"*. Pearson Educación.
- Thorburn, S. (1963). Tentative Correction Char for the standard penatrition test in non cohesive soil. 58(683), 752-753.
- Torres, A., & Villate, E. (2001). *Topografía*. Pearson Educación de Colombia.
- Val, J. (2014). *Unidades geomorfológicas*. Catálogo descriptivo de objetos geomorfológicos del Ecuador. SIGTIERRAS.
- Van de Plujim, & Marshak. (2004). *Earth Structure*. New York: Norton y Company, Inc. <https://www.geologiaestructural.com/analisis-estructural-pliegues/>
- Varela, R. (2014). *Manual de Geología*. Consejo Nacional de Investigaciones Cientificas y Tecnicas(Universidad Nacional de La Plata), 45.
- Varnes, D. (1978). Slope movement types and processes. *National Academy of(176)*, 11-33.
- Vera, J. (1994). *Estratigrafía, principios y metodos*. Editorial. Rueda.
- Verstappen. (1983). *Applied geomorphology; geomorphological surveys for environmental development*. Elsevier Science Ltd.
- Villalba , M., Vargas, W., & Vergara, C. (2017). *Topografía: Conceptos y Aplicaciones*. ECOE ediciones.
- Zamarripa, M. (2010). *Apuntes de Topografía*. Facultad de Estudios Superiores Acatlán.

11. Anexos

Anexo 1. Ortofoto del área de estudio

ORTOFOTO SAN JOSE DE LAS PEÑAS



Anexo 2. *Mapa topográfico del barrio San José de las Peñas*

Anexo 3. *Mapa de pendientes del barrio San José de las Peñas (Metodología de Demek)*


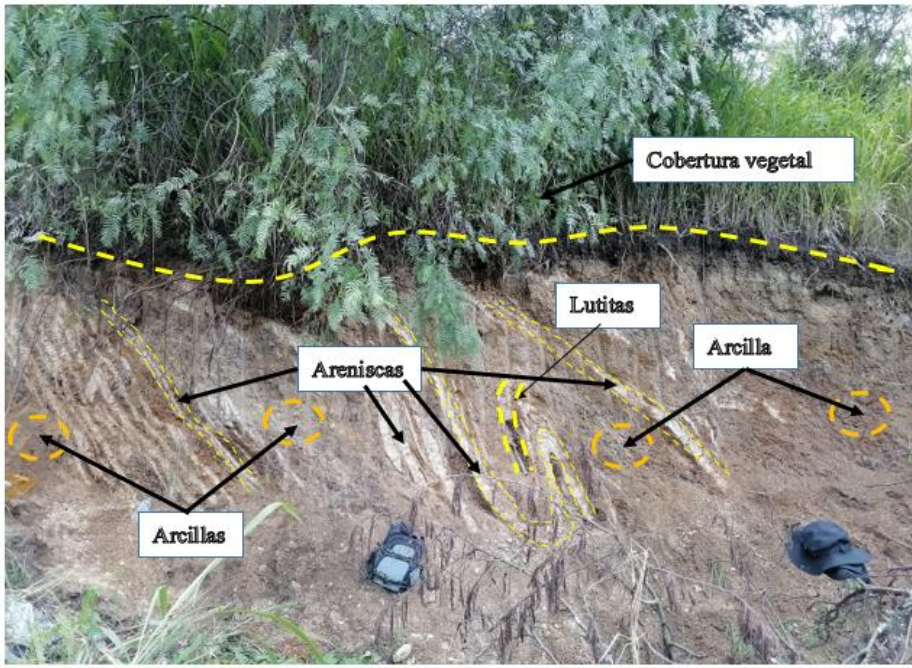
Anexo 4. *Mapa de pendientes del barrio San José de las Peñas (Metodología de Martínez y Mercado)*

Anexo 5. *Mapa geomorfológico barrio San José de las Peñas*

Anexo 6. *Mapa de uso actual del suelo del barrio San José de las Peñas*

(Ubicado en el CD-R nro. 1)

Anexo 7. Fichas de descripción de afloramientos del levantamiento geológico

		Universidad Nacional de Loja		Caracterización geológica-geotécnica del barrio San José de las Peñas o, parroquia Malacatos, cantón y provincia de Loja			
Código del afloramiento: 01			Perfil litológico del afloramiento				
Responsable: Alejandro Cuenca			Tipo de Afloramiento		Antrópico		
Provincia: Loja			Cobertura Vegetal		Herbácea		
Cantón: Loja			Estado de meteorización		Alta		
Sector: San José de las peñas			Angulo de inclinación		71		
Coordenadas UTM-DATUM WGS84			Formación Geológica		San Francisco		
X:694849	Y: 9534605	Z: 1611	Datos estructurales				
Dimensiones	Ancho	Alto	Azimut	338	301	299	304
	8m	3.2m	Buzamiento	57	67	71	86
Fecha:06-03-2022			D. de Buzamiento	N68E	N31E	N29E	S34W
Nro. Capas	Génesis	Litología					Potencia
1	Sedimentaria	Lutitas					15cm
2	Sedimentaria	Areniscas					8.5cm
3	Sedimentaria	Arenisca Blanca (Flanco Izquierdo de pliegue)					7cm
4	Sedimentaria	Arenisca Blanca (Flanco Izquierdo de pliegue)					9cm
Descripción Litológica: Afloramiento compuesto por un pliegue sinclinal donde sus estratos están compuestos por intercalaciones de Areniscas color blanco y arcillas grises a negras, en la parte del núcleo encontramos una capa de lutitas y finas láminas de yeso que son paralelas al estrato. En la parte superior derecha encontramos otra capa de lutitas donde evidenciamos que son color negro debido a la presencia o cercanía a la capa orgánica.							
Fotografía							
							
Observaciones: Pliegue ubicado cerca de una poza séptica colectiva, deslizamiento en el flanco izquierdo.							



UNL

Universidad
Nacional
de Loja

Caracterización geológica-geotécnica del barrio San José de las Peñas o, parroquia Malacatos, cantón y provincia de Loja

Código del afloramiento: 02			Perfil litológico del afloramiento			
Responsable: Alejandro Cuenca			Tipo de Afloramiento	Antrópico		
Provincia: Loja			Cobertura Vegetal	Herbácea		
Cantón: Loja			Estado de meteorización	Alta		
Sector: San José de las peñas			Angulo de inclinación	70		
Coordenadas UTM-DATUM WGS84			Formación Geológica	Deposito coluvial		
X: 695229	Y: 9534220	Z: 1534	Datos estructurales			
Dimensiones	Ancho	Alto	Rumbo			
	16.5m	5.90m	Buzamiento			
Fecha: 08-03-2022			D. de Buzamiento			
Nro. Capas	Génesis	Litología				Potencia
1	Sedimentaria	Arcillas, areniscas, clastos				5.90m

Descripción Litológica: Afloramiento artificial tipo coluvial, compuesto principalmente por arcillas color negras y gris claro, areniscas blanquecinas y rojizas debido a la presencia de óxidos principalmente de Hierro, pequeños clastos angulosos y subred ondeados de 2 a 5 cm. La capa orgánica está compuesta por suelo color negro debido a la alta presencia de Humus, donde su potencia es d 20cm. La cobertura vegetal es tipo herbácea y arbustiva.

Fotografía



Observaciones: Afloramiento artificial ubicado en el flanco derecho de la vía Loja- Malacatos.



UNL

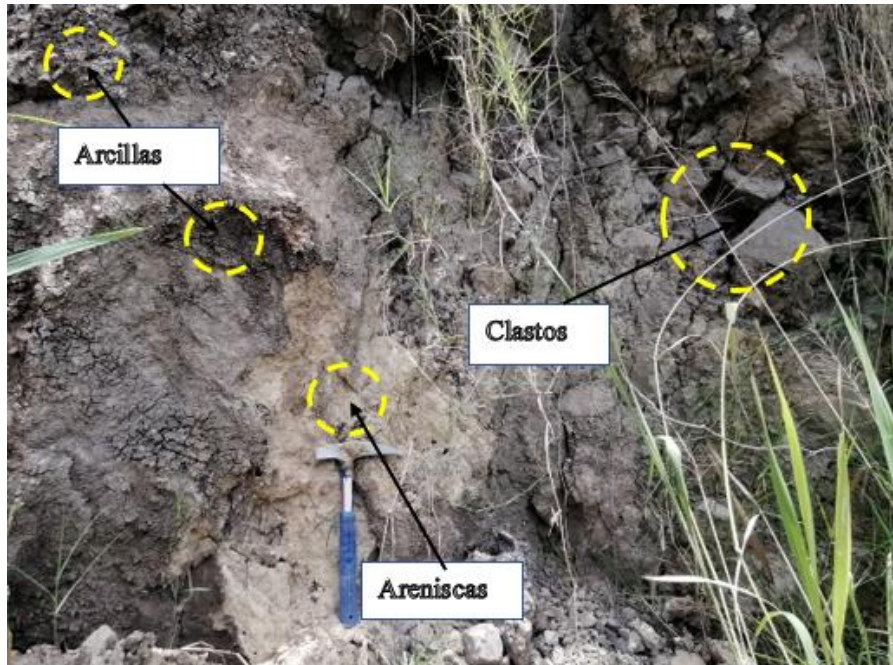
Universidad Nacional de Loja

Caracterización geológica-geotécnica del barrio San José de las Peñas o, parroquia Malacatos, cantón y provincia de Loja

Código del afloramiento: 03			Perfil litológico del afloramiento			
Responsable: Alejandro Cuenca			Tipo de Afloramiento	Antrópico		
Provincia: Loja			Cobertura Vegetal	Herbácea		
Cantón: Loja			Estado de meteorización	Alta		
Sector: San José de las peñas			Angulo de inclinación	60		
Coordenadas UTM-DATUM WGS84			Formación Geológica	Deposito coluvial		
X: 695229	Y: 9534217	Z: 1535	Datos estructurales			
Dimensiones	Ancho	Alto	Rumbo			
	12.3m	6.1m	Buzamiento			
Fecha: 08-03-2022			D. de Buzamiento			
Nro. Capas	Génesis	Litología				Potencia
1	Sedimentaria	Arcillas negras, areniscas blancas, clastos				6.1m

Descripción Litológica: Afloramiento antrópico masivo compuesto por materiales coluviales de restos metamórficos y volcánicos principalmente arcillas color negro y areniscas claras, con intercalaciones de clastos que oscilan los tamaños de 2 a 25 cm. El afloramiento presenta alteraciones debido a la alta presencia de humedad. Los materiales coluviales no presentan ninguna orientación significativa.

Fotografía



Observaciones: Afloramiento artificial ubicado en el flanco derecho de la vía Loja- Malacatos



UNL

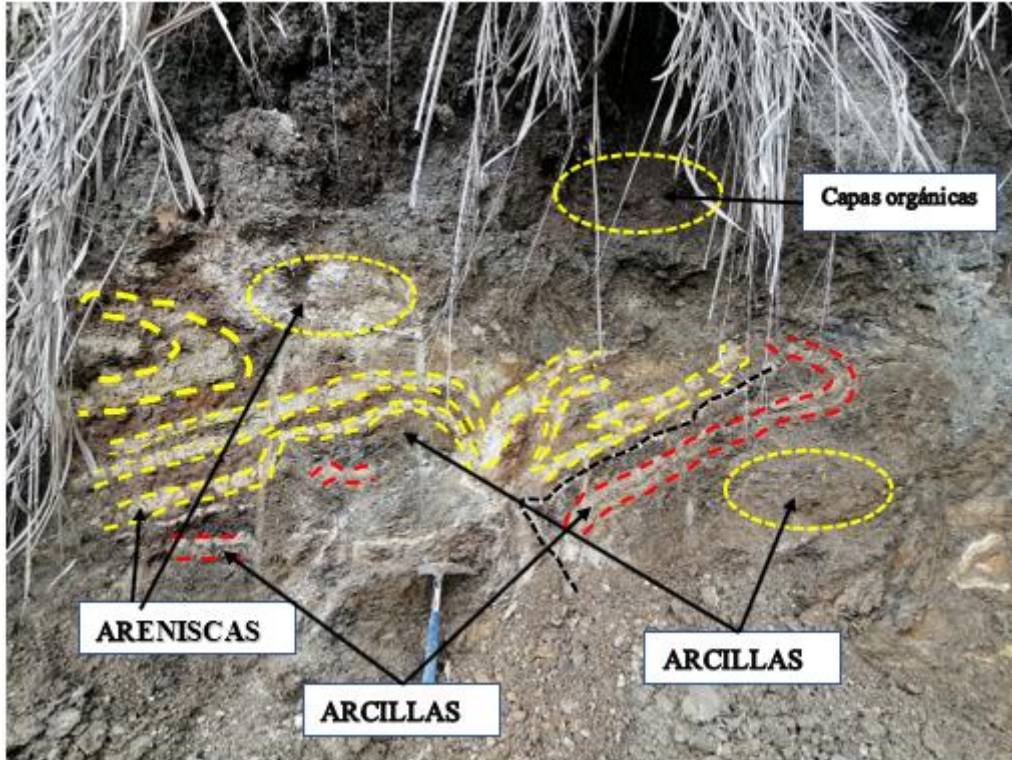
Universidad Nacional de Loja

Caracterización geológica-geotécnica del barrio San José de las Peñas o, parroquia Malacatos, cantón y provincia de Loja

Código del afloramiento: 04			Perfil litológico del afloramiento			
Responsable: Alejandro Cuenca			Tipo de Afloramiento	Antrópico		
Provincia: Loja			Cobertura Vegetal	Herbácea		
Cantón: Loja			Estado de meteorización	Media-Alta		
Sector: San José de las peñas			Angulo de inclinación	85		
Coordenadas UTM-DATUM WGS84			Formación Geológica	San Francisco		
X: 695250	Y: 9534263	Z: 1552	Datos estructurales			
Dimensiones	Ancho	Alto	Rumbo			
	8m	3.2m	Buzamiento			
Fecha: 08-03-2022			D. de Buzamiento			
Nro. Capas	Génesis	Litología				Potencia
1	Sedimentaria	Arenisca				4cm
2	Sedimentaria	Arcillas				8cm
3	Sedimentaria	Areniscas				4.5cm
4	Sedimentaria	Arcillas				6

Descripción Litológica: Intercalaciones estratificadas de arcillas y areniscas con finos lentes o láminas de yeso, las areniscas presentan tonalidades claras mientras que las arcillas son grises u oscuras, se evidencia la presencia de un micropliegue y una micro falla.

Fotografía



Observaciones: Capas plegadas, se observan láminas de yeso



UNL

Universidad Nacional de Loja

Caracterización geológica-geotécnica del barrio San José de las Peñas o, parroquia Malacatos, cantón y provincia de Loja

Código del afloramiento: 05			Perfil litológico del afloramiento			
Responsable: Alejandro Cuenca			Tipo de Afloramiento	Antrópico		
Provincia: Loja			Cobertura Vegetal	Denudativo		
Cantón: Loja			Estado de meteorización	Alta		
Sector: San José de las peñas			Angulo de inclinación	88		
Coordenadas UTM-DATUM WGS84			Formación Geológica	San José		
X: 695037	Y: 9534674	Z: 1617	Datos estructurales			
Dimensiones	Ancho	Alto	Rumbo			
	12m	2.4m	Buzamiento			
Fecha: 08-03-2022			D. de Buzamiento			
Nro. Capas	Génesis	Litología				Potencia
1	Sedimentaria	Clastos Volcánicos y metamórficos con matriz arenosa				2.4m

Descripción Litológica: afloramiento artificial compuesto por clastos volcánicos tipo andesita y clastos metamórficos tipo areniscas altamente compactadas, dichos clastos son ángulos lo que da a conocer el poco traslado que tiene de su origen, el diámetro oscila entre los 3 y 30 cm. La matriz segmentaste de dichos clastos es en su mayoría arcillosa con breves porcentaje arenoso.

Fotografía



Observaciones: Presencia de agua en la base del afloramiento



UNL

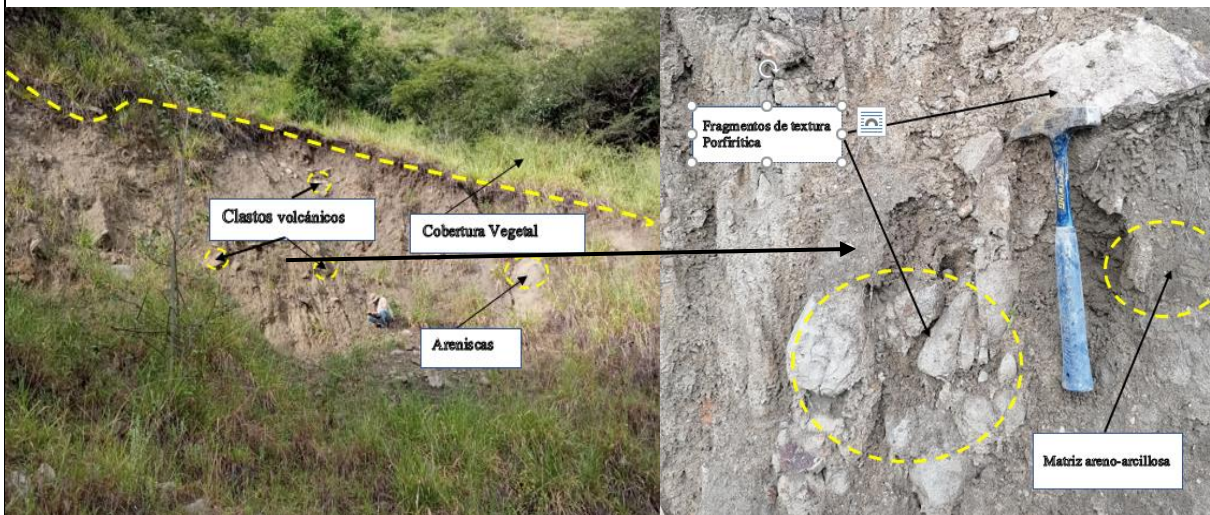
Universidad Nacional de Loja

Caracterización geológica-geotécnica del barrio San José de las Peñas o, parroquia Malacatos, cantón y provincia de Loja

Código del afloramiento: 06			Perfil litológico del afloramiento			
Responsable: Alejandro Cuenca			Tipo de Afloramiento	Natural		
Provincia: Loja			Cobertura Vegetal	Herbácea- arbustiva		
Cantón: Loja			Estado de meteorización	Alta		
Sector: San José de las peñas			Angulo de inclinación	80		
Coordenadas UTM-DATUM WGS84			Formación Geológica	San José		
X:695294	Y: 9534624	Z: 1604	Datos estructurales			
Dimensiones	Ancho	Alto	Rumbo			
	19.3m	7.5m	Buzamiento			
Fecha:08-03-2022			D. de Buzamiento			
Nro. Capas	Génesis	Litología			Potencia	
1	Sedimentaria	Clastos volcánicos, metamórficos con matriz arenosa			7.5m	

Descripción Litológica: Afloramiento tipo masivo compuesto principalmente por materiales como arena, arcilla, clastos angulosos que oscilan un diámetro de 1 hasta 50 cm. Los clastos son de andesita y areniscas altamente compactadas. El afloramiento presenta un grado alto de meteorización física y biológica. La matriz segméntame de los clastos es areno-arcillosa.

Fotografía



Observaciones: Afloramiento ubicado en la parte NE del área de estudio.



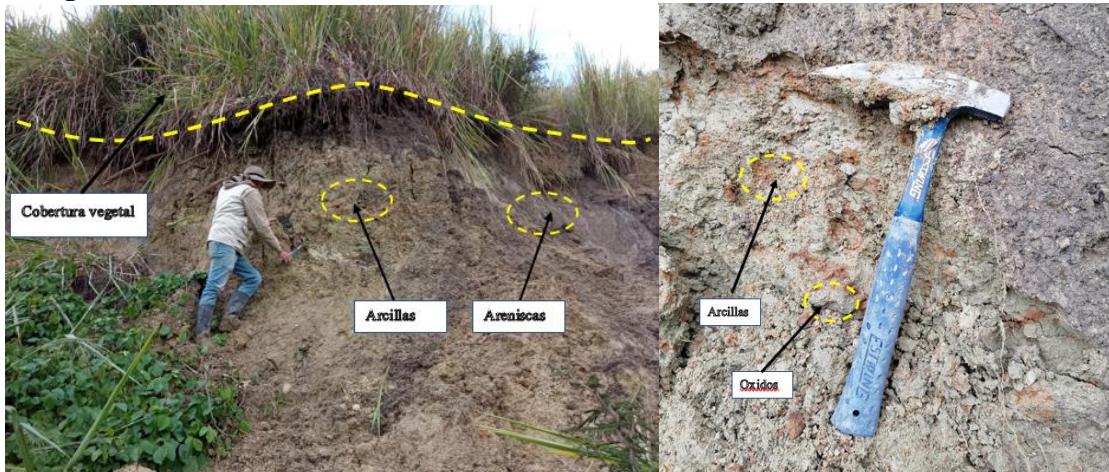
Universidad
Nacional
de Loja

Caracterización geológica-geotécnica del barrio San José de las Peñas o, parroquia Malacatos, cantón y provincia de Loja

Código del afloramiento: 07			Perfil litológico del afloramiento			
Responsable: Alejandro Cuenca			Tipo de Afloramiento	Natural		
Provincia: Loja			Cobertura Vegetal	Herbácea		
Cantón: Loja			Estado de meteorización	Alta		
Sector: San José de las peñas			Angulo de inclinación	78		
Coordenadas UTM-DATUM WGS84			Formación Geológica	Zona de Contacto		
X: 694992	Y: 9534656	Z: 1614	Datos estructurales			
Dimensiones	Ancho	Alto	Rumbo			
	10.3m	2.20m	Buzamiento			
Fecha: 08-03-2022			D. de Buzamiento			
Nro. Capas	Génesis	Litología				Potencia
1	Sedimentaria	Arcillolitas, Areniscas				2.20m

Descripción Litológica: Afloramiento Natural compuesto por arcillolitas y areniscas con alto grado de meteorización física y biológica, las arcillolitas presentan alto contenido en óxido de Hierro. El depósito no presenta estratificación ni dirección preferencial

Fotografía



Observaciones: Vertiente de agua en el flanco derecho del afloramiento



UNL

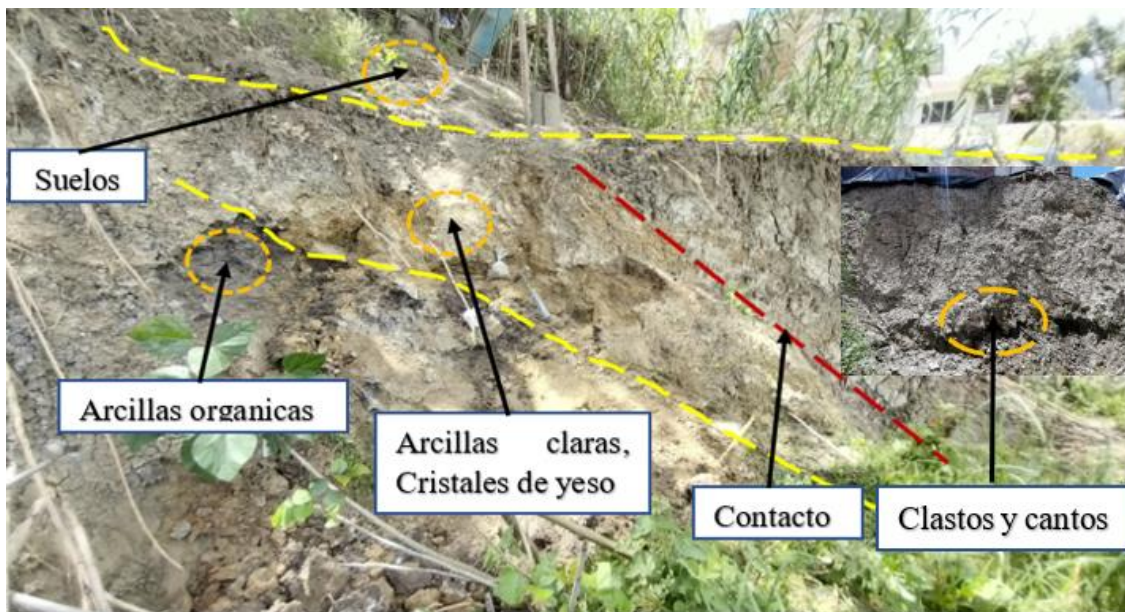
Universidad Nacional de Loja

Caracterización geológica-geotécnica del barrio San José de las Peñas o, parroquia Malacatos, cantón y provincia de Loja

Código del afloramiento: 08			Perfil litológico del afloramiento			
Responsable: Alejandro Cuenca			Tipo de Afloramiento	Natural		
Provincia: Loja			Cobertura Vegetal	Suelo residencial		
Cantón: Loja			Estado de meteorización	Alta		
Sector: San José de las peñas			Angulo de inclinación	55		
Coordenadas UTM-DATUM WGS84			Formación Geológica	Zona de contacto		
X: 695019	Y: 9534672	Z: 1605	Datos estructurales			
Dimensiones	Ancho	Alto	Rumbo	80°		
	31.5m	5.6m	Buzamiento	42°		
Fecha: 31/07/2022			D. de Buzamiento	S10E		
Nro. Capas	Génesis	Litología				Potencia
1	Sedimentaria	Arcillas orgánicas, fragmentos de lutita, yeso				-----
2	Sedimentaria	Arcillas claras, lutita, cristales de yeso				1.10m
3	Vulcano-sedimentaria	Clastos metamórficos, sedimentarios, ígneos con matriz areno-arcillosa				5.6m

Descripción Litológica: Afloramiento natural compuesto por dos estratos de arcillas negras y claras con pequeños cristales de yeso y un estrato con cantos subredondeados y clastos angulosos de diferente tamaño y de origen volcánico y metamórfico respectivamente. La matriz del tercer estrato es arcillo-arenosa.

Fotografía



Observaciones: Vertiente de agua en la base del afloramiento.



UNL

Universidad
Nacional
de Loja

Caracterización geológica-geotécnica del barrio San José de las Peñas o, parroquia Malacatos, cantón y provincia de Loja

Código del afloramiento: 09			Perfil litológico del afloramiento			
Responsable: Alejandro Cuenca			Tipo de Afloramiento	Natural		
Provincia: Loja			Cobertura Vegetal	Herbácea		
Cantón: Loja			Estado de meteorización	Alta		
Sector: San José de las peñas			Angulo de inclinación	83		
Coordenadas UTM-DATUM WGS84			Formación Geológica	Zona de contacto		
X: 695065	Y: 9534631	Z: 1607	Datos estructurales			
Dimensiones	Ancho	Alto	Rumbo			
	3.5m	1.3m	Buzamiento			
Fecha: 31/07/2022			D. de Buzamiento			
Nro. Capas	Génesis	Litología			Potencia	
1	Sedimentaria	Areniscas, materiales feldespáticos alterados.			-----	
2	Vulcano-Sedimentaria	Material dacítico alterado, areniscas, limos.			35cm	
3	Sedimentaria	Suelo arcilloso, clastos sedimentarios y metamórficos			42cm	

Descripción Litológica: Afloramiento natural compuesto por capas de areniscas; limos, arcillas y suelos orgánicos con pequeños y medianos clastos metamórficos y sedimentarios. El afloramiento está ubicado dentro de la zona de contacto, por lo que podemos evidenciar material dacítico de origen volcánico altamente alterado por la meteorización.

Fotografía



Observaciones: Afloramiento Natural al flanco derecho de la vía. No se pudo tomar datos estructurales



UNL

Universidad
Nacional
de Loja

Caracterización geológica-geotécnica del barrio San José de las Peñas o, parroquia Malacatos, cantón y provincia de Loja

Código del afloramiento: 10			Perfil litológico del afloramiento			
Responsable: Alejandro Cuenca			Tipo de Afloramiento	Natural		
Provincia: Loja			Cobertura Vegetal	suelo		
Cantón: Loja			Estado de meteorización	Alta		
Sector: San José de las peñas			Angulo de inclinación	70		
Coordenadas UTM-DATUM WGS84			Formación Geológica	Zona de Contacto		
X: 694957	Y: 9534658	Z: 1622	Datos estructurales			
Dimensiones	Ancho	Alto	Rumbo			
	13.65m	3m	Buzamiento			
Fecha: 31/07/2022			D. de Buzamiento			
Nro. Capas	Génesis	Litología			Potencia	
1	Sedimentaria	Arcillas, limos, clastos metamórficos como esquistos, gneis. Clastos volcánicos como dacita porfídica			3m	

Descripción Litológica: Afloramiento natural compuesto principalmente por material tales como limos, arcillas y medianos clastos metamórficos de cuarcitas, gneis, esquistos etc. A su vez podemos observar clastos volcánicos como dacitas porfídicas.

Fotografía



Observaciones: No se pudo tomar datos estructurales



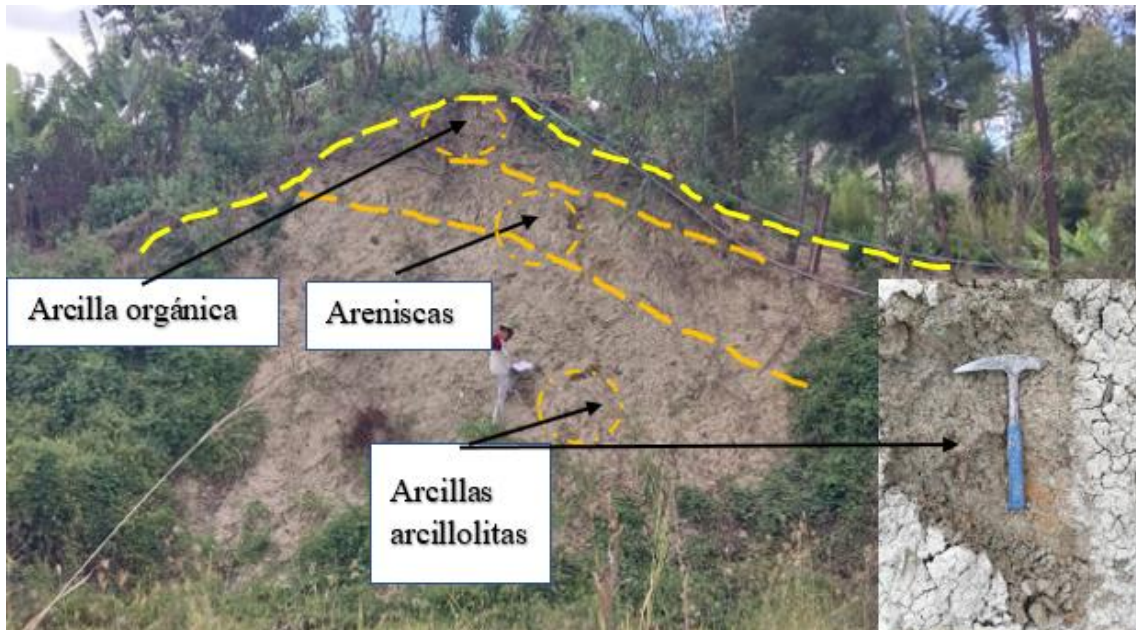
Universidad
Nacional
de Loja

Caracterización geológica-geotécnica del barrio San José de las Peñas o, parroquia Malacatos, cantón y provincia de Loja

Código del afloramiento: 11			Perfil litológico del afloramiento			
Responsable: Alejandro Cuenca			Tipo de Afloramiento	Natural		
Provincia: Loja			Cobertura Vegetal	Herbácea-arbustiva		
Cantón: Loja			Estado de meteorización	Alta		
Sector: San José de las peñas			Angulo de inclinación	51		
Coordenadas UTM-DATUM WGS84			Formación Geológica	San Francisco		
X: 694930	Y: 9534690	Z: 1630	Datos estructurales			
Dimensiones	Ancho	Alto	Rumbo			
	6m	8.5m	Buzamiento			
Fecha: 31/07/2022			D. de Buzamiento			
Nro. Capas	Génesis	Litología			Potencia	
1	Sedimentaria	Arcillas, Arcillolitas			-----	
2	Sedimentaria	Areniscas			80cm	
3	Sedimentaria	Arcillas			1.3m	

Descripción Litológica: Afloramiento natural compuesto principalmente capas de arcillas y areniscas. En la capa de arcillas se evidencia una tonalidad gris.

Fotografía



Observaciones: No se pudo tomar datos estructurales.



UNL

Universidad Nacional de Loja

Caracterización geológica-geotécnica del barrio San José de las Peñas o, parroquia Malacatos, cantón y provincia de Loja

Código del afloramiento: 12			Perfil litológico del afloramiento			
Responsable: Alejandro Cuenca			Tipo de Afloramiento		Natural	
Provincia: Loja			Cobertura Vegetal		Herbácea	
Cantón: Loja			Estado de meteorización		Alta	
Sector: San José de las peñas			Angulo de inclinación		60	
Coordenadas UTM-DATUM WGS84			Formación Geológica		San Francisco	
X: 694959	Y: 9534514	Z:	Datos estructurales			
Dimensiones	Ancho	Alto	Rumbo	351		
	11	1m	Buzamiento	27		
Fecha: 31/07/2022			D. de Buzamiento			
Nro. Capas	Génesis	Litología			Potencia	
1	Sedimentaria	Material arcilloso			-----	
2	Sedimentaria	Arcillas, limos y clastos volcánicos y metamórficos			80cm	
3	Sedimentaria	Suelo orgánico			20cm	
Descripción Litológica: Afloramiento natural compuesto principalmente por capas de arcillas y areniscas con limos. En la segunda cama correspondiente a limos podemos encontrar clastos de diferente tamaño de origen volcánico y metamórfico.						
Fotografía						
Observaciones: Deslizamiento activo al pie del afloramiento.						



UNL

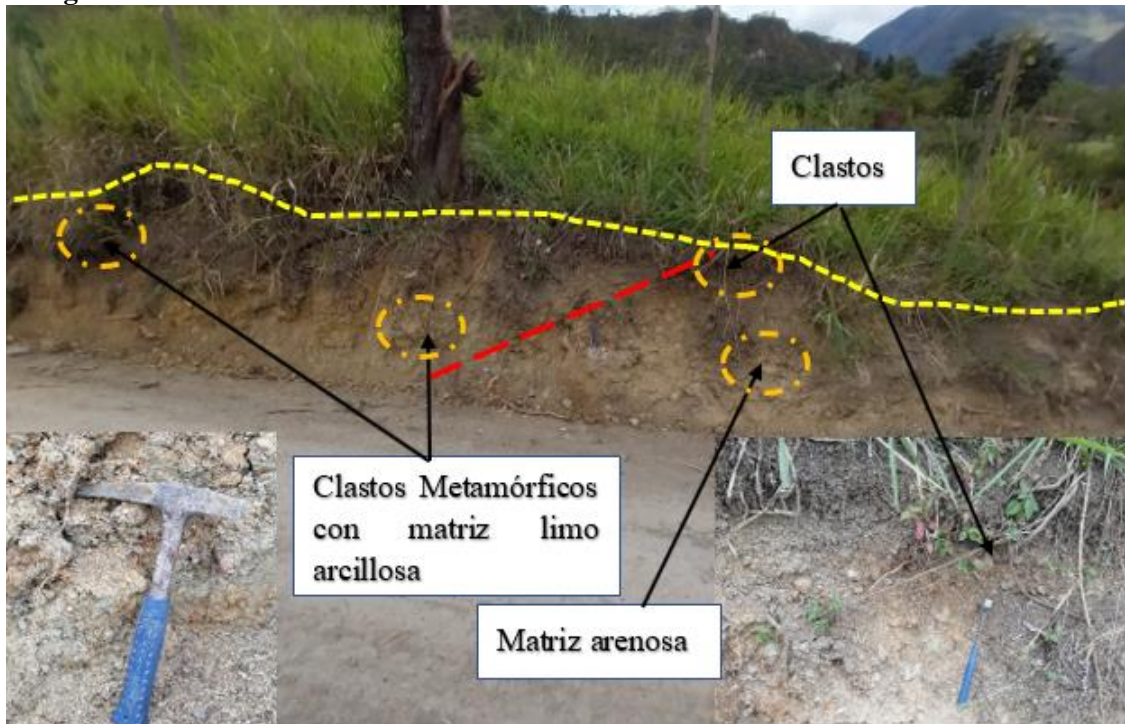
Universidad Nacional de Loja

Caracterización geológica-geotécnica del barrio San José de las Peñas o, parroquia Malacatos, cantón y provincia de Loja

Código del afloramiento: 13			Perfil litológico del afloramiento			
Responsable: Alejandro Cuenca			Tipo de Afloramiento	Artificial		
Provincia: Loja			Cobertura Vegetal	Herbácea		
Cantón: Loja			Estado de meteorización	Alta		
Sector: San José de las peñas			Angulo de inclinación	68		
Coordenadas UTM-DATUM WGS84			Formación Geológica	Coluviales		
X: 695112	Y: 9534445	Z: 1571	Datos estructurales			
Dimensiones	Ancho	Alto	Rumbo			
	11.3	1.10m	Buzamiento			
Fecha: 31/07/2022			D. de Buzamiento			
Nro. Capas	Génesis	Litología			Potencia	
1	Sedimentaria	Clastos metamórficos con matriz limo-arcillosa			-----	
2	Sedimentaria	Clastos metamórficos con matriz arenosa			-----	

Descripción Litológica: Afloramiento natural compuesto principalmente por clastos de origen metamórfico y volcánico con matriz arenosa y a su vez matriz arcillosa tipo limo. Se evidencia claramente una zona de cambio en la matriz lo que podríamos definir como contacto.

Fotografía



Observaciones: Afloramiento ubicado al flanco derecho de la vía.



UNL

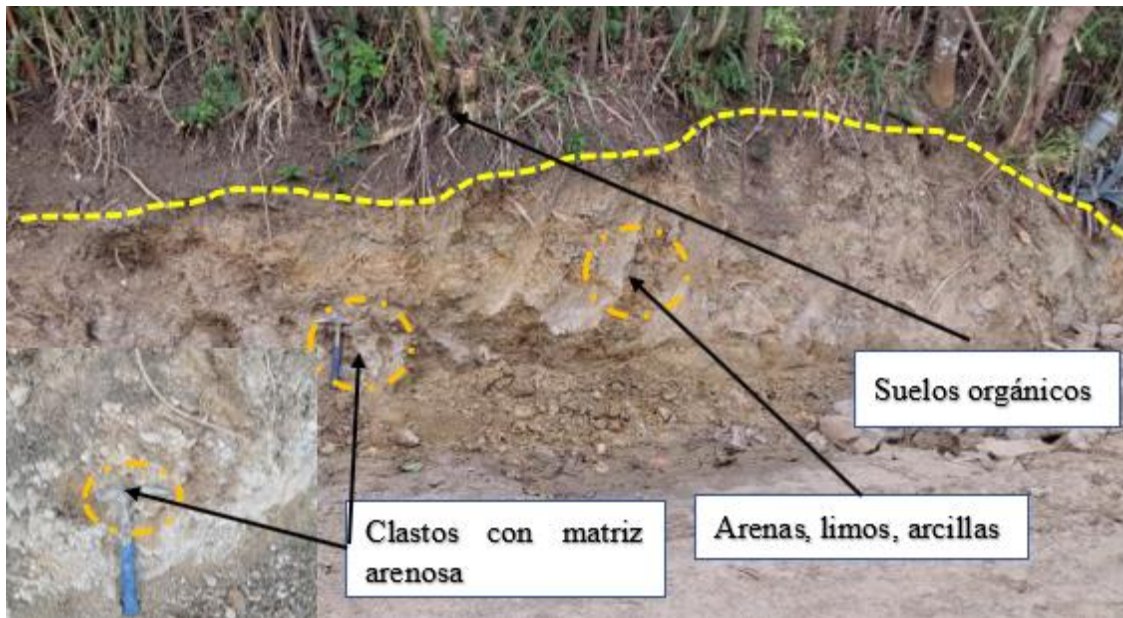
Universidad Nacional de Loja

Caracterización geológica-geotécnica del barrio San José de las Peñas o, parroquia Malacatos, cantón y provincia de Loja

Código del afloramiento: 14			Perfil litológico del afloramiento			
Responsable: Alejandro Cuenca			Tipo de Afloramiento	Artificial		
Provincia: Loja			Cobertura Vegetal	Herbácea		
Cantón: Loja			Estado de meteorización	Alta		
Sector: San José de las peñas			Angulo de inclinación	70		
Coordenadas UTM-DATUM WGS84			Formación Geológica	Coluviales		
X: 695116	Y: 9534401	Z: 1565	Datos estructurales			
Dimensiones	Ancho	Alto	Rumbo			
	9.3m	1.3m	Buzamiento			
Fecha: 31/07/2022			D. de Buzamiento			
Nro. Capas	Génesis	Litología			Potencia	
1	Sedimentaria	Clastos metamórficos con matriz arenosa			-----	
2	Sedimentaria	Clastos metamórficos con matriz arenosa-limosa			-----	





Descripción Litológica: Afloramiento natural compuesto principalmente por clastos de origen metamórfico y volcánico con matriz arenosa y a su vez matriz arcillo-limosa.

Fotografía



Observaciones: Afloramiento ubicado al flanco derecho de la vía

Anexo 8. Fichas de trincheras Geológicas

 Universidad Nacional de Loja				
Universidad Nacional de Loja				
Área de la Energía las Industrias y los Recursos Naturales No Renovables				
Carrera de Ingeniería en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial				
FICHA TECNICA DE CALICATA				
DATOS	Código		C01	
	Proyecto:		Caracterización Geológica-Geotécnica del Barrio San José de las Peñas, Parroquia Malacatos, Cantón y Provincia de Loja	
	Ubicación:		San José de las Peñas, Parroquia Malacatos.	
	Fecha:		17/07/2022	
	Responsable		Alejandro Cuenca	
Coordenadas	X	694776	Y	9534731
			Z	1641
Descripción				
<p>Capas de arcilla color café claro, presencia de óxidos de manganeso y hierro por toda la excavación. Depósitos lodolíticos. No presenta humedad considerable.</p>				
Dimensiones		Valores(m)		A(X) I()
Longitud	A	2	Muestra	
Ancho	L	1	Cobertura Vegetal	
Altura	H	2.5	Nivel Freático	
			NI	
Registro fotográfico 1			Registro fotográfico 2	
				

Universidad Nacional de Loja

Área de la Energía las Industrias y los Recursos Naturales No Renovables

Carrera de Ingeniería en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial

FICHA TECNICA DE CALICATA

DATOS	Código		C02			
	Proyecto:		Caracterización Geológica-Geotécnica del Barrio San José de las Peñas, Parroquia Malacatos, Cantón y Provincia de Loja			
	Ubicación:		San José de las Peñas, Parroquia Malacatos.			
	Fecha:		17/07/2022			
	Responsable		Alejandro Cuenca			
Coordenadas	X	694971	Y	9534575	Z	1588

Descripción

Intercalaciones de areniscas y arcillas con fragmentos de roca de diferente origen. Presenta una humedad considerable en toda la excavación. Las pequeñas capas de arenisca son de color gris y café respectivamente.

Dimensiones		Valores(m)		Muestra	A(X) I()
Longitud	A	2		Cobertura Vegetal	Herbácea
Ancho	L	1		Nivel Freático	NI
Altura	H	2.10			

Registro fotográfico 1



Registro fotográfico 2



Universidad Nacional de Loja

Área de la Energía las Industrias y los Recursos Naturales No Renovables

Carrera de Ingeniería en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial

FICHA TECNICA DE CALICATA

DATOS	Código		C03		
	Proyecto:		Caracterización Geológica-Geotécnica del Barrio San José de las Peñas, Parroquia Malacatos, Cantón y Provincia de Loja		
	Ubicación:		San José de las Peñas, Parroquia Malacatos.		
	Fecha:		29/07/2022		
	Responsable		Alejandro Cuenca		

Coordenadas	X	695242	Y	9534558	Z	
--------------------	----------	--------	----------	---------	----------	--

Descripción

Arcillas con clastos de arenisca consolidada, presencia de óxidos de hierro, limonita. Los suelos presentan un alto contenido orgánico, y a su vez están saturados en agua, puesto que e se encuentran en la parte baja de la zona de estudio.

Dimensiones		Valores(m)		Muestra	A(X)	I ()
Longitud	A	2		Cobertura Vegetal	Herbácea	
Ancho	L	1		Nivel Freático	NI	
Altura	H	2.6				

Registro fotográfico 1



Registro fotográfico 2



Universidad Nacional de Loja

Área de la Energía las Industrias y los Recursos Naturales No Renovables

Carrera de Ingeniería en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial

FICHA TECNICA DE CALICATA

DATOS	Código		C04		
	Proyecto:		Caracterización Geológica-Geotécnica del Barrio San José de las Peñas, Parroquia Malacatos, Cantón y Provincia de Loja		
	Ubicación:		San José de las Peñas, Parroquia Malacatos.		
	Fecha:		29/07/2022		
	Responsable		Alejandro Cuenca		

Coordenadas	X	695225	Y	9534264	Z	1554
--------------------	----------	--------	----------	---------	----------	------

Descripción

Material arcilloso con fragmentos metamórficos subredondeados, fenocristales, material dacítico. Se presenta una humedad considerable al momento de realizar la excavación.

Dimensiones		Valores(m)	Muestra	A(X) I()
Longitud	A	2	Cobertura Vegetal	Herbácea
Ancho	L	1	Nivel Freático	0.25m ³ a las 24 horas
Altura	H	2.5		

Registro fotográfico 1



Registro fotográfico 2



Universidad Nacional de Loja

Área de la Energía las Industrias y los Recursos Naturales No Renovables

Carrera de Ingeniería en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial

FICHA TECNICA DE CALICATA

DATOS	Código		C05			
	Proyecto:		Caracterización Geológica-Geotécnica del Barrio San José de las Peñas, Parroquia Malacatos, Cantón y Provincia de Loja			
	Ubicación:		San José de las Peñas, Parroquia Malacatos.			
	Fecha:		28/07/2022			
	Responsable		Alejandro Cuenca			
Coordenadas	X	694958	Y	9534246	Z	1538

Descripción

Fragmentos de arenisca consolidada de grano fino a grano grueso, con una matriz areno-limosa, pequeñas intercalaciones de areniscas. La excavación no presenta una humedad considerable.

Dimensiones		Valores(m)		Muestra	A(X)	I ()
Longitud	A	2		Cobertura Vegetal		Herbácea
Ancho	L	1		Nivel Freático		NI
Altura	H	2.7				

Registro fotográfico 1



Registro fotográfico 2



Anexo 9. *Mapa geológico del barrio San José de las Peñas*

(Ubicado en el CD-R nro. 1)

Fecha: AGOSTO-2022

SONDEO ELÉCTRICO VERTICAL ARREGLO SCHLUMBERGER



Anexo 10. Fichas de las hojas SEV's

Proyecto: CARACTERIZACIÓN GEOLOGICA-GEOTECNICA DEL BARRIOS SAN JOSE DE LAS PEÑAS, PARROQUÍA MALACATOS, CANTON Y PROVINCIA DE LOJA

SOLICITANTE ALEJANDRO CUENCA

SEV: SEV-1

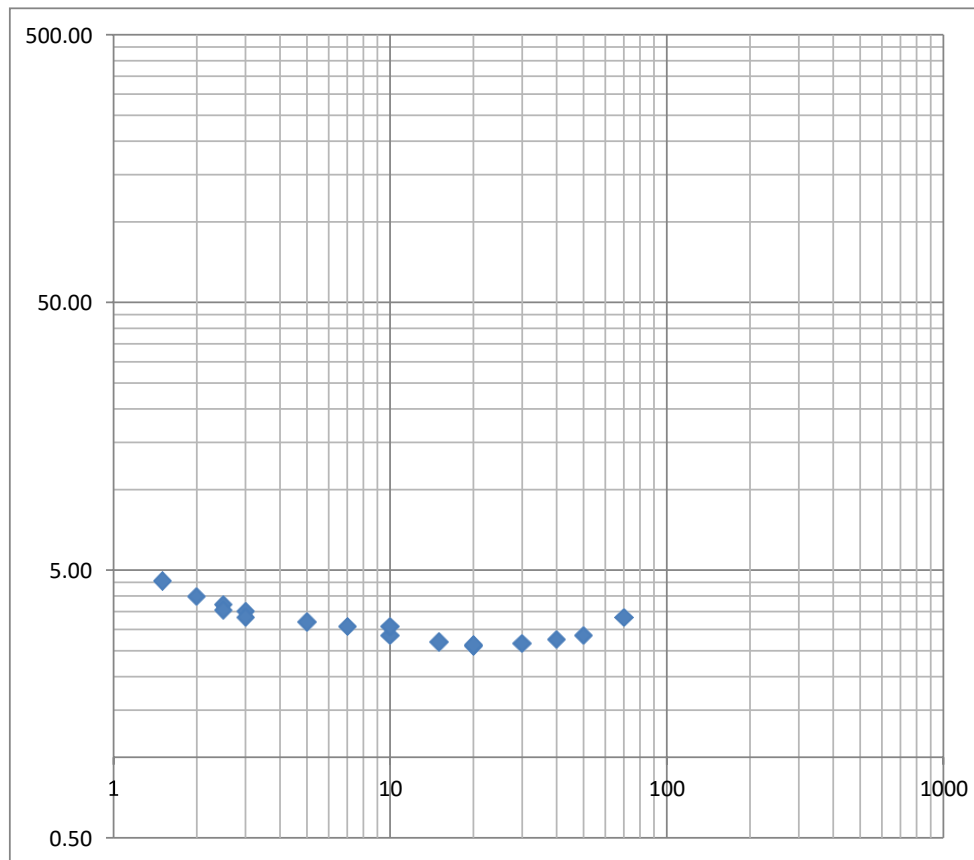
MARGEN IZQUIERO DEL AREA DE ESTUDIO

Azimut: 35°

REALIZADO PO ING. CLAUDEL

Coordenadas: 695202-9534351-1544

AB/2	MN/2	K	$\Delta v/i$	ρ_a
1	0.5	2.36	0.002968	0.01
1.5	0.5	6.28	0.72514	4.56
2	0.5	11.78	0.33873	3.99
2.5	0.5	18.85	0.19669	3.71
2.5	1	8.25	0.42897	3.54
3	0.5	27.5	0.12759	3.51
3	1	12.6	0.26542	3.34
5	1	37.7	0.084736	3.19
7	1	75.4	0.040779	3.07
10	1	155.5	0.018339	2.85
10	2.5	58.9	0.052243	3.08
15	1	351.9	0	0.00
15	2.5	137.4	0.019587	2.69
20	2.5	247.4	0.010499	2.60
20	10	47.1	0.055732	2.63
30	2.5	561.6	0	0.00
30	10	125.7	0.021126	2.65
40	10	235.6	0.011643	2.74
50	10	377.0	0.007549	2.85
70	10	754.0	0.004416	3.33
100	10	1555.1		
150	10	3518.6		
200	10	6267.5		
350	10	19226.5		



Ing. Ovidio Castillo Jaramillo
LABORATORIO

Fecha: AGOSTO-2022

SONDEO ELÉCTRICO VERTICAL ARREGLO SCHLUMBERGER



Proyecto: CARACTERIZACIÓN GEOLOGICA-GEOTECNICA DEL BARRIOS SAN JOSE DE LAS PEÑAS, PARROQUÍA MALACATOS, CANTON Y PROVINCIA DE LOJA

SOLICITANTE ALEJANDRO CUENCA

SEV: SEV-2

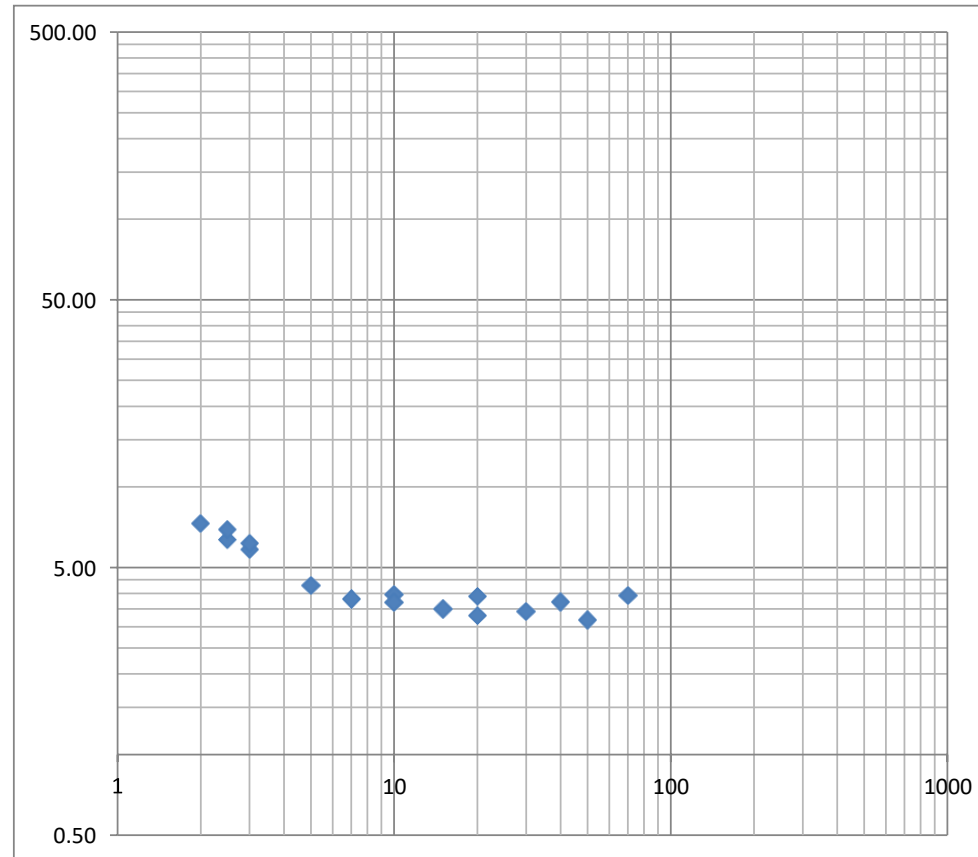
MARGEN DERECHO DE LA ZONA DE ESTUDIO

Azimut: 287°

REALIZADO PO ING. CLAUDEL

Coordenadas: 694923-9534556-1578

AB/2	MN/2	K	$\Delta v/i$	ρ_a
1	0.5	2.36	0.004496	0.01
1.5	0.5	6.28	0.001421	0.01
2	0.5	11.78	0.62042	7.31
2.5	0.5	18.85	0.33592	6.33
2.5	1	8.25	0.83583	6.89
3	0.5	27.5	0.21249	5.84
3	1	12.6	0.48982	6.16
5	1	37.7	0.11364	4.28
7	1	75.4	0.050499	3.81
10	1	155.5	0.025345	3.94
10	2.5	58.9	0.062707	3.69
15	1	351.9	0	0.00
15	2.5	137.4	0.025414	3.49
20	2.5	247.4	0.015678	3.88
20	10	47.1	0.070077	3.30
30	2.5	561.6	0	0.00
30	10	125.7	0.027278	3.43
40	10	235.6	0.015776	3.72
50	10	377.0	0.008431	3.18
70	10	754.0	0.005211	3.93
100	10	1555.1		
150	10	3518.6		
200	10	6267.5		
350	10	19226.5		



Ing. Ovidio Castillo Jaramillo
LABORATORIO

Fecha: AGOSTO-2022

SONDEO ELÉCTRICO VERTICAL ARREGLO SCHLUMBERGER



Proyecto: CARACTERIZACIÓN GEOLOGICA-GEOTECNICA DEL BARRIOS SAN JOSE DE LAS PEÑAS, PARROQUÍA MALACATOS, CANTON Y PROVINCIA DE LOJA

SOLICITANTE ALEJANDRO CUENCA

SEV: SEV-3

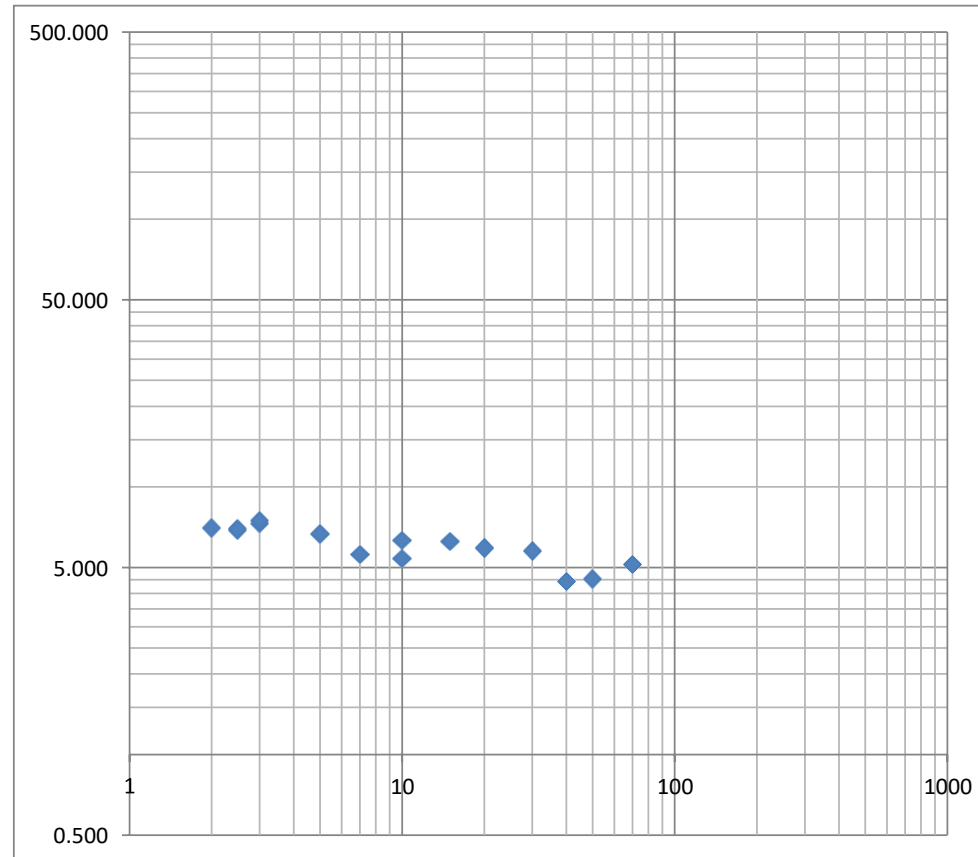
PARTE CENTRAL DE LA ZONA DE ESTUDIO

Azimut: 275°

REALIZADO PO ING. CLAUDEL

Coordenadas: 695013-9534556-1583

AB/2	MN/2	K	$\Delta v/i$	ρ_a
1	0.5	2.36	0.002107	0.005
1.5	0.5	6.28	0.001009	0.006
2	0.5	11.78	0.59556	7.016
2.5	0.5	18.85	0.36595	6.898
2.5	1	8.25	0.848	6.993
3	0.5	27.5	0.2652	7.290
3	1	12.6	0.59436	7.469
5	1	37.7	0.17713	6.678
7	1	75.4	0.073996	5.579
10	1	155.5	0.034852	5.420
10	2.5	58.9	0.10721	6.315
15	1	351.9	0	0.000
15	2.5	137.4	0.045504	6.254
20	2.5	247.4	0.023933	5.921
20	10	47.1	0.12578	5.927
30	2.5	561.6	0	0.000
30	10	125.7	0.045803	5.756
40	10	235.6	0.018766	4.422
50	10	377.0	0.012025	4.533
70	10	754.0	0.00679	5.120
100	10	1555.1	0.00293	4.556
150	10	3518.6		0.000
200	10	6267.5		0.000
350	10	19226.5		0.000



Ing. Ovidio Castillo Jaramillo
LABORATORIO

Fecha: AGOSTO-2022

SONDEO ELÉCTRICO VERTICAL ARREGLO SCHLUMBERGER



Proyecto: CARACTERIZACIÓN GEOLOGICA-GEOTECNICA DEL BARRIOS SAN JOSE DE LAS PEÑAS, PARROQUÍA MALACATOS, CANTON Y PROVINCIA DE LOJA

SOLICITANTE ALEJANDRO CUENCA

SEV: SEV-4

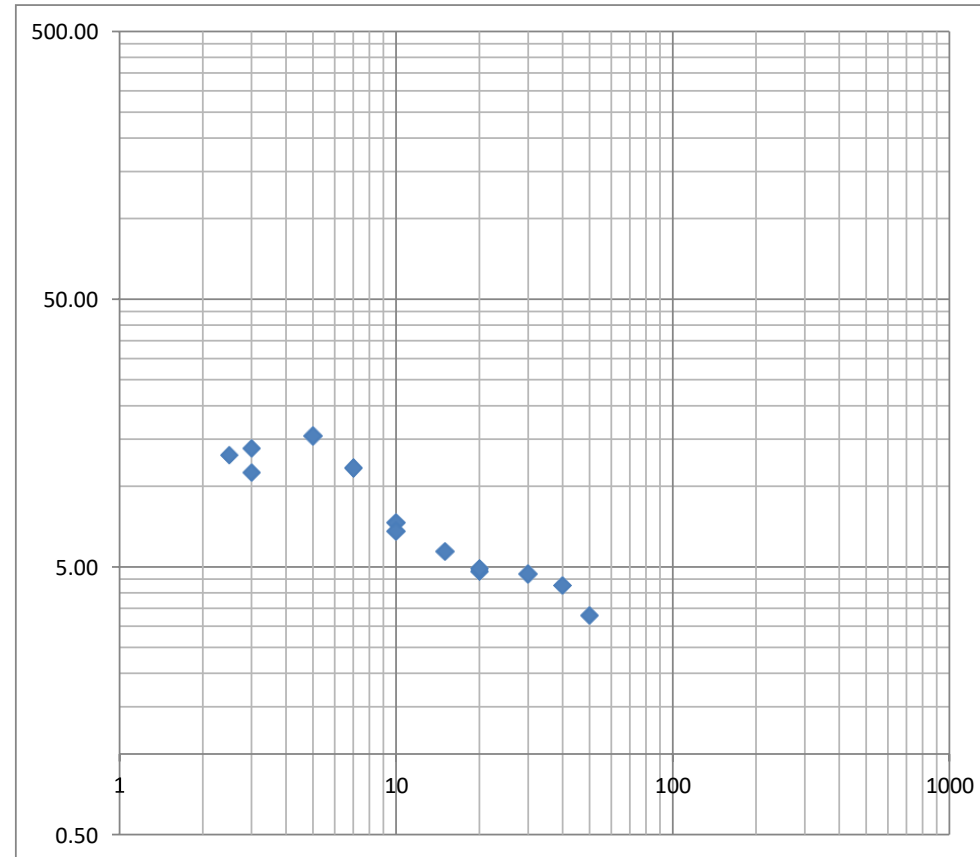
PARTE ALTE DE LA ZONA DE ESTUDIO

Azimut: 107°

REALIZADO PO ING. CLAUDEL

Coordenadas: 695051-9534721-1611

AB/2	MN/2	K	$\Delta v/i$	ρ_a
1	0.5	2.36	0.004974	0.01
1.5	0.5	6.28	0.001968	0.01
2	0.5	11.78	0.001169	0.01
2.5	0.5	18.85	0.6949	13.10
2.5	1	8.25	0.0013	0.01
3	0.5	27.5	0.50438	13.86
3	1	12.6	0.9017	11.33
5	1	37.7	0.4099	15.45
7	1	75.4	0.15501	11.69
10	1	155.5	0.046831	7.28
10	2.5	58.9	0.11518	6.78
15	1	351.9	0	0.00
15	2.5	137.4	0.04155	5.71
20	2.5	247.4	0.01945	4.81
20	10	47.1	0.10485	4.94
30	2.5	561.6	0	0.00
30	10	125.7	0.037433	4.70
40	10	235.6	0.018132	4.27
50	10	377.0	0.008741	3.30
70	10	754.0		
100	10	1555.1		
150	10	3518.6		
200	10	6267.5		
350	10	19226.5		



Ing. Ovidio Castillo Jaramillo
LABORATORIO

SONDEO ELÉCTRICO VERTICAL ARREGLO SCHLUMBERGER



Fecha: AGOSTO-2022

Proyecto: CARACTERIZACIÓN GEOLOGICA-GEOTECNICA DEL BARRIOS SAN JOSE DE LAS PEÑAS, PARROQUÍA MALACATOS, CANTON Y PROVINCIA DE LOJA

SOLICITANTE ALEJANDRO CUENCA

SEV: SEV-5

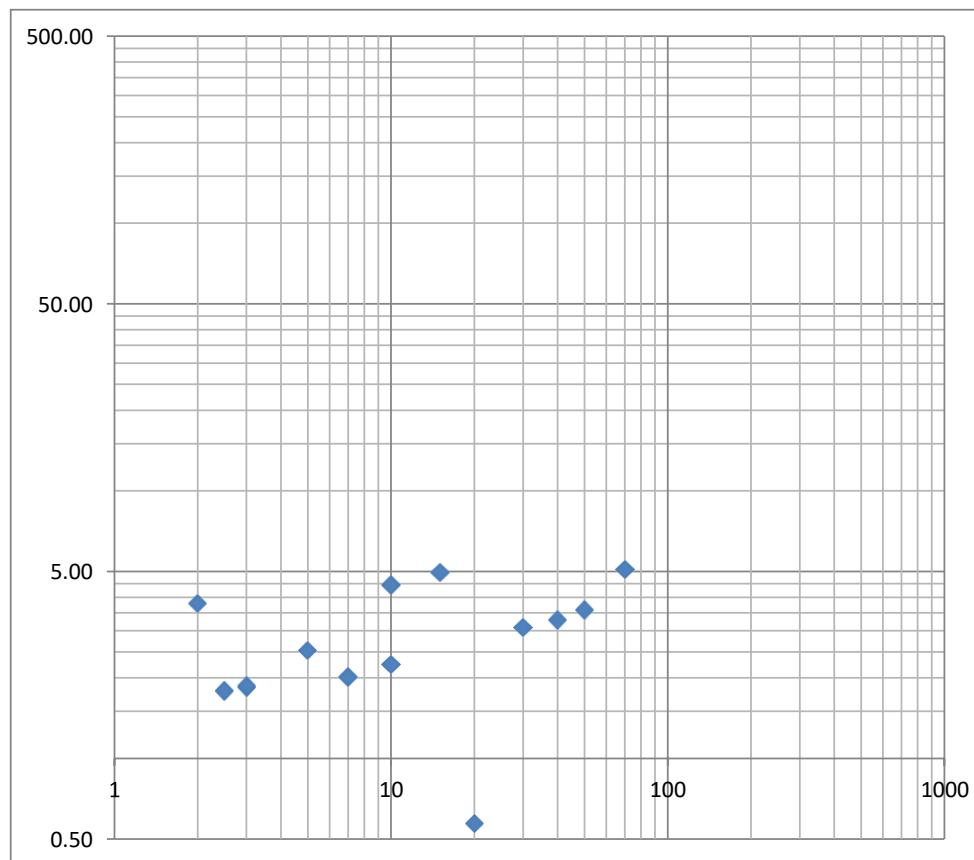
PARTE ALTA DE LA ZONA DE ESTUDIO

Azimet: 258°

REALIZADO PO ING. CLAUDEL

Coordenadas: 694901-9534626-1601

AB/2	MN/2	K	$\Delta v/i$	ρ_a
1	0.5	2.36	0.004265	0.01
1.5	0.5	6.28	0.001073	0.01
2	0.5	11.78	0.32222	3.80
2.5	0.5	18.85	0.094817	1.79
2.5	1	8.25	0.21808	1.80
3	0.5	27.5	0.067009	1.84
3	1	12.6	0.14848	1.87
5	1	37.7	0.067009	2.53
7	1	75.4	0.026782	2.02
10	1	155.5	0.014423	2.24
10	2.5	58.9	0.075528	4.45
15	1	351.9	0	0.00
15	2.5	137.4	0.036132	4.97
20	2.5	247.4	0.002312	0.57
20	10	47.1	0.00721	0.34
30	2.5	561.6	0	0.00
30	10	125.7	0.02449	3.08
40	10	235.6	0.013956	3.29
50	10	377.0	0.009528	3.59
70	10	754.0	0.006732	5.08
100	10	1555.1		
150	10	3518.6		
200	10	6267.5		
350	10	19226.5		



Ing. Ovidio Castillo Jaramillo

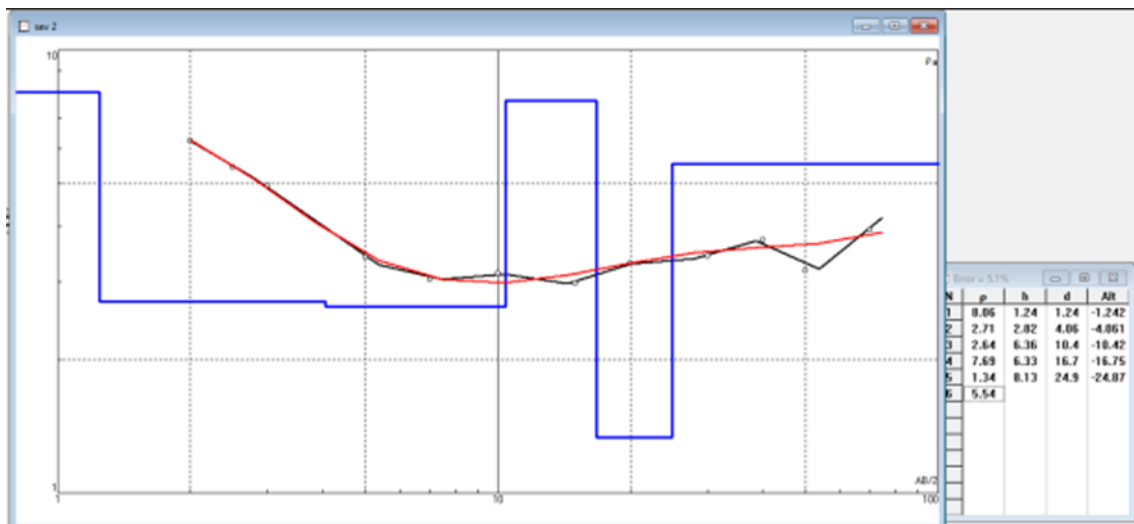
Anexo 11. Datos de campo y curvas de resistividad de los SEV's

Datos obtenidos en campo para el SEV 2

Estación punto	AB/2	MN/2	K	$\Delta v/l$	ρ_a
1	1	0.5	2.36	0.004496	0.01
2	1.5	0.5	6.28	0.001421	0.01
3	2	0.5	11.78	0.62042	7.31
4	2.5	0.5	18.85	0.33592	6.33
5	2.5	1	8.25	0.83583	6.89
6	3	0.5	27.5	0.21249	5.84
7	3	1	12.6	0.48982	6.16
8	5	1	37.7	0.11364	4.28
9	7	1	75.4	0.050499	3.81
10	10	1	155.5	0.025345	3.94
11	10	2.5	58.9	0.062707	3.69
12	15	1	351.9	0	0.00
13	15	2.5	137.4	0.025414	3.49
14	20	2.5	247.4	0.015678	3.88
15	20	10	47.1	0.070077	3.30
16	30	2.5	561.6	0	0.00
17	30	10	125.7	0.027278	3.43
18	40	10	235.6	0.015776	3.72
19	50	10	377.0	0.008431	3.18
20	70	10	754.0	0.005211	3.93

Nota: Elaborado por El Autor, (2023)

Curvas de resistividad y error admisible- SEV 2



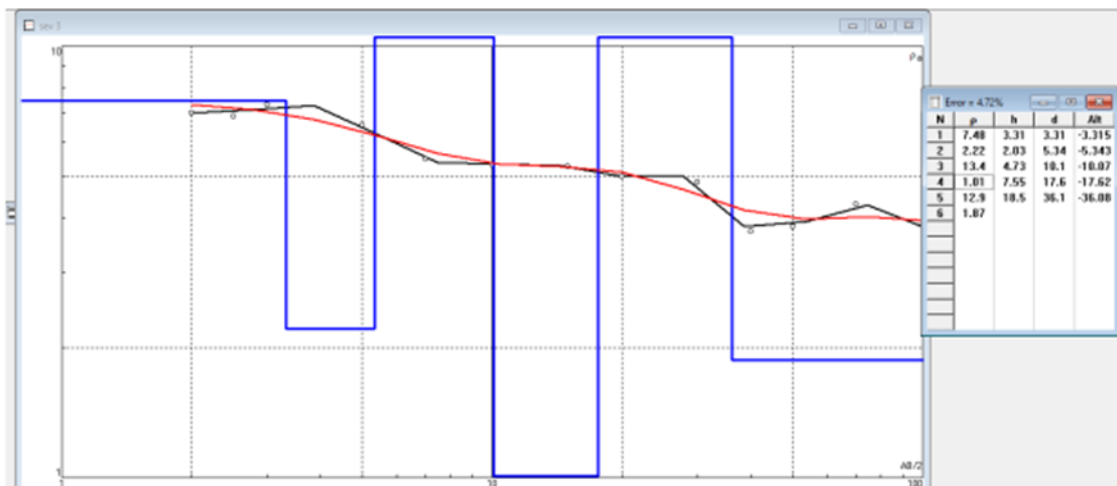
Nota: Elaborado por El Autor, (2023)

Datos obtenidos en campo para el SEV 3

Estación Punto	AB/2	MN/2	K	$\Delta v/i$	ρ_a
1	1	0.5	2.36	0.002107	0.005
2	1.5	0.5	6.28	0.001009	0.006
3	2	0.5	11.78	0.59556	7.016
4	2.5	0.5	18.85	0.36595	6.898
5	2.5	1	8.25	0.848	6.993
6	3	0.5	27.5	0.2652	7.290
7	3	1	12.6	0.59436	7.469
8	5	1	37.7	0.17713	6.678
9	7	1	75.4	0.073996	5.579
10	10	1	155.5	0.034852	5.420
11	10	2.5	58.9	0.10721	6.315
12	15	1	351.9	0	0.000
13	15	2.5	137.4	0.045504	6.254
14	20	2.5	247.4	0.023933	5.921
15	20	10	47.1	0.12578	5.927
16	30	2.5	561.6	0	0.000
17	30	10	125.7	0.045803	5.756
18	40	10	235.6	0.018766	4.422
19	50	10	377.0	0.012025	4.533
20	70	10	754.0	0.00679	5.120
21	100	10	1555.1	0.00293	4.556

Nota: Elaborado por El Autor, (2023)

Curvas de resistividad y error admisible- SEV 3



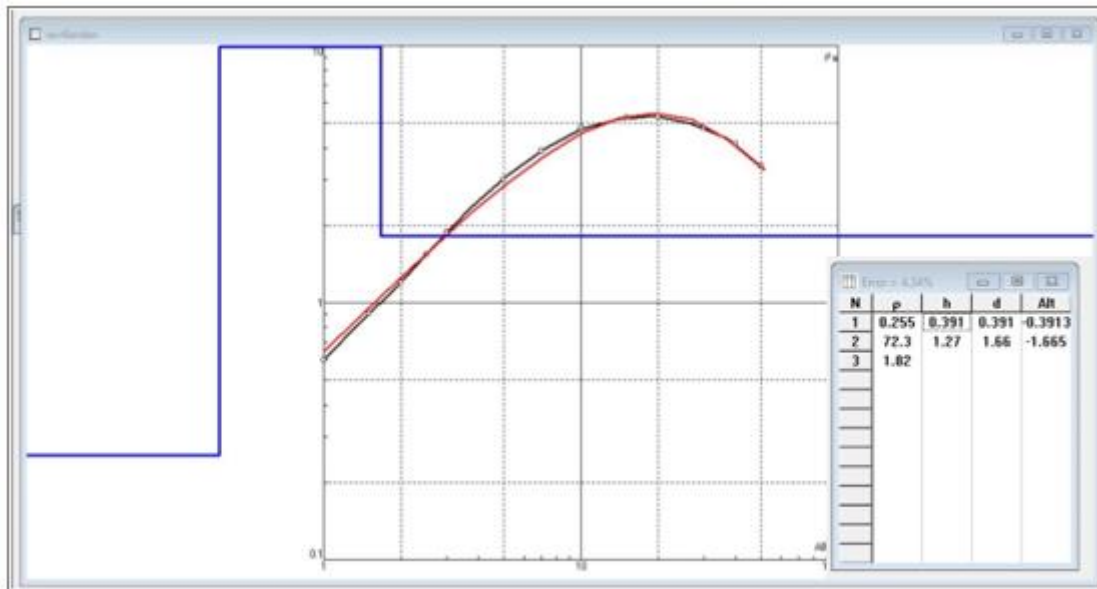
Nota: Elaborado por El Autor, (2023)

Datos obtenidos en campo para el SEV 4

Estación Punto	AB/2	MN/2	K	$\Delta v/l$	ρ_a
1	1	0.5	2.36	0.004974	0.01
2	1.5	0.5	6.28	0.001968	0.01
3	2	0.5	11.78	0.001169	0.01
4	2.5	0.5	18.85	0.6949	13.10
5	2.5	1	8.25	0.0013	0.01
6	3	0.5	27.5	0.50438	13.86
7	3	1	12.6	0.9017	11.33
8	5	1	37.7	0.4099	15.45
9	7	1	75.4	0.15501	11.69
10	10	1	155.5	0.046831	7.28
11	10	2.5	58.9	0.11518	6.78
12	15	1	351.9	0	0.00
13	15	2.5	137.4	0.04155	5.71
14	20	2.5	247.4	0.01945	4.81
15	20	10	47.1	0.10485	4.94
16	30	2.5	561.6	0	0.00
17	30	10	125.7	0.037433	4.70
18	40	10	235.6	0.018132	4.27
19	50	10	377.0	0.008741	3.30

Nota: Elaborado por El Autor, (2023)

Curvas de resistividad y error admisible- SEV 4



Nota: Elaborado por El Autor, (2023)

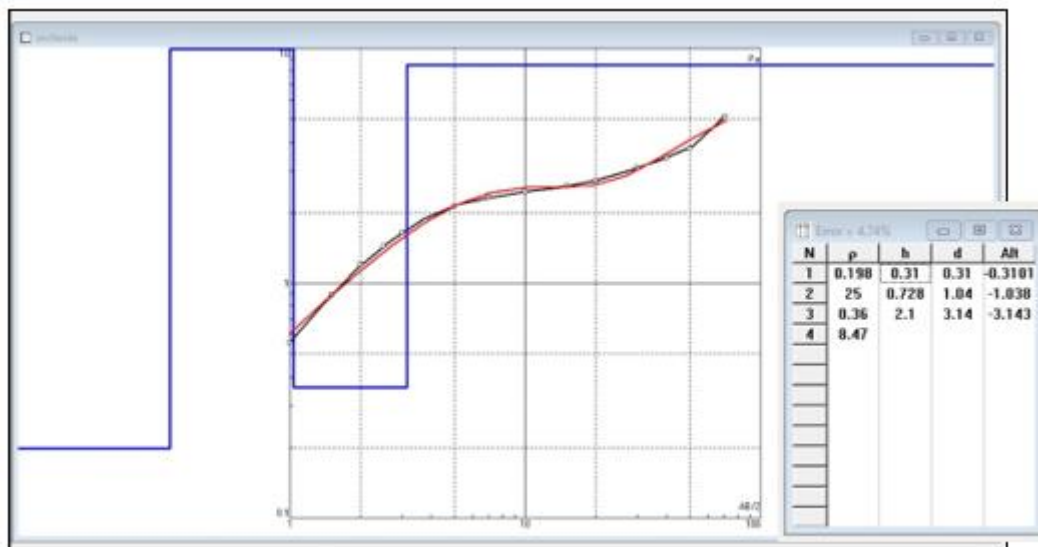
Datos obtenidos en campo para el SEV 5

Estación punto	AB/2	MN/2	K	$\Delta v/l$	ρ_a
1	1	0.5	2.36	0.004265	0.01

2	1.5	0.5	6.28	0.001073	0.01
3	2	0.5	11.78	0.32222	3.80
4	2.5	0.5	18.85	0.094817	1.79
5	2.5	1	8.25	0.21808	1.80
6	3	0.5	27.5	0.067009	1.84
7	3	1	12.6	0.14848	1.87
8	5	1	37.7	0.067009	2.53
9	7	1	75.4	0.026782	2.02
10	10	1	155.5	0.014423	2.24
11	10	2.5	58.9	0.075528	4.45
12	15	1	351.9	0	0.00
13	15	2.5	137.4	0.036132	4.97
14	20	2.5	247.4	0.002312	0.57
15	20	10	47.1	0.00721	0.34
16	30	2.5	561.6	0	0.00
17	30	10	125.7	0.02449	3.08
18	40	10	235.6	0.013956	3.29
19	50	10	377.0	0.009528	3.59
20	70	10	754.0	0.006732	5.08

Nota: Elaborado por El Autor, (2023)

Curvas de resistividad y error admisible- SEV 5



Nota: Elaborado por El Autor, (2023)

Anexo 12. *Reporte de Laboratorio de los ensayos SPT*

(Ubicado en el CD-R nro. 1

Anexo 13. Resumen de datos de campo, de laboratorio y cálculos realizados respecto a los ensayos SPT

Resumen SPT-1

POZO	Límites de Atterberg				Granulometría			Clasificación		N60	N160	qultneta	qadmneteta	C STROUD 1973		Y
	Prof	C. H.	L. L.	L. P.	I. P.	G	S	C	SUCS	AASHTO	golpes	golpes	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	(T/m ³)
	m.	%	%	%	%	%	%	%								
SPT 1	1	61.88	72	26	46	3.22	20.48	76.3	CH1	A-7-6	3	4	0.69	0.23	0.13	1.70
	2	64.03	54	22	32	0.84	15.58	83.58	CH1	A-7-6	3	4	0.69	0.23	0.13	0.70
	3	50.34	64	22	42	1.01	28.84	70.15	CH1	A-7-6	11	16	2.42	0.81	0.47	0.75
	4	37.8	66	22	44	0.82	25.7	73.48	CH1	A-7-6	14	20	3.33	1.11	0.65	0.80
	5	50.47	63	25	38	2.48	29.39	68.13	CH1	A-7-6	17	21	3.92	1.31	0.76	0.80
	6	39.41	72	22	50	0.08	26.5	73.42	CH1	A-7-6	21	26	4.82	1.61	0.94	0.80

Nota: obtenido de ESTSUELCON. Modificado por El Autor, (2023)

Resumen SPT-2

POZO	Límites de Atterberg				Granulometría			Clasificación		N60	N160	qultneta	qadmneteta	C STROUD 1973		Y
	Prof	C. H.	L. L.	L. P.	I. P.	G	S	C	SUCS	AASHTO	golpes	golpes	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	(T/m ³)
	m.	%	%	%	%	%	%	%								
SPT 2	1	34.2	65	23	42	0	10.23	89.77	CH1	A-7-6	14.25	19	3.29	1.10	0.64	1.80
	2	25.19	56	23	33	0.24	9.46	90.3	CH1	A-7-6	21.75	29	5.01	1.67	0.98	1.80
	3	19.03	35	22	13	0.62	29.17	70.21	CL	A-6	26	32	6.05	2.02	1.18	1.8
	4	19.03	35	22	13	0.62	29.19	70.19	CL	A-6	32	36	7.45	2.48	1.45	1.80
	5	31.99	43	16	27	7.15	30.81	62.04	CL	A-7-6	17.85	17	4.12	1.37	0.80	1.80
	6	19.93	42	19	23	0.38	20.15	79.47	CL	A-7-6	41	40	9.42	3.14	1.83	1.80

Nota: obtenido de ESTSUELCON. Modificado por El Autor, (2023)

Resumen SPT-3

POZO	Límites de Atterberg					Granulometría			Clasificación		N60	N160	qultneta	qadmnet	C	Y
	Prof	C. H.	L. L.	L. P.	I. P.	G	S	C	SUCS	AASHTO	golpes	golpes	Kg/cm ²	Kg/cm ²	STROUD 1973	(T/m ³)
	m.	%	%	%	%	%	%	%								
SPT 3	1	22.87	49	19	30	12.15	36.05	51.8	CL	A-7-6	12.75	17	2.94	0.98	0.57	1.80
	2	23.4	53	14	39	1.37	31.15	67.48	CH1	A-7-6	20.25	27	4.67	1.56	0.91	1.80
	3	21.65	39	16	23	11.52	42.79	45.69	SC	A-6	12	14	3.60	1.20	0.54	1.9
	4	18.83	54	17	37	20.23	44.8	34.97	SC	A-2-7	19	20	5.61	1.87	0.84	2.00
	5	13	36	15	21	2.81	52.58	44.61	SC	A-6	85	80	25.50	8.50	3.81	2.00

Nota: obtenido de ESTSUELCON. Modificado por El Autor, (2023)

Resumen SPT-4

POZO	Límites de Atterberg					Granulometría			Clasificación		N60	N160	qultnet	qadmnet	C	Ø	Y
	Prof	C. H.	L. L.	L. P.	I. P.	G	S	C	SUCS	AASHTO	golpes	golpes	Kg/cm ²	Kg/cm ²	STROUD 1973	(OSAKI 1959)	(T/m ³)
	m.	%	%	%	%	%	%	%									
SPT 4	1	4.05	29	16	13	42.4	29.0	28.5	GC	A-2-6	11.25	15	4.44	1.48	0.50	30	2.00
	2	18.6	45	19	26	10.7	40.0	49.2	SC	A-7-6	18	24	4.15	1.38	0.81	33.97	1.90
	3	16.2	27	16	11	11.0	45.2	43.6	SC	A-6	38	45	8.65	2.88	1.68	42.39	1.9

Nota: obtenido de ESTSUELCON. Modificado por El Autor, (2023)

Resumen SPT-5

POZO	Límites de Atterberg				Granulometría			Clasificación		N60	N160	qultneta	qadmnet	C	Y	
	Prof	C. H.	L. L.	L. P.	I. P.	G	S	C	SUCS	AASHTO	golpes	golpes	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	(T/m ³)
	m.	%	%	%	%	%	%	%								
SPT 5	1	31.72	50	19	31	1.21	32.09	66.7	CH1	A-7-6	8.25	11	1.90	0.63	0.37	1.75
	2	27.68	51	20	31	13.39	20.45	66.16	CH1	A-7-6	12.75	17	2.94	0.98	0.57	1.80
	3	29.88	47.86	22	25.86	0.14	42.03	57.83	CL	A-7-6	17	21	3.98	1.33	0.77	1.8
	4	38.68	80	32	48	1.38	16.25	82.37	CH1	A-7-5	20	22	4.51	1.50	0.88	1.80
	5	45.77	71	29	42	2.14	14.78	83.08	CH1	A-7-6	24.65	24	5.68	1.89	1.11	1.80
	6	50.04	65	36	29	0	9.57	90.43	MH1	A-7-5	39	38	8.98	2.99	1.75	1.80

Nota: obtenido de ESTSUELCON. Modificado por El Autor, (20

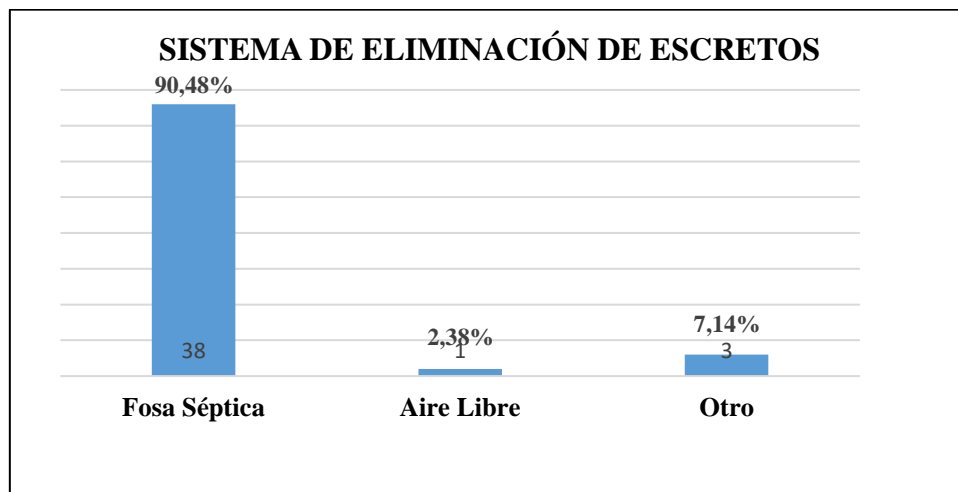
Anexo 14. *Mapa de clasificación suelos del barrio San José de las Peñas*

Anexo 15. *Mapa de zonificación geotécnica del barrio San José de las Peñas*

(Ubicado en el CD-R nro. 1)

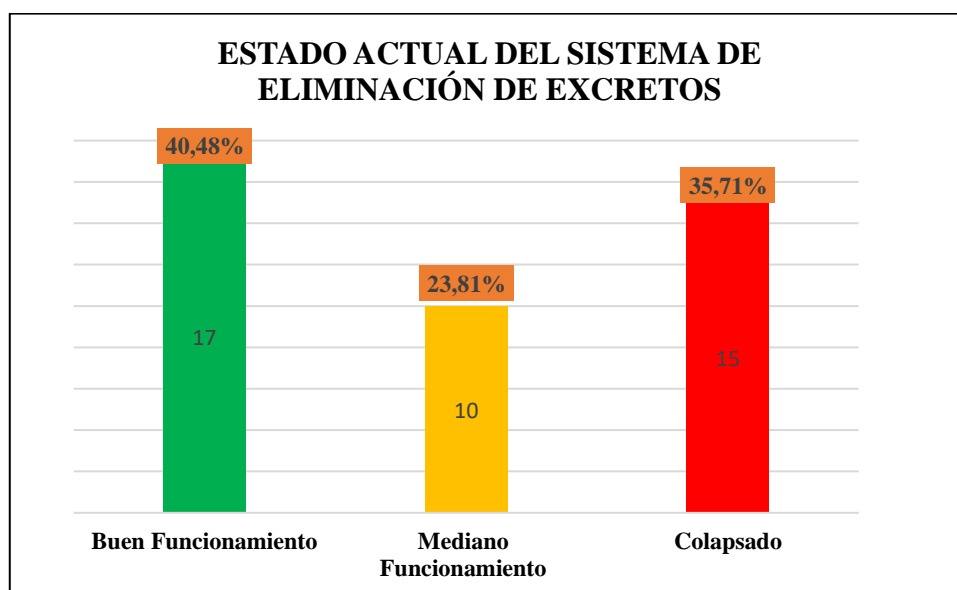
Anexo 16. *Graficas de tabulación en base a los datos de campo referente a descripción de daños en infraestructuras. y resumen de la base de datos.*

Descripción de las viviendas de acuerdo al Sistema de eliminación de excretos



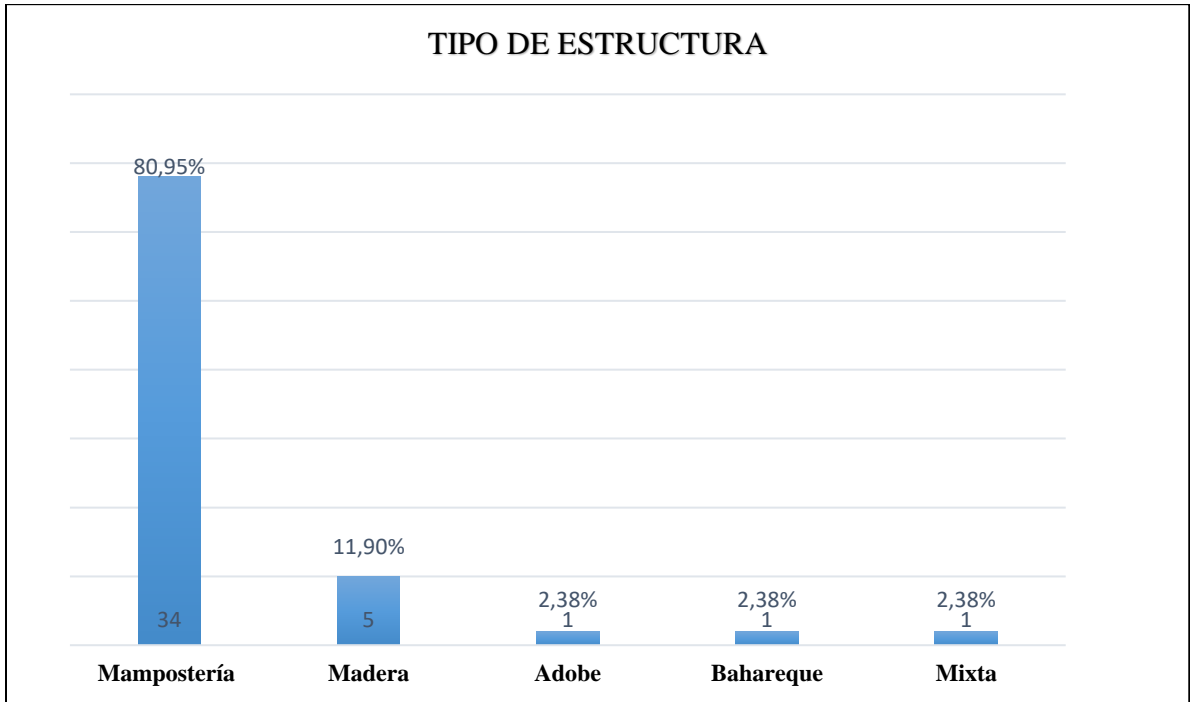
Nota: Elaborado por El Autor, (2023)

Descripción de las viviendas de acuerdo al estado actual del Sistema de eliminación de excretos



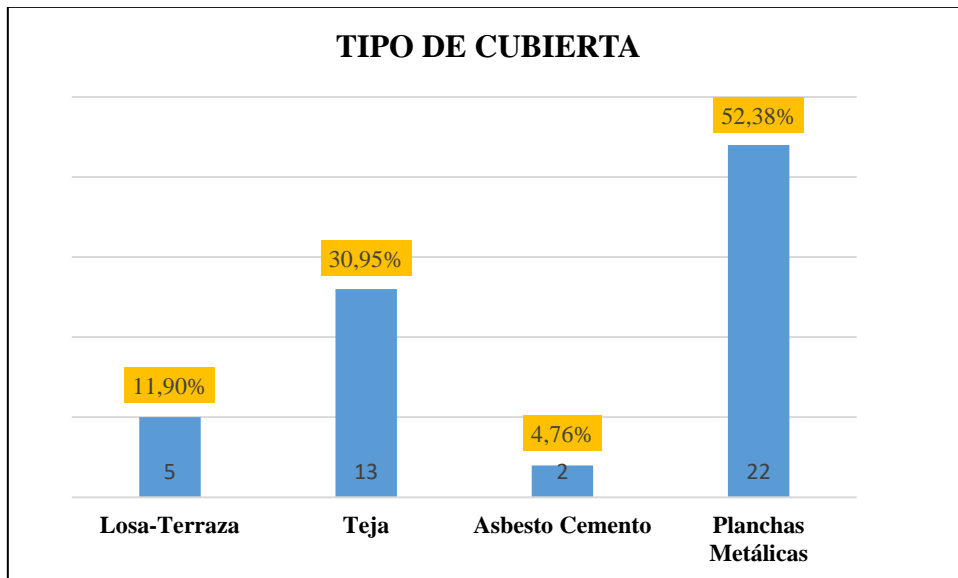
Nota: Elaborado por El Autor, (2023)

Clasificación de viviendas por el tipo de estructura



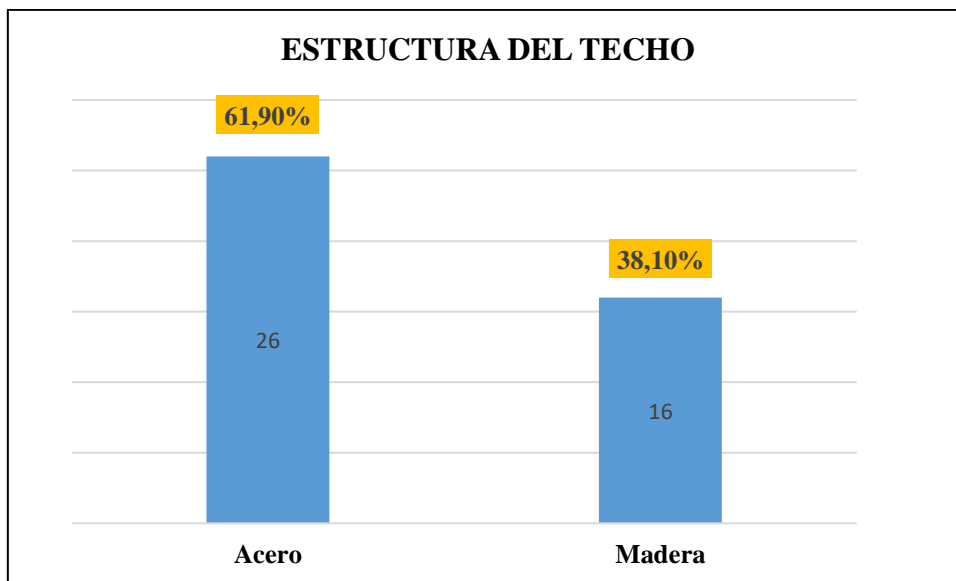
Nota: Elaborado por El Autor, (2023)

Clasificación de viviendas por el tipo de cubierta



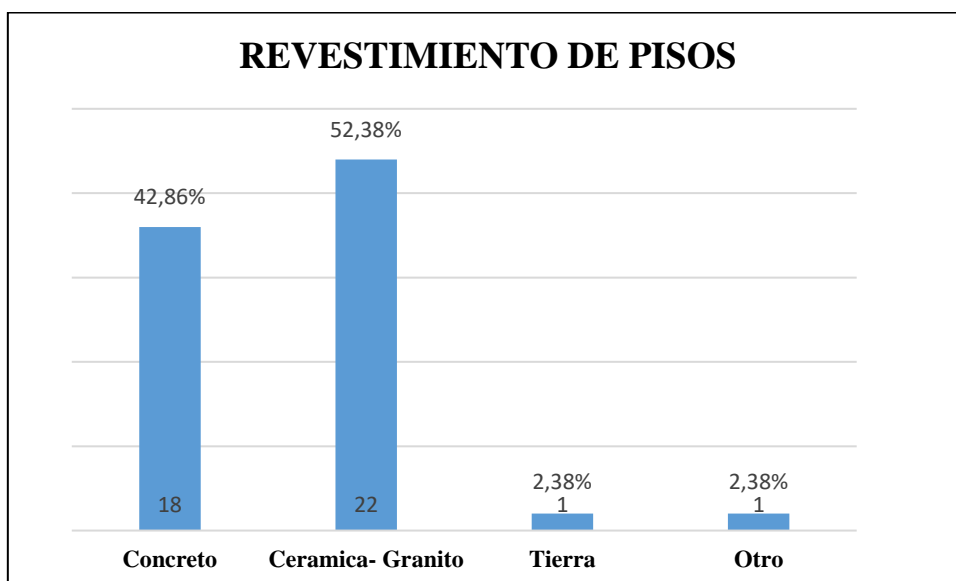
Nota: Elaborado por El Autor, (2023)

Clasificación de viviendas por el tipo de estructura en el techo



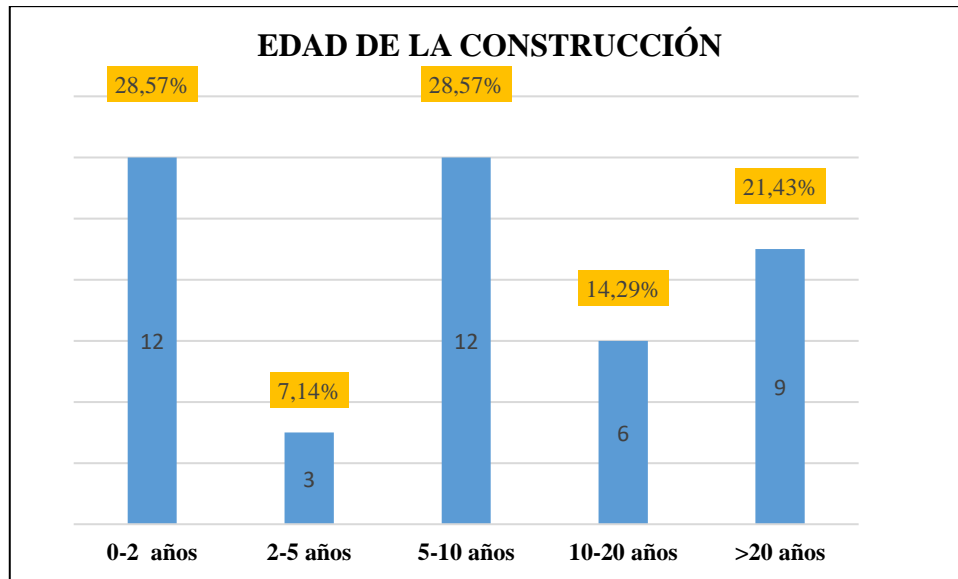
Nota: Elaborado por El Autor, (2023)

Clasificación de viviendas revestimiento en el piso



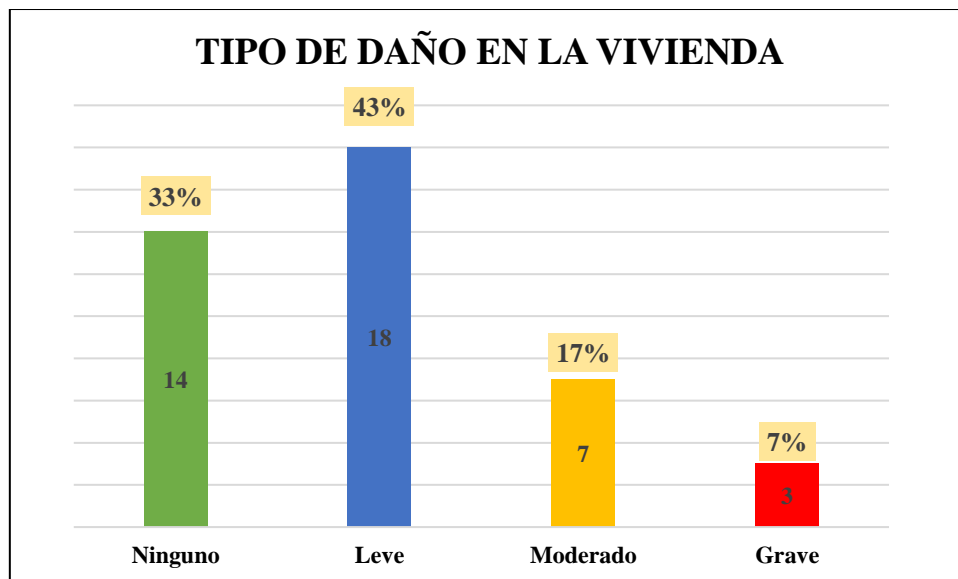
Nota: Elaborado por El Autor, (2023)

Clasificación de viviendas por edades de construcción



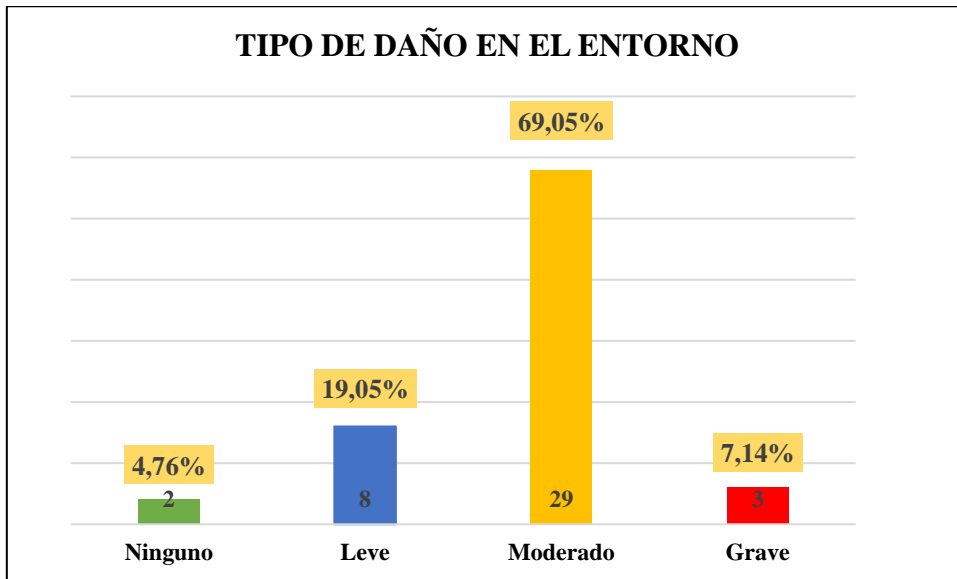
Nota: Elaborado por El Autor, (2023)

Clasificación de viviendas por el tipo de daño



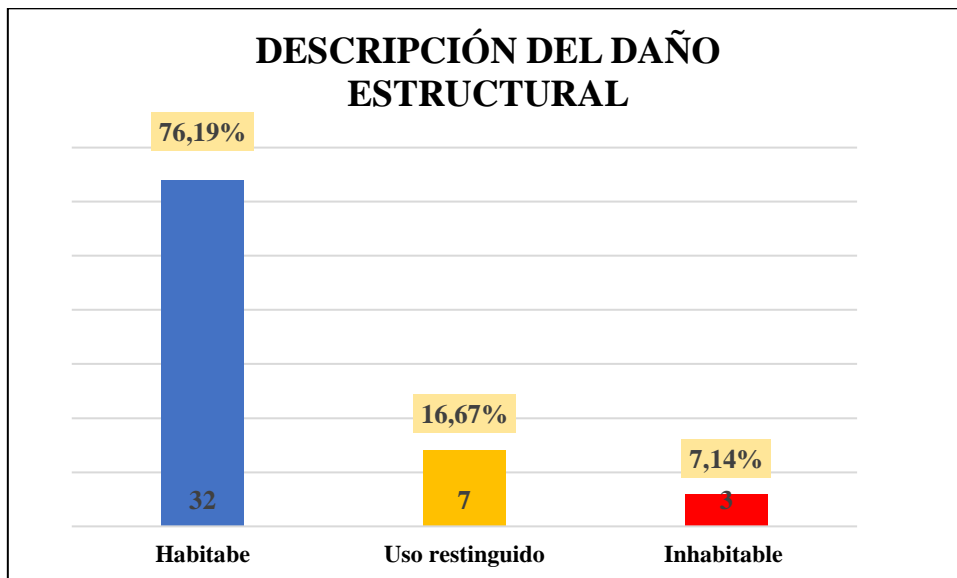
Nota: Elaborado por El Autor, (2023)

Clasificación de daños en el entorno



Nota: Elaborado por El Autor, (2023)

Clasificación de daños estructurales



Nota: Elaborado por El Autor, (2023)

Resumen de la base de datos referente a la descripción de daños en infraestructuras

Cod	Estructura	Clasificación de daños en la vivienda	Clasificación de daños en el entorno	Descripción del daño estructural
1	Mampostería	Moderado	Moderado	Habitable
2	Mampostería	Leve	Moderado	Habitable
3	Mampostería	Leve	Moderado	Habitable
4	Mampostería	Moderado	Moderado	Uso restringido
5	Mampostería	Grave	Moderado	Inhabitable
6	Mampostería	Leve	Moderado	Habitable
7	Madera	Ninguno	Moderado	Habitable
8	Mixta Tipo MM	Leve	Moderado	Habitable
9	Madera	Leve	Moderado	Habitable
10	Mampostería	Leve	Moderado	Habitable
11	Mampostería	Grave	Moderado	Inhabitable
12	Bahareque	Moderado	Moderado	Uso restringido
13	Mampostería	Leve	Moderado	Habitable
14	Madera	Leve	Moderado	Habitable
15	Madera	Leve	Moderado	Habitable
16	Madera	Ninguno	Moderado	Habitable
17	Mampostería	Ninguno	Leve	Habitable
18	Mampostería	Ninguno	Leve	Habitable
19	Mampostería	Ninguno	Leve	Habitable
20	Mampostería	Ninguno	Leve	Habitable
21	Mampostería	Ninguno	Leve	Habitable
22	Mampostería	Ninguno	Leve	Habitable
23	Mampostería	Ninguno	Leve	Habitable
24	Mampostería	Ninguno	Leve	Habitable
25	Mampostería	Grave	Moderado	Inhabitable
26	Mampostería	Moderado	Moderado	Uso restringido
27	Adobe	Moderado	Grave	Uso restringido
28	Mampostería	Ninguno	Moderado	Habitable
29	Mampostería	Moderado	Grave	Uso restringido
30	Mampostería	Ninguno	Grave	Habitable
31	Mampostería	Leve	Moderado	Habitable
32	Mampostería	Ninguno	Moderado	Habitable
33	Mampostería	Ninguno	Moderado	Habitable
34	Mampostería	Ninguno	Moderado	Habitable
35	Mampostería	Leve	Moderado	Habitable
36	Mampostería	Leve	Moderado	Habitable
37	Mampostería	Leve	Moderado	Habitable
38	Mampostería	Leve	Moderado	Habitable
39	Mampostería	Leve	Moderado	Habitable
40	Mampostería	Leve	Ninguno	Habitable
41	Mampostería	Leve	Ninguno	Habitable
42	Mampostería	Leve	Moderado	Habitable

Nota: Elaborado por El Autor, (2023)

Anexo 17. *Mapa de daños de infraestructura del barrio San José de las Peñas.*

(Ubicado en el CD-R nro. 1)

Loja, 28 de febrero de 2023

Yo, Jenny Lorena Collaguazo Narváz, con cédula de identidad 1103431399, Licenciada en Ciencias de la Educación, Mención Inglés.

CERTIFICO:

Que, he realizado la traducción al idioma inglés de el resumen del proyecto de titulación denominado **Caracterización geológica- geotécnica del barrio San José de las Peñas, parroquia Malacatos, cantón y Provincia de Loja** elaborado por el Sr. Carlos Alejandro Cuenca Gordillo, egresado de la carrera de Ingeniería en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial de la Universidad Nacional de Loja.

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

Atentamente:



Jenny Lorena Collaguazo Narváz
Licenciada en Ciencias de la Educación, Mención Inglés
C.I: 1103431399
Número de registro: 1006-2016-1754330